



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 23/2021

Metsätuholain arvioinnin jatkoselvitys

Kuorellisen puutavaran poiskuljetus ja männiköiden
kantokäsittely turvemailla

Tiina Ylioja, Anssi Ahtikoski, Perttu Anttila, Soili Haikarainen, Juha Honka-
niemi, Juha Laitila, Markus Melin, Tuula Piri ja Kari Väätäinen

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 23/2021

Metsätuholain arvioinnin jatkoselvitys

Kuorellisen puutavaran poiskuljetus ja männiköiden
kantokäsittely turvemailla

Tiina Ylioja, Anssi Ahtikoski, Perttu Anttila, Soili Haikarainen, Juha Honkaniemi,
Juha Laitila, Markus Melin, Tuula Piri ja Kari Väätäinen



Maa- ja metsätalousministeriö

Viittausohje:

Ylioja, T., Ahtikoski, A., Anttila, P., Haikarainen, S., Honkaniemi, J., Laitila, J., Melin, M., Piri, T. & Väätäinen, K. 2021. Metsätuholain arvioinnin jatkoselvitys : Kuorellisen puutavaran poiskuljetus ja männiköiden kantokäsittely turvemailla. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 23/2021. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 77 s.

Tiina Ylioja ORCID ID, /<https://orcid.org/0000-0002-8840-7504>



ISBN 978-952-380-182-0 (Painettu)

ISBN 978-952-380-183-7 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-183-7>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Tiina Ylioja, Anssi Ahtikoski, Perttu Anttila, Soili Haikarainen, Juha Honkaniemi, Juha Laitila, Markus Melin, Tuula Piri ja Kari Väätäinen

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2021

Julkaisuvuosi: 2021

Kannen kuva: Markus Melin (puutavarapino, ytimennävertäjän pudottamat vuosikasvaimet ja kirjanpainajien toukkakäytävät) ja Tuula Piri (männyn kanto)

Painopaikka ja julkaisumyynti: PunaMusta Oy, <http://luke.juvenesprint.fi>

Esipuhe

Luonnonvarakeskuksen toteuttama projekti ”Metsälain ja metsätuholain arvioinnin jatkoselvitys, METULA” (1.4.–31.1.2021) oli MMM:n rahoittama tutkimus, jossa pyrittiin löytämään vastauksia aiemman selvityksen (Kniivilä ym. 2020) esiin tuomiin tutkimus- ja selvitystarpeisiin. Tämä raportti keskittyy metsätuholakia koskeneisiin lisäselvitystarpeisiin ja metsälain 10 §:n osalta ilmestyi erillinen raportti (Siitonen ym. 2021).

Markus Melin laati lämpösummatarkasteluun perustuvan kirjanpainajan aikuistumisen analyysin suhteessa metsätuholain aikarajoihin. Kari Väätäinen, Juha Laitila ja Perttu Anttila vastasivat kuusen puukorjuulogiikan kattavasta muutos- ja kustannusanalyysistä. Markus Melin ja Tiina Ylioja suunnittelivat ja toteuttivat luvussa neljä lisäaineiston keruun ytimennävertäjävahinkojen kartoittamiseksi mäntypuupinojen ympäristöstä. Antti Ahtikoski, Juha Honkaniemi ja Soili Haikarainen vastasivat juurikäävän kantokäsittelyn liiketaloudellisesta analyysistä Tuula Pirin toimiessa juurikäpääsiantuntijana. Tiina Ylioja vastasi projektin kokonaissuunnitelmasta, toteutumisesta sekä raportin koostamisesta yhdessä em. osallistujien kanssa. Kiitämme kaikkia projektia edeltävään työhön osallistuneita sekä maastomittauksissa mukana olleita.

14.2.2021 Helsingissä

Tekijät

Tiivistelmä

Tiina Ylioja^a, Anssi Ahtikoski^b, Perttu Anttila^c, Soili Haikarainen^a, Juha Honkaniemi^a, Juha Laitila^c, Markus Melin^c, Tuula Piri^a ja Kari Väättäin^c

^aLuonnonvarakeskus, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

^bLuonnonvarakeskus, Paavo Havaksen tie 3, 90570 Oulu

^cLuonnonvarakeskus, Yliopistokatu 6 B, 80100 Joensuu

Luonnonvarakeskus arvioi metsälain ja metsätuholain muutosten vaikutuksia laajasti vuonna 2019 (Kniivilä ym. 2020). Nyt käsissä olevan maa- ja metsätalousministeriön rahoittaman jatko selvityksen tavoitteena oli vastata aiemmassa arvioinnissa esiin nostettuihin lisäselvitystarpeisiin. Tutkimuskysymykset noudattivat maa- ja metsätalousministeriön asettamia rajauksia. Metsätuholaki eli laki metsätuhojen torjunnasta (1087/2013) jakaa Suomen etelä-pohjoissuunnassa kolmeen alueeseen: A, B ja C. Näille alueille on säädetty aikarajat kuorellisen puutavaran poistolle metsästä ja välivarastosta hyönteistuhojen ennaltaehkäisemiseksi. Lisäksi laissa on asetettu kasvatus- ja päätehakkuiden yhteyteen kantokäsittelyvelvollisuus juurikääpäntuhojen ehkäisemiseksi. Tämä koskee kuusikoita sekä kivennäis- että turvemailla, mutta mäntyä vain kivennäismailla.

Jatkoselvitys koostuu neljästä osasta. Ensimmäisessä osassa tarkastellaan kuorellisen kuusipuutavaran poiskuljetuksen aikarajojen toimivuutta suhteessa kirjanpainajan aikuistumiseen. Toisessa osassa lasketaan puunkorjuu logistiikalle aiheutuvia kustannuksia, jos B-alueen aikarajoja aikaistetaan A-aluetta vastaavaksi. Kolmannessa osassa tarkastellaan erikokoisten välivarastoitujen mäntypuutavarapinojen vaikutusta ympäristön ytimennävertäjätuhoriskiin. Neljäs osio käsittelee kantokäsittelyvelvoitteen laajentamista turvemaiden männiköihin liiketaloudellisen kannattavuuden näkökulmasta.

Suurella osalla B-aluetta kirjanpainajat ovat useina vuosina aikuistuneet ennen metsätuholain säättämää kuorellisen kuusipuutavaran poiskuljetuksen aikarajaa. B-alueella eteläosassa kirjanpainajan aikuistumisesta kertova 700 dd:n tehollinen lämpösumma täyttyy riippuen alueesta keskimäärin 1–5 päivää ennen metsätuholain määräämää kuorellisen puutavaran poistopäivää 24.7. Näiltä alueilta Suomen metsäkeskus on myös vastaanottanut hyönteistuhohakkuuilmoituksia koodilla ”kirjanpainaja” ja feromonipyydyksin tehdyllä kannanseurannalla on havaittu nk. epidemiarajan (15 000 kirjanpainajaa/pyydysryhmä) ylittäneitä kirjanpainajamääriä. Tämän perusteella suositellaan osaa B-alueesta liitettävän A-alueeseen.

Koko B-alueelle kaavailtu yhdeksän päivän aikaistus puutavaran poiskuljettamiseen koskisi selukuusta, sillä sahatavaraksi käytettävät tukit ja raaka-aine kuusen mekaanisen massan tuottamiseen kuljetetaan joka tapauksessa nopeasti käyttökohteeseen ennen kuin raaka-aine pilaantuu välivarastossa. Kustannusvaikutuksia tarkasteltiin laskien nykyiselle perustasolle (BAU) muutosskenaariot, joissa puunkorjuun aikaistus yhdeksällä päivällä mahdollistettiin lisäämällä terminaalivarastointia (Skenaario1), lisäämällä puutavarapinojen pintaosan poiskuljettamista samalla terminaalivarastointia lisäten (Skenaario2) ja kolmanneksi lisäten junakuljetusta (Skenaario3). Muutosten vaikutuksia arvioitiin myös haastattelulla, jonka kohderyhmiksi valittiin puunkorjuusta, -kaukokuljetuksesta ja -hankintalogistiikasta vastaavia toimijoita. Tarkasteltaessa koko vuoden toimitusmääriä sellukuusella B-alueella, kuljetusten aikaistus yhdeksällä päivällä voi aiheuttaa 0,4–1,4 %:n kustannuslisän kuljetuskustannuksiin, kohdistuen suurelta osin lisävarastointiin ja siihen liittyviin kuljetuksiin. Käytännössä kuljetusten aikaistuksesta johtuvaan kustannuslisään vaikuttaa kunkin vuoden puunhankintatilanne, talven ja kevään korjuu- ja kuljetusolosuhteet, varastotasojen kehitys ja teollisuuden tuotantotila. Lisäksi aikaistuksesta

mahdollisesti koituvien korjuun keskeytysten laskettiin aiheuttavan viikossa enimmillään 0,7 %:n kustannuslisän korjuukustannukseen. Kustannusvaikutuksen herkkyytarkasteluissa nousi esiin esimerkiksi uuden terminaalin perustamiseen ja sijaintiin liittyvät tekijät. Lyhyempi kuljetusjakso on myös aiempaa herkempi muuttuvien sääolosuhteiden vaikutuksille.

Ytimenävertäjätuhoja selvitettiin jättämällä tutkimusta varten mäntypuutavarapinoja välivarastoon Suomen metsäkeskuksen luvalla metsätuholain säädettyjen aikarajojen yli. Tulosten perusteella puutavarapinoista kuoriutuu merkittäviä määriä pystynävertäjiä, joiden aiheuttama kasvaintuho on sitä suurempaa mitä suurempia pinot ovat. Keskimäärin tuho vaikutus yltyä noin 40–60 m päähän pinosta. Alle 50 m³:n pinojen kohdalla tuhot jäävät lähes olemattomiksi ja niiden osalta puunkorjuuvelvoitetta voitaisiin lieventää.

Juurikäpää ehkäisevän kantokäsittelyn taloudellista kannattavuutta turvemaiden männiköissä vaikeutti se, että männynjuurikäävän leviämisenopeutta turvemaidella ei toistaiseksi tunneta. Tämän vuoksi Motti-ohjelmistolla tehdyissä simulaatioissa juurikäävän aiheuttamaa männynnytytervastautia havainnollistettiin kaksinkertaistamalla metsiköissä normaalisti tapahtuva luontainen kuoleminen ja kohdistamalla se satunnaisesti metsiköiden puille. Tarkastelun perusteella vaikuttaa siltä, että mitä pohjoisempana metsikkö sijaitsee, sen voimakkaampi tartunnan pitäisi olla, jotta kantokäsittely olisi liiketaloudellisesti kannattavaa. Liiketaloudellisen tarkastelun mukaan torjunta ei kuitenkaan ole järkevää, mikäli tuhonaiheuttajaa ei metsikössä ole. Juurikäävän epidemiologia kuitenkin puoltaa nimenomaan terveen metsikön kantokäsittelyä, jotta metsikkö pysyy terveenä jatkossakin. Juurikäpää siirtyy myös seuraavaan puusukupolveen. Pahimmillaan tauti kroonistuu ja alentaa kasvupaikan tuotoskykyä pysyvästi. Puhtaan liiketaloudellisen tarkastelun lisäksi kantokäsittelyn merkitystä on arvioitava laajemmin painottaen metsätuholaille tyypillistä ennaltaehkäisyn näkökulmaa.

Raportin lopussa esitetään suosituksia metsätuholain uudistustyöhön sekä painotetaan lain toimivuuden jatkuvaa seurantaan lämpenevässä ilmastossa.

Asiasanat: Metsätalous, metsätuhot, lainsäädäntö, ennaltaehkäisy, kaarnakuoriaiset, kirjanpajana, pystynävertäjä, puutavara, juurikäpää, turvemaat

Sisällys

Esipuhe	3
Tiivistelmä.....	4
1. Tausta ja tavoitteet.....	8
2. Kirjanpainajan aikuistuminen suhteessa kesien lämpötilaan: puutavaran poiston aikarajojen tarkastelu.....	11
2.1. Kirjanpainajan tuhodynamiikka ja varautuminen	11
2.2. Aineisto ja menetelmät.....	16
2.3. Tulokset	17
2.3.1. Kirjanpainajatuhojen alueellinen esiintyminen ja kannan ydinalueet.....	17
2.3.2. Lämpösumman 700 dd täyttyminen suhteessa puun kuljetuksen ajoituksen takarajoihin	18
2.4. Tulosten tarkastelu	21
3. Kustannusanalyysi kuusipuutavaran kuljetusten aikaistuksesta B-alueella ..	22
3.1. Johdanto.....	22
3.2. Aineisto ja menetelmät.....	22
3.2.1. Luonnonvarakeskuksen tilastotietokanta	22
3.2.2. LogForce-aineisto.....	23
3.2.3. Korjuu- ja kuljetusyrittäjien haastattelut	24
3.2.4. Kustannusvaikutusten laskenta.....	25
3.3. Tulokset	31
3.3.1. Luken tilastotietokanta.....	31
3.3.2. LogForce-aineiston analyysit B-alueella.....	32
3.3.3. Haastattelut.....	40
3.3.4. Keinoja metsätuholainalaisen kuusipuutavaran aikaistetulle kuljetukselle	42
3.3.5. Kuusipuutavaran kuljetusten aikaistamisen kustannusvaikutukset	44
3.4. Tulosten tarkastelu	47
4. Ytimennävertäjien aiheuttamat metsätuhot mäntypinojen läheisyydessä – suosituksia metsätuholain päivittämiseksi	49
4.1. Johdanto.....	49
4.1.1. Ytimennävertäjien tuhodynamiikka.....	49
4.1.2. Ytimennävertäjät ja puutavaravarastot	50
4.1.3. Nykyinen metsätuholaki ja ytimennävertäjät	51
4.2. Aineisto ja menetelmät.....	51
4.3. Tulokset	53

4.3.1.	Pinoista kuoriutuneet hyönteiset	53
4.3.2.	Pudonneet kasvaimet ympärysmetsissä.....	56
4.3.3.	Puukohtaiset kasvaintuhot.....	59
4.4.	Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset.....	61
5.	Juurikäävän torjunnan kannattavuus kantokäsittelyllä mäntyvaltaisilla turvemilla.....	64
5.1.	Aineisto ja menetelmät.....	64
5.2.	Tulokset ja tarkastelu.....	65
6.	Suosituksien metsätuholain uudistamistyöhön	68
	Viitteet.....	70
	Liitteet	73

1. Tausta ja tavoitteet

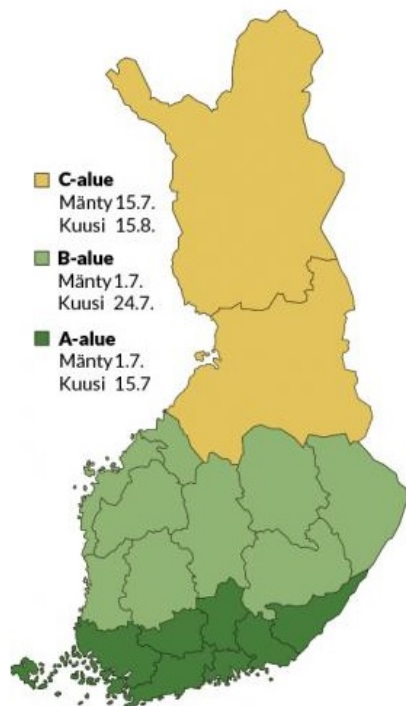
Laki metsätuhojen torjunnasta (1087/2013) uudistui vuonna 2013. Tähän nk. metsätuholakiin lisättiin vuonna 2016 juurikäävän torjuntavelvoite (228/2016). Metsätuholain tavoitteena on pitää tuhohyönteisten kannat alhaisina, ettei laajoja tuhoja pääse syntymään, sekä pienentää juurikäävän aiheuttamaa riskiä (HE 119/2013 vp).

Maa- ja metsätalousministeriö (MMM) tilasi Luonnonvarakeskukselta (Luke) vuonna 2019 toteutetun lakiuudistuksen vaikutuksen arvioinnin (Kniivilä ym. 2020). MMM valmistelee metsätuholain uudistamista vuonna 2021. Vuonna 2019 toteutettu arviointityö poiki lisäselvitystarpeita koskien puutavaran poiston tarvetta ja kuljetusaikatauluja sekä juurikäävän torjuntavelvoitetta. Vuonna 2020 toteutettiin Maa- ja metsätalousministeriön rahoituksella Luonnonvarakeskuksen projekti Metsälain ja metsätuholain arvioinnin jatkoselvitys (METULA), jossa tartuttiin Kniivilä ym. (2020) esiintuomiin jatkoselvitystarpeisiin.

Kaarnakuoriaistuhojen ennaltaehkäisy

Metsätuholoissa metsätuhoja aiheuttavien hyönteisten esiintymisen ja lämpösumman perusteella maa jaetaan etelä-pohjoissuunnassa A-, B- ja C-alueeseen (kuva 1), joihin kuuluvista maakunnista säädetään tarkemmin erillisellä valtioneuvoston asetuksella (1309/2013). Laki velvoittaa puutavaran omistajan huolehtimaan, että edellisen vuoden syyskuun 1. päivän ja kuluvan vuoden toukokuun 31. päivän välisenä aikana kaadettu kuusi- ja mäntypuutavara kuljetetaan pois hakkuupaikalta ja välivarastosta eri alueille säädettyihin päivämääriin mennessä (kuva 1). Päivämäärät on pyritty säätämään siten, etteivät kuusen ja männyn vahingollisimmat kaarnakuoriaislajit ehdi aikuistumaan ja levittäytymään ympäröiviin metsiin vaan kulkeutuvat alueelta pois puutavaran mukana. Mäntypuutavaran osalta yksittäistä pinoa (joka sijaitsee vähintään 200 m päässä muista vastaavista pinoista), jonka tilavuus on enintään 20 kiintokuutiometriä, ei velvoiteta poiskuljetettavaksi määräaikaan mennessä. Myöskään pieniläpimittaiset pinot, joiden tilavuudesta alle puolet on tyviläpimitaltaan yli 10 cm olevaa mänty- tai kuusipuutavaraa, eivät kuulu velvoitteen piiriin.

Kuusipuutavaran osalta vaatimukset liittyvät pääosin kuusella elävän kirjanpainajan (*Ips typographus*) aiheuttamaan tuhoriskiin. Arviointityössä kuusia uhkaavan kirjanpainajan osalta ehdotettiin kiristyksiä kuusipuutavaran poistopäivämääriin B-alueella (Kniivilä ym. 2020), sillä nykyinen välivarastoidun kuusen puutavaran poiston takaraja (24.7.) on suurilta osin toimimaton. Uusi kirjanpainajan sukupolvi ehtii aikuistua ja levitä ympäröiviin metsiin ennen puutavaran poiskuljetusta. Tämän vuoksi aikarajan toimivuutta oli selvitettävä tarkemmin B-alueella. Aikarajan aikaistaminen yhdeksällä päivällä samaksi kuin A-alueella aiheuttaisi toiminnan muutosten myötä kustannusvaikutuksia puutavaran kuljetuksiin. Myös niistä tarvittiin lisätietoa.



Kuva 1. Metsätuholain maantieteelliset alueet A, B ja C sekä näillä säädetyt kuorellisen kuusi- ja mäntypuutavaran poiskuljetusten ajoituksen takarajat. Kuva: Suomen metsäkeskus

Kirjanpainaja tuottaa kasvukauden aikana myös ns. sisarsukupolven ja lämpiminä kesinä laji pystyy munimaan myös toisen sukupolven ennen talvea. Kirjanpainajan iskeytymisriski säilyy läpi kesän, ja sen vuoksi A-alueella kesäkuun 1. ja elokuun 31. päivänä kaadettu kuusipuutavara on kuljetettava pois hakkuualalta ja välivarastosta 30 päivän kuluessa hakkuuhetkestä.

Mäntypuutavaran osalta lain velvoitteet liittyvät pääosin puutavarapinoissa lisääntyvän pystynävertäjän (*Tomicus piniperda*) aiheuttamiin kasvutappioihin, jotka kohdistuvat ympäröiviin mäntymetsiin. Metsätuholaissa edellytetään kaarnoittuneen mäntypuutavaran kuljetettavan pois hakkuupaikalta tai välivarastolta A- ja B-alueilla viimeistään 1.7. ja C-alueilla viimeistään 15.7. mennessä ytimenävertäjien aiheuttaman riskin vuoksi (kuva 1). Kaarnoittuneesta puutavarasta kuoriutuvat pystynävertäjät aiheuttavat ympäröivien mäntylatvuksien versoissa tapahtuvalla ravintosityönnöllään mäntyihin kasvutappioita: kasvu vähenee suhteessa männyn menetämien latvakasvaimien määrään. Ongelman vakavuudesta tarvittiin lisätietoa, jotta voitaisiin arvioida lainsäädännön mahdollista lieventämistä männyn osalta.

Juurikäävän ennaltaehkäisy

Juurikäävät aiheuttavat kuusella tyvilahoa ja männyllä tyvitervastautia. Kuusenjuurikäpä (*Heterobasidion parviporum*) on erikoistunut vain kuusen lahottajaksi. Männynjuurikäpä (*Heterobasidion annosum*) on moni-isäntäinen ja aiheuttaa tyvitervastaudin lisäksi mm. kuuselle tyvilahoa. Tyvitervastautista männikköä ei siis kannata uudistaa kuuselle. Paras vaihtoehto tyvitervaskohteella on puhtaan lehtipuusukupolven kasvattaminen. Männynjuurikäpä (kuten myös kuusenjuurikäpä) leviää, kun ilmassa olevat itiöt laskeutuvat tuoreille kantojen sahauspinnoille. Itiöstä alkunsa saava rihmasto kasvaa kannon juuristoon ja edelleen juuriyhteyksien kautta leviää harvennuskannoista naapuripuuihin ja pätehakkuukannoista seuraavaan puusukupolveen. Eri-ikäisrakenteisessa metsässä alttiina ovat sekä naapuripuut että alueelle syntyvä taimiaines.

Laki metsätuhojen torjunnasta annetun lain muuttamisesta (228/2016) velvoittaa metsänhakkajaan huolehtimaan kuusen- ja männynjuurikäävän torjunnasta kasvatus- ja uudistushakkuun yhteydessä toukokuun lopun ja marraskuun alun välisenä aikana riskialueilla. Lakiin liittyvällä valtioneuvoston asetuksella (264/2016) määritetään torjunta koskemaan männyn ja kuusen hakkuuta kivennäismaalla eteläisessä ja keskisessä Suomessa. Turvemaiden osalta torjunta veloitetaan, jos ennen hakkuuta puuston tilavuudesta yli puolet on kuusta. Hyväksyttävä menetelmä on mm. kantojenkäsittely hyväksytyllä kasvinsuojeluaineella.

Juurikäävän torjunta turvemaidella on rajoitettu koskemaan ainoastaan kuusikoita, koska asetusta (264/2016) laadittaessa tyvitervastaudin esiintymistä turvemaiden männiköissä ei ollut selvitetty eikä havaintoja taudista ollut tehty. Pian tämän jälkeen Lounais- ja Keski-Suomessa tehty selvitys osoitti tyvitervastaudin levinneen myös turvemaiden männiköihin (Silver ja Piri 2017). Kniivilä ym. (2020) ehdottivat, että veloitetta juurikäävän torjuntaan mm. juurikäävän kanto-käsittelyllä pitäisi laajentaa koskemaan myös turvemaiden männiköitä tilanteissa, missä torjunnan kustannukset alittavat toimenpiteen tuoton. Tämän vuoksi tarkastelussa olisi huomioitava turvemaita kasvupaikkakohtaisesti taloudellisen kannattavuuden suhteen.

Tavoitteet

Jatkoselvityksessä tarkastelut rajattiin erillisiksi osa-alueiksi. Kuusen osalta tarkasteltiin metsätuholain toimivuutta suhteessa kirjanpainajan aikuistumiseen eri alueilla. Lisäksi selvitettiin kustannusvaikutuksia, jotka aiheutuisivat, jos kirjanpainajariskin vuoksi kuorellisen kuusipuutavaran poiskuljetusta välivarastoista ja tienvarsilta aikaistettaisiin. Männyn osalta tarkasteltiin ytimennävertäjien aiheuttamaa kasvainvioletusta, joka aiheutuu tienvarsilla välivarastoiduista erikokoisista puutavarapinoista. Juurikäävän kanto-käsittelylle mäntyvaltaisilla turvekankailla laadittiin liiketaloudellinen analyysi.

Tavoitteena oli:

1. selvittää kirjanpainajan aiheuttaman tuhoriskin osalta, kuinka monella päivällä kuusipuutavaran poistopäivämäärää B-alueella pitäisi aikaistaa, ja kuinka tilanne vaihtelee B-alueen eri osissa.
2. tarkastella edelliseen liittyviä puutavarakuljetusten vaatimia muutoksia ja laatia kustannusarvio tilanteessa, jossa edellisen vuoden syyskuun 1. päivän ja sitä seuraavan vuoden toukokuun 31. päivän välisenä aikana kaadetun kuusipuutavaran poiskuljetus hakkuupaikalta ja välivarastosta B-alueella tehdään nykyistä (24.7. mennessä) yhdeksän päivää aikaisemmin (15.7. mennessä) eli samana ajankohtana kuin A-alueella.
3. selvittää, kuinka suuret mäntypuupinot aiheuttavat ytimennävertäjän seurannaistuhoja niitä ympäröivissä metsissä – ja voidaanko tietyn kokoiset pinot vapauttaa poistovelvollisuudesta määräaikaan mennessä tuhojen vähäisyyden perusteella.
4. tarkastella juurikäävän torjumiseksi tehtävän kanto-käsittelyn liiketaloudellista kestävyyttä mäntyvaltaisissa turvemaiden metsiköissä.

2. Kirjanpainajan aikuistuminen suhteessa kesien lämpötilaan: puutavaran poiston aikarajojen tarkastelu

2.1. Kirjanpainajan tuhodynamiikka ja varautuminen

Metsätuholain (1087/2013) tavoitteena on varmistaa, että metsänkäsittelyssä, puunkorjuussa ja puutavaran varastoinnissa ei heikennetä metsien terveydentilaa. Tämän arvioinnin tavoitteena oli selvittää, onko tavoite onnistunut kirjanpainajan (*Ips typographus*) tapauksessa liittyen metsätuholaissa säädettyihin kuorellisen kuusipuutavaran poistopäivämääriin ja niiden käytännön toimivuuteen eri puolilla maata: ovatko havupuutavaran poistamiselle asetetut määräajat riittävät, ja tulisiko määräaikojen maantieteellisiä rajauksia tarkastella uudelleen (kts. kuva 1). Tarkastelun perusteella esitellään toimenpiteet, joilla metsätuholain kuusipuutavaran puun poistoa koskevia säädöksiä ehdotetaan muutettavan, jotta laki vastaisi paremmin tarkoitustaan hyönteistuhojen torjunnassa.

Kirjanpainajan elinkierto ja tuhodynamiikka

Kirjanpainaja on tumma, noin puolen senttimetrin mittainen kaarnakuoriainen, joka esiintyy yleisesti kuusen levinneisyysalueella koko Suomessa. Laji on tottunut pohjoisiin oloihin ja talvehtii Suomessa pääosin karikkekerroksessa tai toisinaan kaarnan alla.

Talvehtineet aikuiset aloittavat elinkierron parveilullaan lämpötilan noustua noin 18–20 °C:seen. Koiraat etsivät isäntäpuuksi sopivan kuusen ja iskeytyvät kuusen paksun kaarnan alle. Ne vapauttavat tuoksuainetta, feromonia, joka houkuttelee naaraita ja lajitovereita iskeytymään samaan puuhun. Onnistuneen parittelun jälkeen kukin naaras muodostaa nilaan kuoren alle puun pituussuuntaisen emokäytävän, jonka reunoille ne laskevat munansa. Munista kuoriutuvat valkeat, jalattomat, ruskeapäiset toukat alkavat puolestaan kaivaa omia käytäviään vastakkaiseen suuntaan saaden aikaan kirjanpainajalle tyypillisen syöntikuvion (kuva 2).



Kuva 2. Vasemmalla nuoria kirjanpainajia toukkakäytävien päässä, oikealla kirjanpainajien tappamia kuusia. Kuvat: Markus Melin (vasen) ja Tiina Ylioja (oikea).

Varsinainen haitta puulle aiheutuu kuvassa 2 näkyvästä syömäkuviosta: aikuisten kirjanpainajien ja niiden toukkien kaivamat syömäkuviot katkaisevat puun nilakerroksen nestevirtaukset, jolloin latvuksen ravinteiden saanti heikkenee. Lisäksi kirjanpainajan mukana puuhun kulkeutuu patogeenisia, värivikaa aiheuttavia sinistäjäsieniä, jotka lisäksi kuivattavat puita (Hornvedt ym. 1983, Viiri 2002).

Kirjanpainajan kehitysnopeus riippuu lämpötiloista: lämpiminä kesinä laji kehittyy munasta aikuiseksi nopeammin kuin viileänä. Nykyilmastossa muninta ajoittuu toukokuuhun tai kesäkuun alkuun. Munista kuoriutuvat toukat kasvavat kuoren alla. Kotelovaiheen läpikäytyään ne aikuis-tuvat samana kesänä, kun keskimäärin 700 astevuorokautta (dd = day degrees) tehollista lämpösomaa on saavutettu, riippuen alueesta, heinä- tai vasta elokuussa. Nämä kesällä aikuistuneet kirjanpainajat muodostavat ensimmäisen sukupolven.

Jos sää on lämmintä elo-syyskuussa ja olosuhteet ovat parveilulle suotuisat, heinäkuussa kuoriutuneet uuden, ensimmäisen sukupolven kirjanpainajat parveilevat ja yrittävät lisääntyä. Niiden jälkeläiset ovat ns. toinen sukupolvi. Useimpina vuosina syksy viilenee nopeasti. Tuolloin kirjanpainajan toisen sukupolven kehitys jää kesken ja toukkien kuolleisuus kuoren alla on todennäköistä.

Kirjanpainajilla on lämpiminä alkukesinä kasvamassa myös mahdollinen sisarsukupolvi. Jos touko-kesäkuu on lämmin, toukokuussa kertaalleen parveilleet aikuiset voivat toistaa parveilun kesäkuussa ja synnyttää uuden sisarsukupolven ensimmäisen sukupolven lisäksi, joka tässä vaiheessa on jo kehittymässä kaarnan alla.

Keski-Euroopassa toinen sukupolvi on tavallinen. Ruotsissa kirjanpainajalla nähtiin vuonna 2018 kaksi kokonaista, onnistunutta sukupolvea. Suomessa toinen sukupolvi on toistaiseksi harvinainen, ja sen eloonjääminen on epävarmaa (Pouttu ja Annila 2010). Lämpenevässä ilmastossa toinen sukupolvi todennäköisesti yleistyy Etelä-Suomessa.

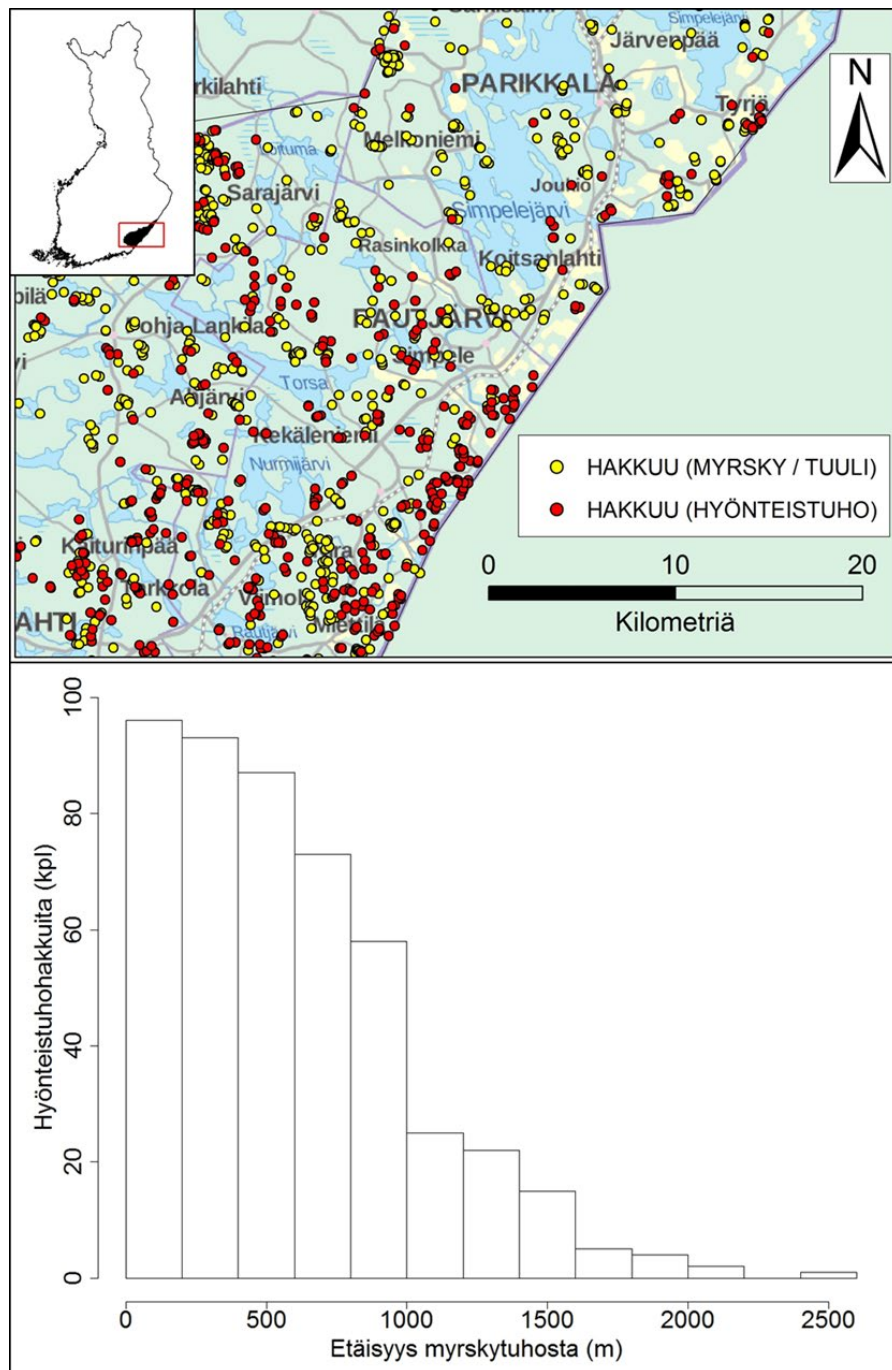
Kirjanpainajat talvehtivat aikuisina joko karikkeessa tai pystypuiden kaarnan alla. Kirjanpainajien lisääntymisen kannalta tärkeintä materiaalia ovat tuulenkaadot, terveydeltään heikot pystypuut, lumituhojen vioittamat rungot sekä puutavarapinot. Kannan ollessa runsas kirjanpainajat kykenevät joukkovoimansa turvin iskeytymään myös täysin terveisiin puihin. Arvioiden mukaan tarvitaan noin 4000 kirjanpainajaa tappamaan terve pystypuu.

Kirjanpainajatuhot meillä ja muualla

Kirjanpainaja on *Ips*-suvun lajeista vahingollisin. Myrskytuhot, kuivuus ja niistä seuranneet kirjanpainajatuhot ovat sekoittaneet puutavaramarkkinat viimeisen vuosikymmenen loppupuolella Keski-Euroopassa. Osassa maita kirjanpainajan takia hakatun puuston määrä on ylittänyt teollisuuden tarpeisiin hakatun puuston määrän. Esimerkiksi Sloveniassa vuoden 2016 kokonaishakkuista lähes 40 % (2,4 milj. m³) oli kirjanpainajan vaurioittamaa puuta (Viiri ym. 2019). Saksassa 2015–2019 vahingoittunutta puuta on ollut 135 milj. kuutiota. Tshekin tasavaltaa tuhhot ovat koetelleet erittäin ankarasti, missä vaikutusten viimeisen kymmenen vuoden ajalta lasketaan olevan 1,12 miljardia euroa (Toth ym. 2020). Ruotsissa vuonna 2018 kirjanpainajan takia puuta arvioitiin menetetyn jopa 2,5 miljoonaa kuutiota – eniten 10 vuoteen (Viiri ym. 2019). Menetykset Ruotsissa ovat tästä kasvaneet: vuoden 2020 vahingoksi on mitattu hieman vajaa kahdeksan miljoonaa kuutiometriä puuta (Skogsstyrelsen 2021).

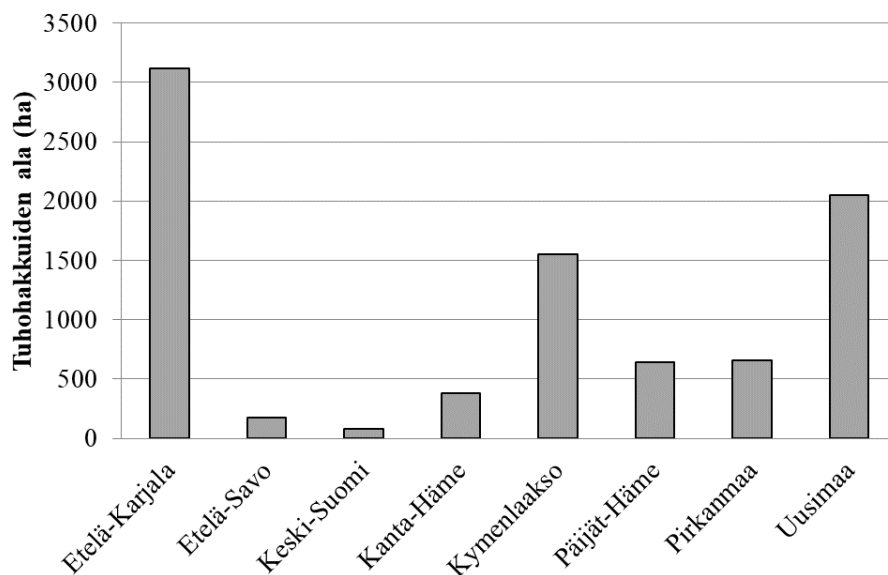
Normaalisti kirjanpainajan kannat pysyvät alhaisella nk. endeemisellä tasolla. Tällöin kirjanpainajia esiintyy paikallisesti heikentyneissä tai vioittuneissa yksittäisissä puissa. Ne voivat runsastua ja kirjanpainajatuhot leviävät, jos sopivaa lisääntymismateriaalia (tuulenkaadot,

puutavarapinot) on saatavilla. Keski-Euroopassa ongelmana on niin suureksi kasvanut kirjanpajajien taustakanta, että laji tappaa joukkovoimansa turvin terveitä pystypuita tarvitsematta enää esimerkiksi myrskyjen antamaa vipuvartta. Suomessa sen sijaan on tyypillistä, että kirjanpajajatuhot seuraavat suuria myrskyjä runsaiden tuulenkaatojen takia (kuva 3).



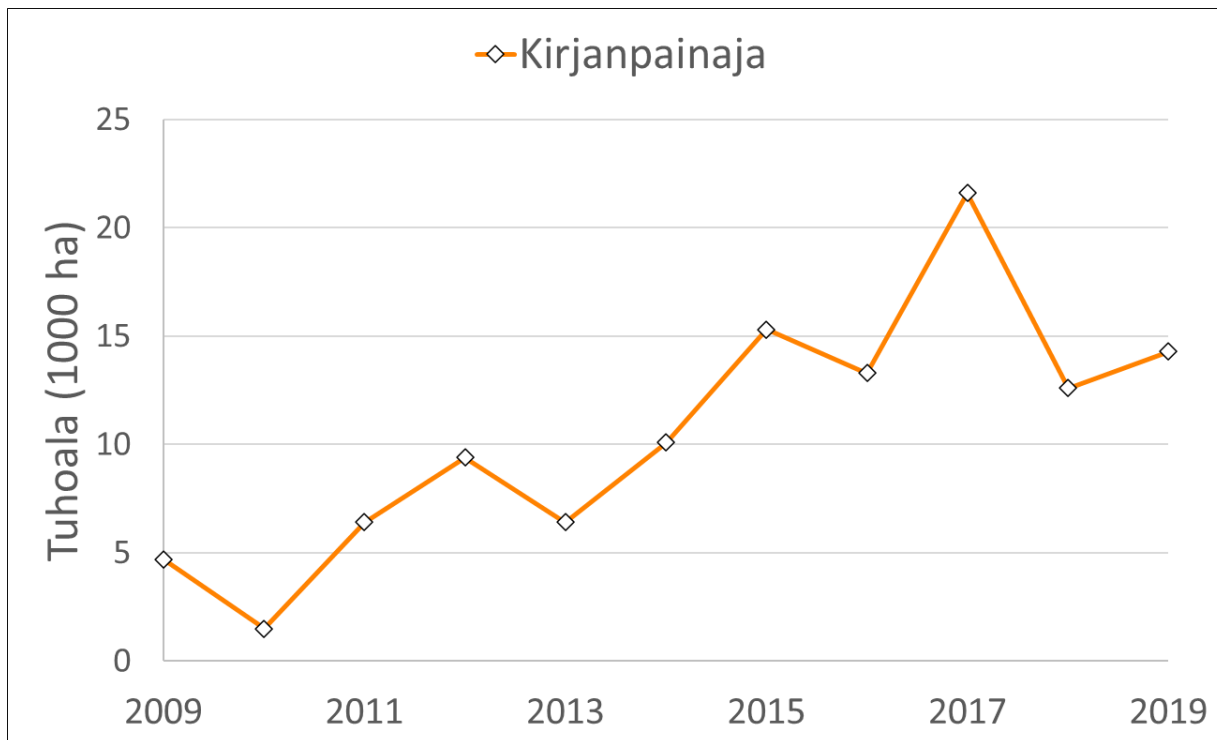
Kuva 3. Etelä-Karjala, vuodet 2012–2018. Myrsky- ja kirjanpajajatuhojen suhde toisiinsa sijainnin puolesta. Yllä karttakuva alueen myrsky- ja hyönteistuhosta. Alla kaavio, joka näyttää kuinka kirjanpajajatuhot ovat keskittyneet tuulen aiheuttamien tuhojen lähialueille. Aineisto: Metsäkeskuksen tuhohakkuuilmoitukset.

Säädökset hakatun puun poistamiselle onkin säädetty juuri kuvassa 3 havainnollistetun dynamiikan takia; pinossa oleva kuorellinen puutavara mahdollistaa paikallisen kirjanpainajakannan kasvun, koska se toimii lisääntymisalustana kirjanpainajalle siinä missä tuulenkaadotkin. Suomessa pahimmat kirjanpainajan tuhoalueet löytyvät Itä-Uudeltamaalta, Kymenlaaksosta sekä Etelä-Karjalasta, ja pahimmat tuhot ovat aina sattuneet suurten myrskyjen ja tuulituhojen jälkeen (kuva 4).



Kuva 4. Syykodilla ”kirjanpainaja” ilmoitetut tuhohakkuut vuosina 2012–2018 eri maakunnissa. Aineisto: Suomen metsäkeskus.

Siitä huolimatta, että tuhomäärät ovat suurilta osin riippuvaisia myrskyistä, näkyy valtakunnan metsien inventointi (VMI) aineistossakin kirjanpainajatuhojen hienoinen lisääntyminen (kuva 5).

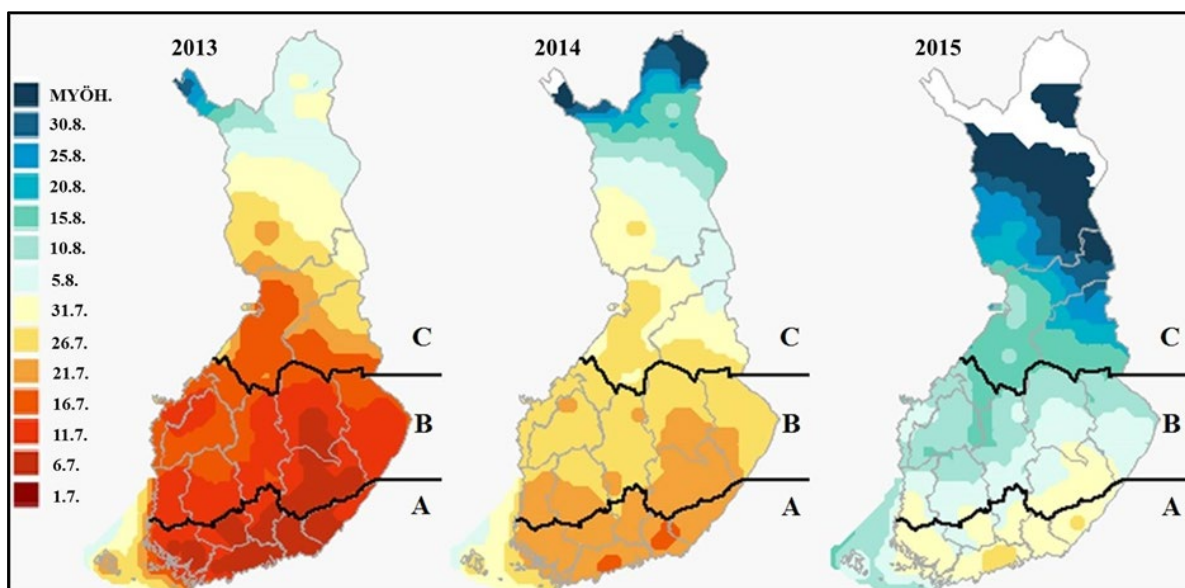


Kuva 5. Kirjanpainajatuhojen arvioitu pinta-ala hehtaareina VMI-aineistojen perusteella vuosina 2009–2019. Aineisto: VMI, Luonnonvarakeskus.

Kirjanpainajatuhoihin varautuminen Suomessa

Koska kirjanpainajan tuhopotentiaali Suomessa kytkeytyy lisääntymismateriaalin saatavuuteen (tuulenkaadot, puutavarapinot tms.), tilannetta hillitsemään on säädetty aikarajat kuorellisen puutavaran sekä tuulenkaatamien puiden poistamiselle metsästä. Nämä säädökset edellyttävät, että kaiken tien varressa tai metsissä varastoidun kuorellisen kuusipuutavaran pitää olla poissa metsästä tiettyyn päivään mennessä. Oletus on, että tällöin puihin alkukesällä munitut kirjanpainajat eivät ehdi kuoriutua ja poistua puista – eivätkä näin ollen kasvata tuhoriskiä. Päivämäärät puutavaran poistolle vaihtelevat eri alueilla Suomessa (kuva 1). Säädos koskee 1.9.–31.5. hakattua tuoretta kuusta sekä myrskyn tai lumen katkomia ja kaatamia kuusia, mikäli niiden määrä ylittää 10 m³/ha.

Rajojen toimivuutta arvioitaessa oleellisessa roolissa on lämpösumman kehittyminen: 700 dd:n tehollista lämpösummaa ei saisi kertyä ennen alueelle määrättyä puutavaran poistamisen aikarajaa. Jos lämpösumma ehtii täytyä, puutavaraan alkukesällä munitut kirjanpainajat ehtivät aikuistua ja poistua puutavarasta ympäröiviin metsiin. Kuva 6 havainnollistaa puunpoistopäivämäärien ongelmallisuutta suhteessa vuosien väliseen vaihteluun lämpösumman kertymisessä.



Kuva 6. Lämpösumman 700 dd:n täyttyminen eri puolilla Suomea vuosina 2013–2015. Karttoihin on merkitty metsätuholain alueiden A, B ja C rajat. Lähde: Luke/MetInfo.

2.2. Aineisto ja menetelmät

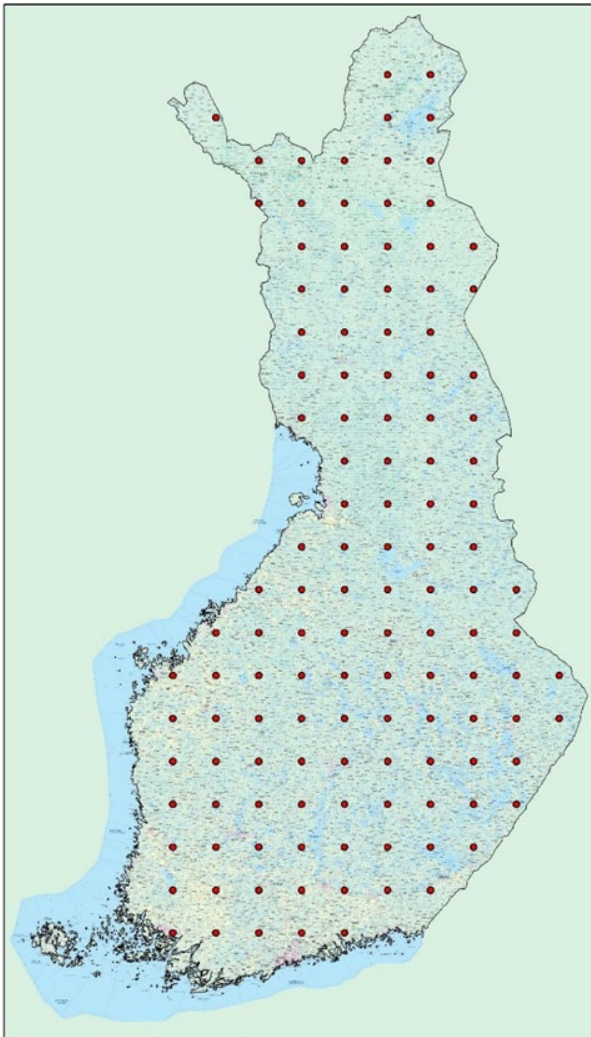
Tutkimuksessa hyödynnettiin aineistoja Ilmatieteen laitokselta, Suomen metsäkeskukselta, Luonnonvarakeskukselta sekä Maanmittauslaitokselta (taulukko 1). Metsäkeskuksen tuhoilmoitusaineistoa käytettiin tausta-aineistona, jonka avulla kirjanpainajatuhojen yleisyyttä voitiin arvioida eri puolilla Suomea. Luonnonvarakeskuksen kirjanpainajaseuranta-aineiston avulla puolestaan saatiin tietoa siitä, missä päin Suomea kirjanpainajakannat ovat seurantajakson saattossa kehittyneet epidemiarajoille asti. Ilmatieteenlaitoksen aineisto muodosti analyysien selkärangan: sen avulla tutkittiin 700 dd:n lämpösumman ylittymistä eri puolilla Suomea suhteessa ko. alueella säädettyyn kuusipuutavaran poistopäivämäärään. Kaikki selvityksessä käytetty taustakartta-aineisto ja aineisto maakuntarajoista on Maanmittauslaitoksen avointa aineistoa.

Taulukko 1. Selvityksessä käytetty aineisto.

Toimittaja	Aineisto	Aikaikkuna
Luonnonvarakeskus	Kirjanpainajan feromonipyynti seuranta-aineisto	2012–2019
Ilmatieteenlaitos	Päivittäinen lämpötila-lämpösumma-aineisto	2000–2019
Suomen metsäkeskus	Ilmoitukset tuhohakuista ja niiden syistä	2012–2019
Maanmittauslaitos	Taustakartat, maakuntarajat	-

Tutkimusta varten tutkimusalueelle luotiin 50 x 50 kilometrin pisteverkko (kuva 7), johon liitettiin Ilmatieteenlaitoksen päivittäistä säädataa vuosilta 2000–2019. Seuraavaksi jokaiselle pisteelle ja jokaiselle vuodelle laskettiin päivämäärä, jolloin 700 dd:n lämpösumma täyttyi. Päivämäärää verrattiin ko. pisteen alueella vallitsevaan puunpoiston takarajaan. Näin saatiin tietää, kuinka hyvin puunpoiston päivämäärärajat ovat 2000-luvulla toimineet eri puolilla Suomea.

Aineistosta laskettiin, kuinka monta päivää aikaisemmin tai myöhemmin 700 dd:tä on tullut täyteen kuin puunpoistamisen päiväys edellyttää, eli onko laki ollut 20 vuoden seurantajaksolla useammin toimiva kuin toimimaton.

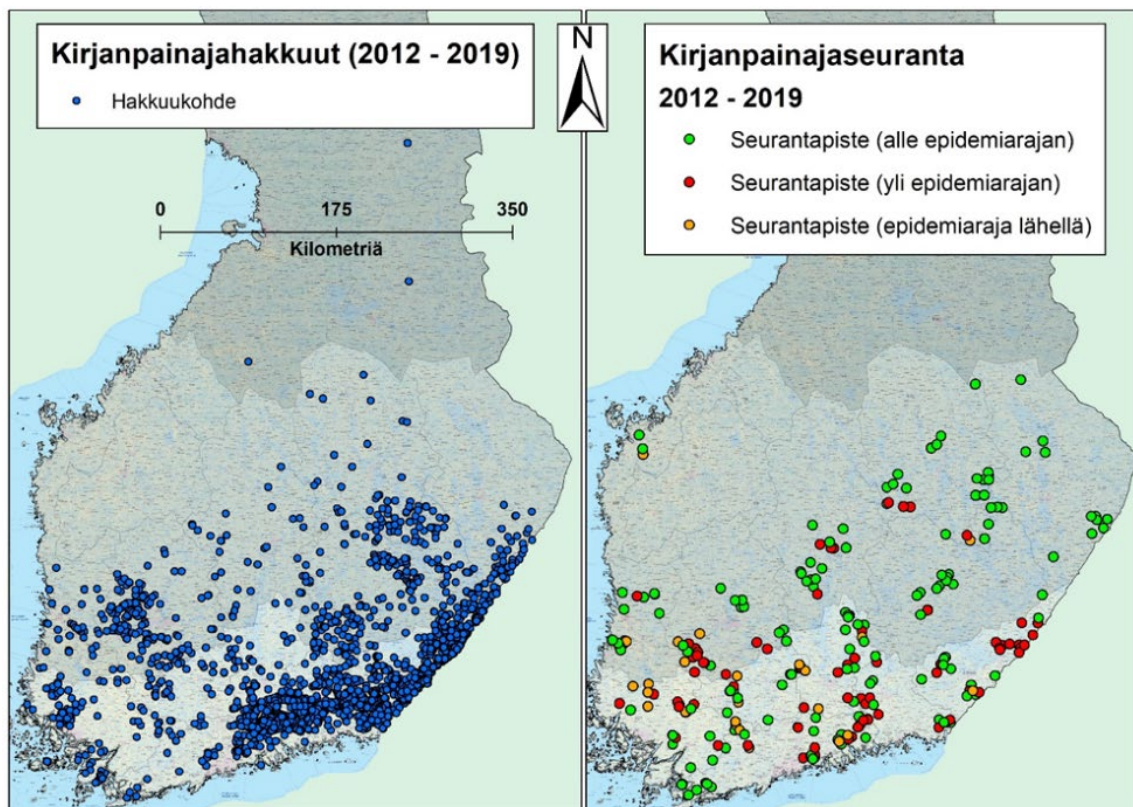


Kuva 7. Pisteverkko, jonka avulla lämpöolosuhteita ja 700 dd:n täyttymistä analysoitiin suhteessa kuusipuutavaran poiston päivämääriin.

2.3. Tulokset

2.3.1. Kirjanpainajatuhojen alueellinen esiintyminen ja kannan ydinalueet

Feromoniseurannan perusteella kirjanpainajakannat ovat olleet korkeimmillaan yleisesti Etelä-Suomessa sekä erityisesti Itä-Uudellamaalla, Kymenlaaksossa sekä Etelä-Karjalassa. Näistä jälkimmäiset ovat myös alueita, joille kirjanpainajatuhojen takia tehdyt hakkuut ovat selvästi painottuneet (kuva 8). Itä-Uudellamaalla epidemiaraja (yli 15 000 kirjanpainajaa/pyydysryhmä seurantakauden aikana) tulee yleisesti täyteen jo touko-kesäkuussa, kun taas muualla maassa se täyttyy vasta heinä-elokuussa.

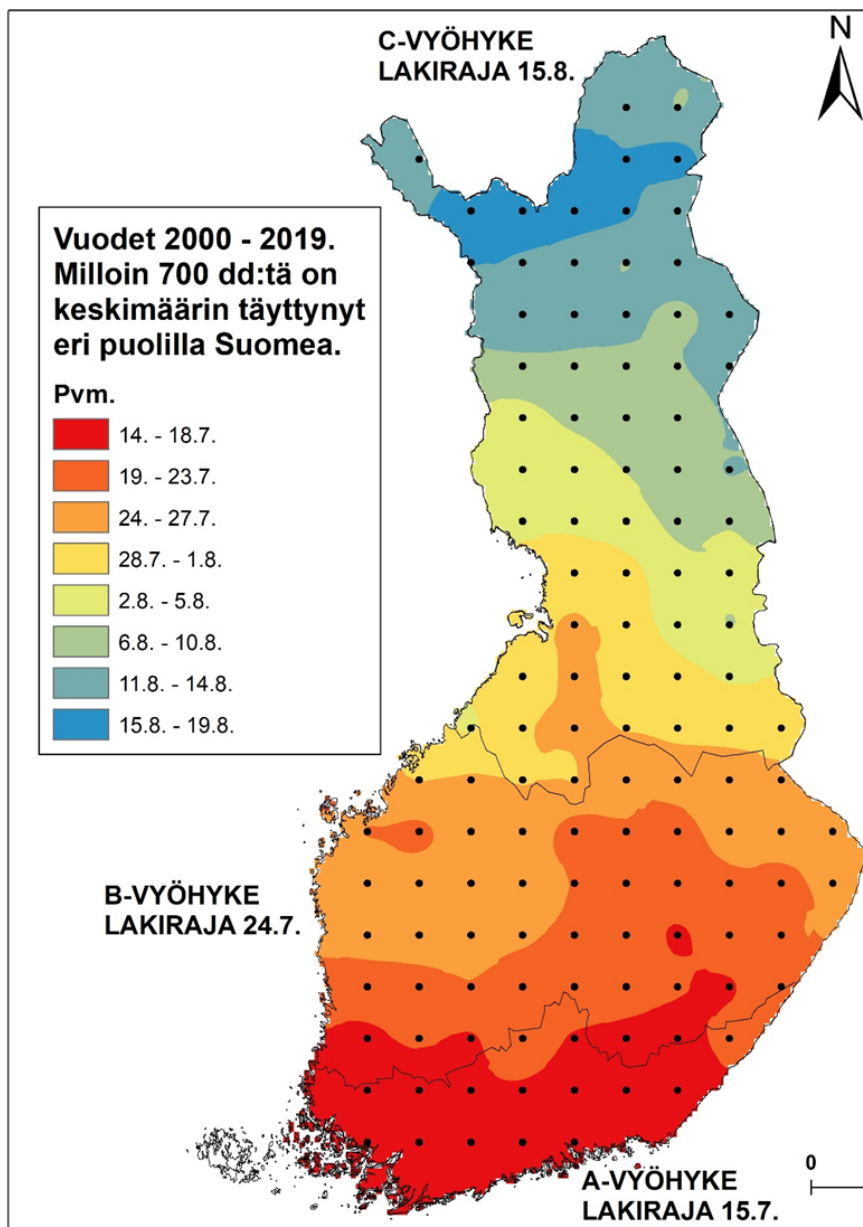


Kuva 8. Vasemmalla kirjanpainajan takia tehdyt hakkuut Metsäkeskuksen tuhoilmoitusten perusteella sekä oikealla kirjanpainajakannan suuruus Luonnonvarakeskuksen feromoniseurannan perusteella. Epidemiarajan ylittyessä saaliiksi on saatu yli 15 000 kirjanpainajaa per pyydysryhmä. Kartan kategoria 'Epidemiaraja lähellä' pitää sisällään saalismäärät välillä 12 000–15 000/pyydysryhmä.

2.3.2. Lämpösumman 700 dd täytyminen suhteessa puun kuljetuksen ajoituksen takarajoihin

Keskimäärin toimivimpia lakirajat ovat olleet A-alueella. Sen sijaan suurimmalla osalla B- ja C-alueita lakirajat ovat myöhässä: 700 dd:tä ehtii useimmiten täytyä ennen kuin puiden on oltava kuljetettuna pois metsästä (kuva 9).

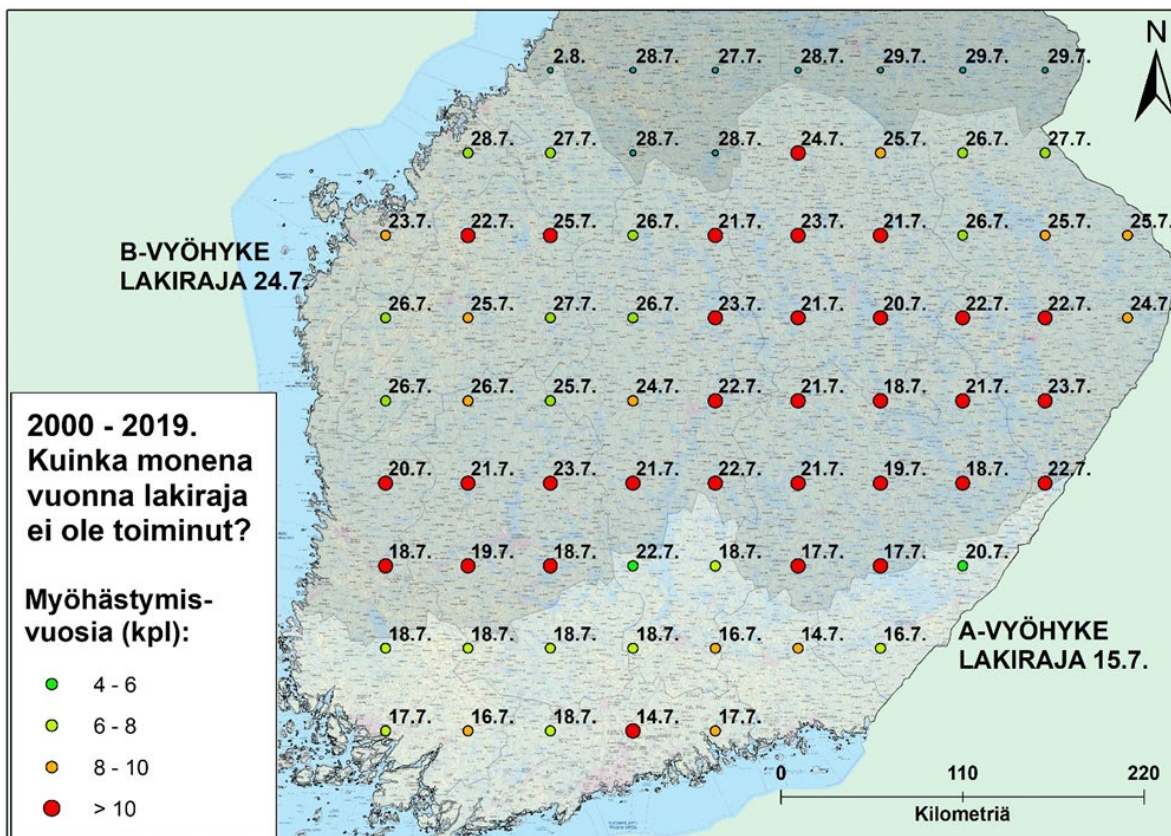
Huolimatta siitä, että C-alueella puun poiston päivämäärä ei toimi (kuva 9), aluetta ei voida pitää ongelmallisena, sillä lakirajan toimimattomuudesta huolimatta alueella ei ole ollut kirjanpainajatuhoja eikä kirjanpainajan kanta feromoniseurannan valossakaan ole ollut siellä korkea (kuva 8). A-alueella lakirajat toimivat pääosin tai ovat myöhässä vain muutamia päiviä. Ongelmallisimman on B-alue, jolla 700 dd:n lämpösumma täytyy suurilta osin ennen lain asettamaa takarajaa (kuva 9). Tämän lisäksi B-alueen etelärajoilla on esiintynyt melko runsaasti kirjanpainajatuhoja, ja feromoniseurannan epidemiarajat ovat ylittyneet (kuva 8).



Kuva 9. Lämpösunnan 700 dd keskimääräinen täyttyminen eri puolilla Suomea vuosien 2000–2019 välillä. Taustalla on kuvattu myös puunpoiston A-, B- ja C-alueet (vyöhykkeet) päivämäärärajoineen sekä tässä selvityksessä käytetty pisteverkosto, joihin lämpösunnia laskettiin.

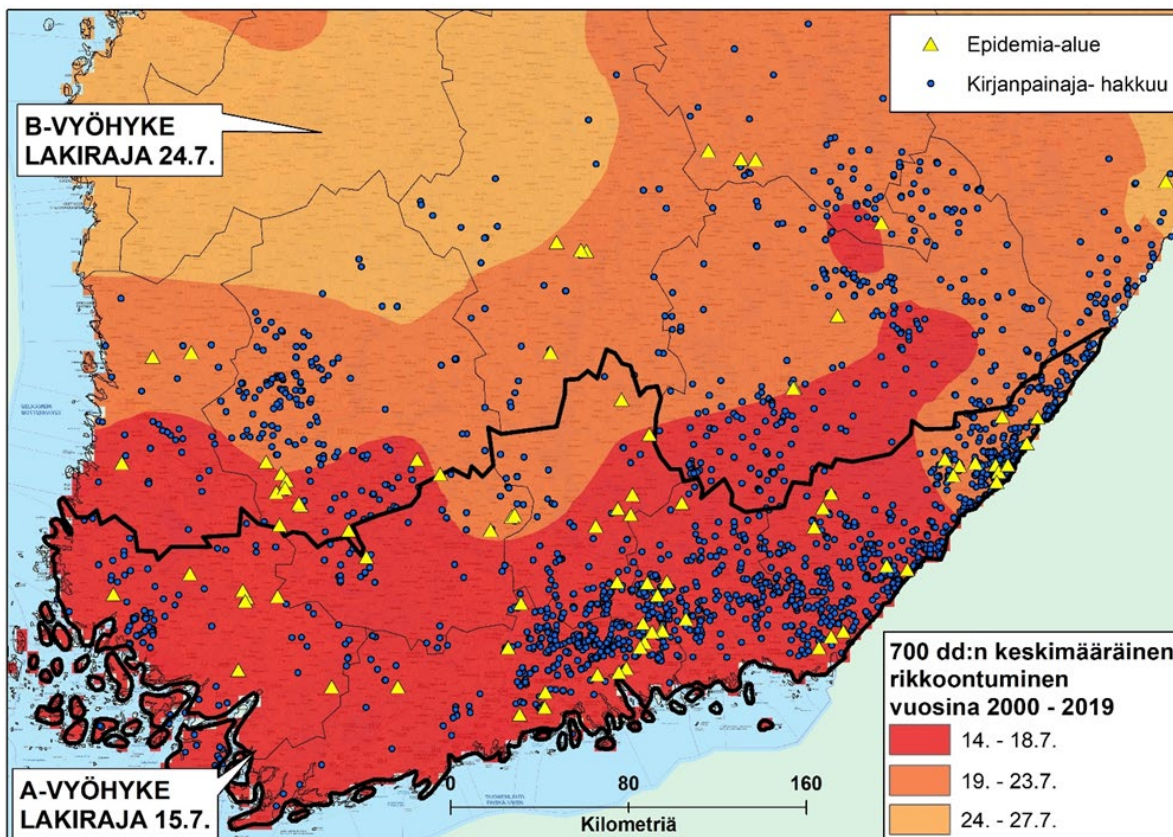
Asiasta saa tarkemman kuvan, kun ongelmallisista alueista otetaan erityistarkasteluun. Kuvassa 10 on esitetty, kuinka monena vuonna lakirajat eivät ole Etelä-Suomessa (A- ja B-alue) toimineet 20 vuoden seurantajakson aikana. Lisäksi kuvassa 10 on jokaisen seurantapisteen viereen kirjoitettu se päivämäärä, milloin 700 dd:n lämpösunnin keskimääräinen alueella rikkoontui.

Kuvassa 10 punaiset suurimmat symbolit kuvastavat tilannetta, jossa lakiraja on ollut useammin myöhässä kuin ajoissa eli vähintään 11 vuotta 20:stä on ollut vuosia, jolloin 700 dd:tä on tullut täyteen ennen kuin puut on lain mukaan täytynyt korjata. Sama ilmiö on yleinen myös B-alueen eteläosissa (kuva 10). Lisäksi, kuten jo todettu, tämä ilmiö tapahtuu myös C-alueella, mutta asiaa ei siellä voida pitää tuhoriskiä lisäävänä tekijänä, koska kirjanpainajakannat ja tuhot C-alueella ovat yleisestikin vähäisiä.



Kuva 10. Keskimääräiset ajankohdat, jolloin lämpösomma 700 dd on täyttynyt eri seurantapistteissä ajanjaksolla 2000–2019 (tekstit symbolien vieressä) sekä tieto siitä, kuinka usein lämpösomma 700 dd on täyttynyt ennen alueella vallitsevaa lain asettamaa puutavaran poiskuljetuksen aikarajaa (symbolit). Taustalla on kuvattu myös puunpoiston A-, B- ja C-vyöhykkeet päivämäärärajoineen sekä tässä selvityksessä käytetty pisteverkosto, johon lämpösummia laskettiin.

B-alueen eteläosat eivät merkittävästi poikkea A-alueesta 700 dd:n lämpösomman täyttymisen ajoittumisessa. Kuvassa 11 on esitetty tarkempi kartta ongelma-alueista; B-alueen eteläisimmistä maakunnista. Näissä maakunnissa 700 dd:n lämpösomma tulee yleisesti täyteen ennen lakirajaa, minkä lisäksi niiden alueilla on jo tapahtunut kirjanpainajatuhoja, ja kirjanpainajakanat ovat feromoniseurannan aikana ylittäneet epidemiarajoja (kuva 11).



Kuva 11. Lämpösunnan 700 dd ylittyminen, kirjanpainajatuhot sekä ne feromonipyydysten seurantapisteen, joissa epidemiaraja on ylittynyt A-vyöhykkeellä sekä lain kannalta ongelmallisimmalla alueella, B-vyöhykkeen eteläosissa. Taustalla näkyy maakuntarajaus, jota metsätuholaki vyöhykejaossa noudattaa.

2.4. Tulosten tarkastelu

Yllä esitetyn tarkastelun valossa B-vyöhykkeen eteläisimmät alueet eivät poikkea kirjanpainajatuhoriskiltään niin paljoa A-vyöhykkeestä, että niille olisi perusteltua soveltaa yhdeksän päivää myöhäisempää siirtorajaa (kuva 11). Kuvan 10 perustella näiden alueiden siirtorajaa tulisi aikaistaa 1–5 päivää riippuen alueesta. Ongelmaksi muodostuu näin ollen se, että maakuntarajat eivät täysin taivu tällaiseen muutokseen. Maakunnista Satakunnan, Pirkanmaan, Keski-Suomen sekä Etelä-Savon eteläalueet ovat ongelmallisia. Esimerkiksi Keski-Suomen maakunnan eteläosissa kirjanpainajatuhoja on esiintynyt, kanta on ylittänyt epidemiarajan ja lämpösunnan 700 dd:tä täyttyy keskimäärin kolme päivää ennen lakirajaa, kun taas saman maakunnan pohjoisosissa tilanne on päinvastainen: lakiraja toimii ja tuhoja ei ylipäätään ole ollut, koska kirjanpainajakannat ovat olleet alhaisia.

Pelkän lämpösunnatarkastelun perusteella lakirajat ovat eniten myöhässä C-vyöhykkeellä, mutta alueella ei tästä huolimatta ole ollut kirjanpainajatuhoja juuri nimeksikään, eivätkä lajin taustakannat ole korkeita. Tämä johtuu yksinkertaisesti siitä, että kevätkesä ja kirjanpainajille suotuisat parveilulämpötilat alkavat suuressa osassa C-vyöhykettä niin myöhään, että lajin kehitys alueella on huomattavasti hitaampaa. Kun tähän lisätään keskimäärin viileämpi alkusyksy, ei kirjanpainaaja yksinkertaisesti ehdi runsastua niin, että siitä olisi aiheuttamaan merkittäviä tuhoja.

3. Kustannusanalyysi kuusipuutavaran kuljetusten aikaistuksesta B-alueella

3.1. Johdanto

Metsätuholakia arvioitaessa havaittiin, että kirjanpainajat ehtivät aikuistumaan kuusipuutavarasta B-alueella ennen B-alueen metsätuholaisissa säädettyä poiskuljetuksen aikarajaa 24.7. (Kniivilä ym. 2020, kuva 10). Jos B-alueella täytyy aikaistaa puutavaran poiskuljetuksia metsästä ja välivarastoista kasvaneen kirjanpainajatuhoriskin vuoksi, kuten edellä esitetystä luvussa 2 todettiin, tarvitaan tietoa puunkuljetuslogistiikalle aiheutuvista muutoksista ja niiden myötä aiheutuvista kustannuksista. Tämän vuoksi haluttiin tarkastella niitä kustannuksia, joita aiheutuisi, jos B-vyöhykkeellä alettaisiin hyödyntää samaa aikarajaa kuin A-vyöhykkeellä eli 15. heinäkuuta. Tämä tarkoittaisi yhdeksän päivän aikaistusta kuljetuskustannuksiin.

Metsätuholain neljännessä pykälässä säädetään myös vaihtoehtoista puutavaran poistamiselle. Tällaisia vaihtoehtoisia menetelmiä listataan kahdeksan, joiden lisäksi todetaan yhdeksäs, vielä muu mahdollinen tapa huolehtia siitä, ettei puutavarasta pääse merkittävästi leviämään metsätuhoja aiheuttavia hyönteisiä. Neljäntenä listattu mahdollisuus on puutavaran kuoriminen, jolla laissa todellakin tarkoitetaan runkojen kuoren poistoa. Tämä on käytännössä hyvin työlästä, eikä menetelmää käytetä. Puunkorjuun ja puunhankinnan parissa työskentelevät puhuvat kuitenkin ”pinojen kuorinnasta”. Sillä tarkoitetaan metsätuholaisissa kolmantena vaihtoehtona listattua puutavarapinon pintaosan kuljetusta pois aikarajaan mennessä. Tämä toimii, koska hyönteiset viihtyvät valossa ja lämmössä eli iskeytyvät pääosin pinojen pintaosiin. Toisin sanoen puutavarapinosta kuljetetaan vain pintavaippa pois lain asettamaan määräaikaan mennessä, jolloin loppuosa pinosta jää metsään tai välivarastoon. Silloin tämä jäljelle jäävä pino ei ole enää metsätuholain poiskuljetusveloitteen piirissä eli siitä tulee ns. metsätuholakivapaa. Jos pintavaippaa ei kuljetettaisi pois, koko pino olisi metsätuholainalaista puutavaraa.

Puutavaran loppukäyttäjää välttää luontaisesti puutavaran varastointia metsässä tai välivarastossa, jotta raaka-aineen laatu ei heikkene. Värikojen ja puutavaran kuivahtamisen estämiseksi kuusikutit ja mekaanisen massan valmistuksessa käytettävä kuusikuitupuun pyritään kuljettamaan tuoreena käyttöpaikalle. Havusellun valmistuksessa käytettävän kuusikuitupuun tuoreusvaatimukset eivät ole yhtä tiukat kuin hiomo- ja hierrepuulla, joten metsätuholainalainen puutavara on käytännössä yksinomaan kemiallisen massateollisuuden tuotannossa käytettävää havukuitupuuta eli ns. sellukuusta.

3.2. Aineisto ja menetelmät

3.2.1. Luonnonvarakeskuksen tilastotietokanta

Luonnonvarakeskuksen tilastotietokannasta poimittiin teollisuuspuun korjuumäärät puutaveralajeittain B-alueen maakunnille vuosille 2015–2019. Erityisen tarkastelun kohteena olivat kuusipuutavaran (tukki- ja kuitupuun) korjuumäärät, joita verrattiin B-alueen ja koko Suomen puunkorjuun kokonaismääriin. Lisäksi tilastoista poimittiin kuusikuitupuun käyttöosuudet mekaanisen ja kemiallisen massateollisuuden ja selluteollisuuden raaka-aineena vuosina 2015–2019 koko maassa.

Alueittaisten puunkorjuumäärien sekä korjuukoneiden ja puutavara-autojen määrien valtakunnallista kuukausivaihtelua tarkasteltiin vuosien 2015–2019 keskiarvona. Aineiston perusteella voitiin osoittaa korjuun ja kuljetusten puutavaramäärän ja kaluston määrän vaihtelu eri kuukausina koko Suomessa. Mielenkiinnon kohteena oli osoittaa kaluston käyttöaste erityisesti viimeisiltä kuukausilta ennen kuljetusten määräaika metsätuholainalaiselle kuusipuutavaralle.

3.2.2. LogForce-aineisto

LogForce on Trimble Forestry Europe Oy:n (myöhemmin Trimble) metsätoimialan kuljetuksiin tarkoitettu ohjelmistopalvelu. Trimblen toimittama ja Luken rajaama LogForce-aineisto kattoi B-alueelta ainespuuhakkuut ja -kuljetukset tienvarsivarastoista toimituspaikoille ja välivarastoihin vuosilta 2015–2019 järjestelmän käyttäjiltä, joita olivat Stora Enso, Metsä Group, Harvestia, Koskitukki sekä MHY Satakunta, SVF Österbotten, MHY Lakeus, MHY Metsäpohjanmaa, MHY Pohjois-Pirkka ja MHY Etelä-Savo. Lähtöaineisto oli suodatettua anonyymiä raakadataa, josta ei ilmennyt varastopaikan sopimustietoa (metsänomistajatieto), tienvarsivaraston puutavaran ostajaa (urakanantaja) eikä puutavaran kuljettajaa (kuljetusyrittäjä). Aineiston volyyymi (m³ ainespuuta) kattoi noin 40 % koko B-alueen puunkorjuusta vuosilta 2015–2019 (Taulukko 2). Taulukot 2 ja 3 kertovat pääpuutavaralajien korjuumäärät ja kuljetusmäärät toimituspisteille neljän vuoden ajalta LogForce-aineistosta.

Taulukko 2. Vuosien 2015–2019 keskimääräinen vuoden korjuumäärä (Luke stats) ja LogForce-aineiston kattavuus B-alueella puutavaralajeittain.

Puutavaralaji	Korjuumäärä, 1000 m ³ (Luke stat)	Kuljetusmäärä, 1000 m ³ (LogForce)	LogForce-aineiston kattavuus, %
Mäntytukki	6 224	2 306	37,1
Kuusitukki	9 031	3 406	37,7
Lehtitukki	784	299	38,1
Mäntykuitu	8 563	3 384	39,5
Kuusikuitu	6 229	2 685	43,1
Lehtikuitu	5 672	2 553	45,0
Yhteensä	36 503	14 633	40,1

Taulukko 3. Laskenta-aineiston toimituspisteluokittaiset kuljetusmäärät ja keskkuljetusmatkat B-alueella vuosina 2015–2019.

Toimituspiste	Kuljetettu, m ³ min	Kuljetettu, m ³ keskiarvo	Kuljetettu, m ³ max	Keskkuljetus- matka, km
Asema	1 714 472	2 452 284	2 715 679	41
Auma	14 276	23 248	28 909	30
Lämpölaite	1 423	4 751	9 381	32
Saha	3 367 411	4 304 690	4 924 911	92
SOPI-var	6 293	28 163	67 739	44
Tehdas	4 217 786	5 640 119	6 590 120	112
Terminaali	1 514 904	1 871 174	2 179 051	59
Varastosiirto	232 139	269 132	330 100	10
Vesitie	272	35 880	63 630	53

LogForce-aineistolla tarkasteltiin ainespuutavaralajien kuljetusmääriä kuljetuspäivämäärän ja käyttöpaikan mukaan. Tarkastelun kohteena oli 1.9.–31.5. korjatun puun kuljetusten ajoittuminen. Mielenkiinto kohdistui erityisesti sellukuuseen ja mäntykuitupuuhun (myöhemmin mäntykuitu), koska kyseisiä puutavaralajeja varastoidaan muita havupuutavaralajeja pidempään. Mäntykuidulla on merkittävä vaikutus sellukuuseen kuljetusten ajoittumiseen, koska talvella varastoidun ainespuun kuljetukset kohdistuvat ensin mäntykuituun ja sitten sellukuuseen. B-vyöhykkeellä talvella hakatun männyn poiskuljetuksen määräaika on 1.7. ja kuusella vastaavasti 24.7. Sellukuuseen osuus kuusikuituainespusta kasvoi tasaisesti 32 %:sta 60 %:iin vuodesta 2015 vuoteen 2019 B-alueella. LogForce-aineisto sisälsi ainoastaan puutavarakuljetukset B-alueen tienvarsivarastoista toimituspaikkoihin ja välivarastoihin. Näin ollen kuljetusmääriä ja kuljetusten ajoittumista esimerkiksi terminaaleista ja välivarastoista ei ollut käytettävissä tässä tarkastelussa.

LogForce-raaka-aineisto suodatettiin ja rajattiin tutkimustarkoitusta vastaavasti. Lopullinen aineisto muodostui B-alueella sijaitsevista tienvarsivarastopaikoista, tienvarresta lähtevistä toimituksista ja vain teollisuuden ainespuutoimituksista. Lisäksi metsätuholainalaisen puutavaran kuljetusten tarkastelussa aineistoa rajattiin varaston perustamispäivän mukaan siten, että muodostettiin neljä korjuuvuotta: 1.9.2015–31.8.2016, 1.9.2016–31.8.2017, 1.9.2017–31.8.2018 ja 1.9.2018–31.8.2019. Näin saatu lähtöaineisto käsitti lähes 60 miljoonan kuutiometrin kuljetustiedot. Aineiston perusteella tarkasteltiin kuljetusten jakautumista kuukausi-, viikko- ja päivätasolla eri toimituspisteille eri puutavaralajeilla keskittyen metsätuholainalaisen sellukuuseen ja mäntykuidun kuljetuksiin. Erityisen kiinnostuksen kohteina olivat puutavarapinojen pintavaipan kuormauksen ja kuljetuksen ajoittuminen, kuormausosuudet ja kuljetusmäärät.

3.2.3. Korjuu- ja kuljetusyrittäjien haastattelut

Metsätuholainalaisen kuusipuutavaran hankintalogistiikan ja siihen vaikuttavien tekijöiden selvittämiseksi toteutettiin haastattelu, jonka kohderyhmäksi valittiin puunkorjuusta, puutavaran kaukokuljetuksesta ja puunhankintalogistiikasta vastaavia toimijoita. Haastatteluja kohdennet-

tiin koneellisessa puunkorjuussa ja puutavan autokuljetuksissa yrittäjiin, jotka operoivat kuusi-valtaisissa maakunnissa. Puunhankintalogistiikan osalta haastateltiin kuusisellupuuta käyttävien suurien puunhankintayritysten logistiikkavastaavia. Puunkorjuusta haastateltiin neljää korjuuyrittäjää, kaukokuljetuksesta viittä kuljetusyrittäjää ja puunhankinnasta neljää logistiikkavastaavaa (taulukko 4).

Taulukko 4. Haastateltujen henkilöiden edustus toimijaryhmissä (puunkorjuu, kaukokuljetus ja puunhankintalogistiikkavastaavat kolmesta suurimmasta puunhankkijasta; UPM, Stora Enso, Metsä Group) ja B-alueen maakunnissa.

Toimijaryhmä	Toiminta-alue
Puunkorjuu	Pohjois-Savo
Puunkorjuu	Keski-Suomi
Puunkorjuu	Pohjois-Karjala
Puunkorjuu	Keski-Suomi
Kaukokuljetus	Pohjois-Karjala
Kaukokuljetus	Keski-Suomi
Kaukokuljetus	Pirkanmaa, Keski-Suomi
Kaukokuljetus	Etelä-Pohjanmaa
Kaukokuljetus	Etelä-Savo
Puunhankintalogistiikka	Itäinen, keskinen B-alue
Puunhankintalogistiikka	B-alueen kaikki maakunnat
Puunhankintalogistiikka	B-alueen kaikki maakunnat

3.2.4. Kustannusvaikutusten laskenta

Laskentaskenaarioiden muodostamisessa käytettiin apuna sekä tilastoja (Luke stats, LogForce-aineisto) että haastatteluja. Kustannuslaskenta kohdistui kuusisellupuuhun, joka osoittautui haastatteluissa ja tilastotarkasteluissa ainoaksi kuusipuutavaralajiksi, johon metsätuholain määräjän aikaistaminen kohdistui. Laskennoissa vastattiin kysymykseen: "Millainen kustannusvaikutus metsätuholainalaisen kuusipuutavaran kuljetusten 9 päivän aikaistamisella on kyseisen puutavaran logistiikkakustannuksiin?" Kustannuslaskenta keskittyy sellukuusen kuljetusten ja varastoinnin kustannuksiin. Lisäksi arvioitiin keskeytysviikkojen kustannusvaikutusta puunkorjuuseen.

Laskentaskenaariot ja taustamuuttajat

Logforce-aineiston korjuu- ja kuljetusmäärät sekä niiden ajankohdat vuosilta 2015–2019 olivat pohjana skenaarioiden kestojen ja puutavaralajivolyymien muodostuksessa sekä taustaparametrien määrittämisessä. Määräjän aikaistamisskenaarioita muodostettiin kolme, joita verrattiin suoraan LogForce-aineistoon perustuvaan tilaan (Business As Usual eli BAU-tila). Skenaariotaan mukaan pääolettamina oli, että BAU-ajanjaksoa vastaava sellukuusimäärä kuljetetaan yhdeksän päivää lyhyemmässä ajassa kuitenkin metsätuholainalaisen mäntykuitupuun kuljetusten määräjän 1. heinäkuuta jälkeen. Skenaarioissa kuljetusresurssitarve lisääntyy, puutavaran vastaanottokapasiteeteissa asemille ja tehtaille on rajoitteita, terminaalivarastointitarve kasvaa, puutavaralajipinojen pintavaipan poiskuljetuksen määrä muuttuu, ja pintavaipan kuljetuksen muutos vaikuttaa jäljelle jäävään kuljetettavaan puumäärään.

Kaikissa kuljetuksia aikaistavissa skenaarioissa oletettiin, että tehtaat eivät kykene ottamaan vastaan BAU-tilasta johdettuja päiväkohtaisia kuljetusmääriä enempää sellukuusta. Näin ollen kuljetusten volyymilisäys tuli hoitaa joko lisätyllä terminaalivarastoinnilla (skenaario 1), lisätyllä pinojen pintaosien poiskuljetuksella ja lisääntyneellä terminaalivarastoinnilla (skenaario 2) tai lisääntyneellä juna-asemavarastoinnilla ja junakuljetuksella (skenaario 3). Skenaario 1 on rinnastettavissa tilanteeseen, jossa osa skenaariossa esitetystä sellukuusesta kuljetetaan ja varastoidaan (autoterminaalit) jo ennen heinäkuuta. Tienvarsipinojen pintaosien poiskuljettamisen lisääminen vähentää metsätuholainalaista tienvarsivarastovolyymiä ja samalla kuljetuspainetta, mutta toisaalta se siirtää varastojen tyhjentämistä myöhäisempään vaiheeseen. LogForce-aineiston mukaan tarkasteluvuosien keskimääräinen pinojen pintavaipan kuormauksen ja poiskuljetuksen osuus oli 38 % kyseisten pinojen koko volyymistä. Skenaariokuvaukset on avattu seuraavassa sekä kuljetusmäärien suhteen tarkemmin taulukossa 5.

Perustila (BAU):

Tarkastelu-aika: 2.7.–24.7. (kesto 23 pv)

Skenaario 1: Terminaalivarastoinnin lisäys:

Tarkastelu-aika: 2.7.–15.7. (kesto 14 pv)

Määrittäminen: BAU-tilaa vastaava puumäärä kuljetetaan 23 päivän sijaan 14 päivässä siten, että kasvaneet kuljetusmäärät ohjataan terminaaleihin ylittämättä tehtaiden ja juna-asemien kapasiteettia (BAU-tilasta määritetty) sekä lisäämättä pinojen pintaosan poiskuljettamista.

Skenaario 2: Puutavarapinojen pintaosan poiskuljettamisen ja terminaalivarastoinnin lisäys:

Tarkastelu-aika: 2.7.–15.7. (kesto 14 pv)

Määrittäminen: BAU-tilaa vastaava puumäärä kuljetetaan 23 päivän sijaan 14 päivässä lisäämällä pinojen pintaosan poiskuljettamista ja terminaalivarastointia ylittämättä kuitenkin tehtaiden ja juna-asemien kapasiteettia (BAU-tilasta määritetty). Tienvarsipinojen pintaosan poiskuljettamisen kasvattaminen lisää tienvarsivarastoon jäävän puun määrää, jonka määrääjän jälkeen toteutuva kuljetus lasketaan kustannuksiin puutavara-autokuljetuksena tienvarresta tehtaalle. Tarkastelu ottaa huomioon pintaosan poiston kohdistumisen pienempiin varastoihin sekä jäljelle jäävien pienempien varastojen kalliimman kuljetuksen pinojen kuormaan yhdistelyn muodossa.

Skenaario 3: Junakuljetuksen lisäys:

Tarkastelu-aika: 2.7.–15.7. (kesto 14 pv)

Määrittäminen: BAU-tilaa vastaava puumäärä kuljetetaan 23 päivän sijaan 14 päivässä lisäämällä kuljetuksia juna-asemille siten, ettei ylitetä tehtaiden ja terminaalien BAU-tilasta johdettuja kapasiteetteja. Pinojen pintaosien poiston määrä vastaa BAU-tilaa. Tätä skenaariota voidaan rinnastaa myös juna-asemille kuljetusten kasvun sijaan/ohessa alus- ja uittolastauspaikkojen kuljetusten kasvuun.

Taulukko 5. Kustannuslaskennan skenaariot, kuljetusajat ja käyttöpaikkakohtaiset kuljetusmäärät tienvarsipinojen pintaosien poiskuljetuksella ja perinteisellä kuormaustavalla.

	BAU-tila	Sken1 – Terminaali+	Sken2 – Kuorinta & terminaali+	Sken3 – Asema+
Kuljetusten aikaväli	2.7.–24.7. (23 pv)	2.7.–15.7. (14 pv)	2.7.–15.7. (14 pv)	2.7.–15.7. (14 pv)
Kuljetusmäärä ennen määrää- raaika, m ³	88 355	88 355	66 018	88 355
Kuljetusmäärät – normaali kuorma, m ³				
Juna-asema	26 028	15 843*	8 289	44 369
Terminaali	23 424	42 783	22 000	14 258*
Tehdas	23 446	14 271*	6 529	14 271*
Kuljetusmäärät – pintaosien poisto, m ³				
Juna-asema	5 661	3 446*	11 000	9 494
Terminaali	4 444	8 753	7 200	2 705*
Tehdas	5 352	3 258*	11 000	3 258*
Yhteensä kuljetusmäärät, m ³				
Juna-asema	31 689	19 289*	19 289*	53 862
Terminaali	27 868	51 537	29 200	16 963*
Tehdas	28 798	17 529*	17 529*	17 529*
Pinojen pintaosien poisto- määrän suhde kuljetus- määrään ennen määrääi- kaa, %	17,5	17,5	44,2	17,5
Pinojen pintaosien kulje- tuksen jälkeen varastoon jäävä puumäärä, m ³	25 219	25 219	47 642	25 219
Kokonaispuumäärä, m ³	113 573	113 573	113 573	113 573

* vastaa BAU-tilan päiväkohtaisen kuljetussuorituksen mukaisesti laskettua määrää

Kuljetusmäärien ja kohdepaikkojen painotuserojen lisäksi skenaariot erosivat muutamilla parametriarvoilla (taulukko 6). Perustilan kuljettajapalkaksi oletettiin 18 €/h, kun taas vaihtoehtoskenaarioissa kuljetusmäärät kasvavat ja siten kuljettajien työajoissa oletetaan kasvua. Lisääntyvät viikonloppu-, iltavuoro- ja ylityötunnit kasvattavat palkkakustannuksia, joten oletettiin, että kuljetusten aikaistus nosti keskimääräistä tuntipalkkaa BAU-tilasta 1,8 eurolla 19,8 euroon tunnissa skenaarioissa 1 ja 3, ja vastaavasti 0,9 eurolla tunnissa skenaariossa 2. Terminaalivarastointitarpeen kasvaessa oletettiin, että uusia terminaalivarastoja otetaan käyttöön aiempaa kauempaa käyttökohteista (taulukko 6). Peruslaskennassa oletettiin, että varastoista kuormattiin 38 % varaston tilavuudesta pinon pintavaipan poiskuljetuksessa (LogForce-aineisto). Skenaarioissa 1 ja 3 oletettiin, että varastopinon pintavaipan poiskuljetuksessa kuljetukset kohdistuivat tienvarsivarastoihin, joista saatiin täydet kuormat, jolloin varastojen välistä siirtymää ei ole. Pinojen pintaosien kuljetuksessa kuorman täyttäminen kesti kaikissa skenaarioissa 1,2 tuntia pois lukien skenaariossa 2, jossa kuorma kesti 1,4 tuntia. Kasvun oletettiin johtuvan

lisääntyneestä varastomäärästä kuormaa kohden. Lisäksi skenaariossa 2 oletettiin, että metsätuholain kuljetusten määräajan jälkeiset sellukuusivarastojen kuljetusmatkat varastolta tehtaalle kasvoivat 105 kilometristä 115 kilometriin. Perinteisellä kuormaamisella kuorman keskimääräinen täyttöaika varastotoimintoiheen oli 1 tunti. Peruslaskennan lisäksi toteutettiin herkkyystarkasteluja, joissa tarkasteluun valituille muuttujille määritettiin vaihteluvälit (taulukko 7).

Taulukko 6. Laskentaparametrien arvot tarkastelluissa skenaarioissa puutavara-autokuljetuksissa.

	BAU	SKEN1	SKEN2	SKEN3
Kuormakoko, t	48	48	48	48
Tuoretiheyskerroin, t/m ³	0,8	0,8	0,8	0,8
Kuljettajan palkka, €	18,0	19,8	18,9	19,8
Pinovaipan poiston osuus pinovolyymistä, %	38	38	38	38
Matka terminaalista tehtaalle, km	45	60	50	45
Matka tienvarresta tehtaalle, km	105	105	105	105
Matka tienvarresta juna-asemalle, km	41	41	41	60
Matka tienvarresta terminaaliin, km	75	75	75	75
Matka tienvarresta tehtaalle määräajan jälkeen, km	105	105	115	105
Ajo pinojen välillä – normaali kuljetus, km	10	10	10	10
Ajo pinojen välillä, pinon pintavaipan poiskuljetus, km	0	0	15	0
Kuormausaika, h/kuorma	1,0	1,0	1,0	1,0
Kuormausaika pinon pintavaipan kuljetus, h	1,20	1,20	1,40	1,20
Kuormausaika terminaalissa, h/kuorma	0,7	0,7	0,7	0,7
Purkuaika (kaikki toimituspisteet), h/kuorma	0,5	0,5	0,5	0,5

Taulukko 7. Herkkyystarkasteluun valitut skenaariot, muuttujat ja niiden arvot.

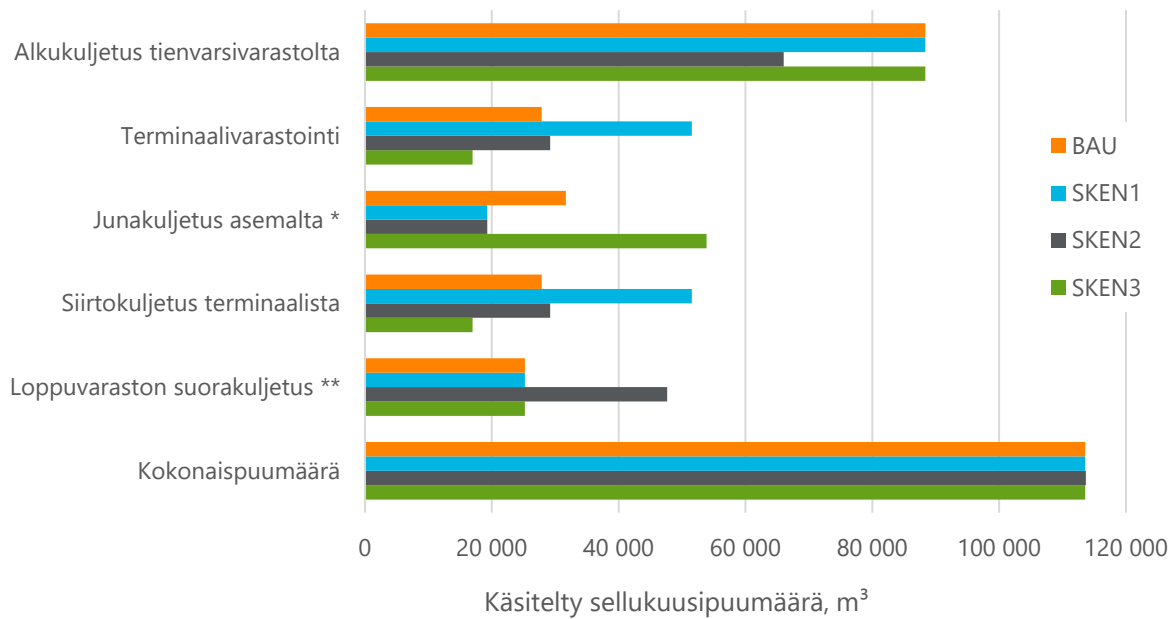
	Lähtöarvo	Skenaariot	Vaihtelu
Kuljettajan palkka	18,00 €	1, 2, 3	+10%, +20%
Terminaalin sijainti tehtaalta	45 km	1	+15%, +30%, +45%
Pinon pintaosan kuormauksen kesto	1,2 h/kuorma	2	+10%, +20%
Terminaalikustannus	2,68 €/m ³	1, 2	+15%, +30%
Matka tienvarresta tehtaalle määräajan jälkeen, km	115 km	2	-10%, +10%

Kustannuslaskenta

Logistiikkakustannusten laskennassa käytettiin NB-Nord-tutkijaverkostossa kehitettyä puutavara-auton kustannuslaskentamallia (Fjeld ym. 2021) ja erikseen laadittua puuterminalin kustannuslaskentamallia. Kustannuslaskenta toteutettiin 76-tonniselle puutavara-autolle, jonka vuotuinen käyttötuntimäärä oli 4 400 tuntia. Kustannuslaskennassa otettiin huomioon sekä auton muun ajan keskimääräinen käyttö että kohdistetut käyttömäärät ja toimintaparametrit sellukuusen kuljetuksille eri toimituspaikoille tutkimukseen rajatulla tarkastelujaksolla. Kustannuslaskentaan vaikuttavia muuttujia ja kustannustekijöitä on esitetty liitteen 1 taulukoissa 1–4.

Puutavaraterminaaliksi valittiin keskikoinen terminaali, jonka kokonaispinta-ala oli 2,5 hehtaaria. Käyttäen kerrointa 1,8 m³/m² saatiin terminaalin kapasiteetiksi 45 000 m³. Terminaalikustannusten yksikkölaskennassa määritettiin terminaalin läpi vuoden aikana kulkeva puutavara – 55 000 m³. Puutavaraterminaalin kustannukset muodostuivat uuden terminaalin investointikustannuksesta (ml. maapohjan arvo, pohjan teko, sorastus, tieliittymän teko, pohjaveden suojaus) ja siitä muodostetusta pääoma- ja korkokustannuksesta 15 vuoden laskenta-ajalle 3 %:n korolla. Terminaalikustannuksiin luettiin lisäksi vakuutus- ja ylläpitokustannukset. Toimintamalliltaan terminaali oli ns. kylmä terminaali, jossa ei ollut erillistä kuormaaajaa, vaan terminaaliin purku ja terminaalista kuormaus tapahtui puutavara-autojen omilla kuormaimilla. Terminaalivarastoinnin yksikkökustannukseksi sellukuusipuutavaralajille saatiin 2,68 €/m³.

Kuusipuutavaran kuljetusten aikaistamisen logistiikkakustannuksiin otettiin mukaan puutavara-autokuljetukset tienvarsipinoista päätoimituspisteille (juna-asema, terminaali ja tehdas), terminaalivarastointi ja jatkokuljetukset terminaalista tehtaalle 76-tonnisella puutavara-autolla. Nämä kustannukset muodostivat alkuosan logistiikkakustannukset. Loppuosan logistiikkakustannuksien oletettiin muodostuvan kuljetusten määräajan jälkeisten sellukuusivarastojen suorakuljetuksesta tienvarsivarastoilta tehtaalle puutavara-autolla. Tällä menetelmällä saatiin metsätuholainalaisen kuusisellupuun volyymimäärät vertailukelpoisiksi, jolloin kaikissa laskentatarkasteluissa (BAU, SKEN1, SKEN2 ja SKEN3) metsätuholainalainen puumäärä oli 113 573 m³. Kustannuslaskennan skenaarioissa käytetyt kuljetusmäärät on esitetty ennen määräaika ja määräajan jälkeen kuvassa 12.



Kuva 12. Sellukuusipuumäärät logistisen ketjun vaiheissa perustilassa (BAU) ja skenaarioissa 1–3.

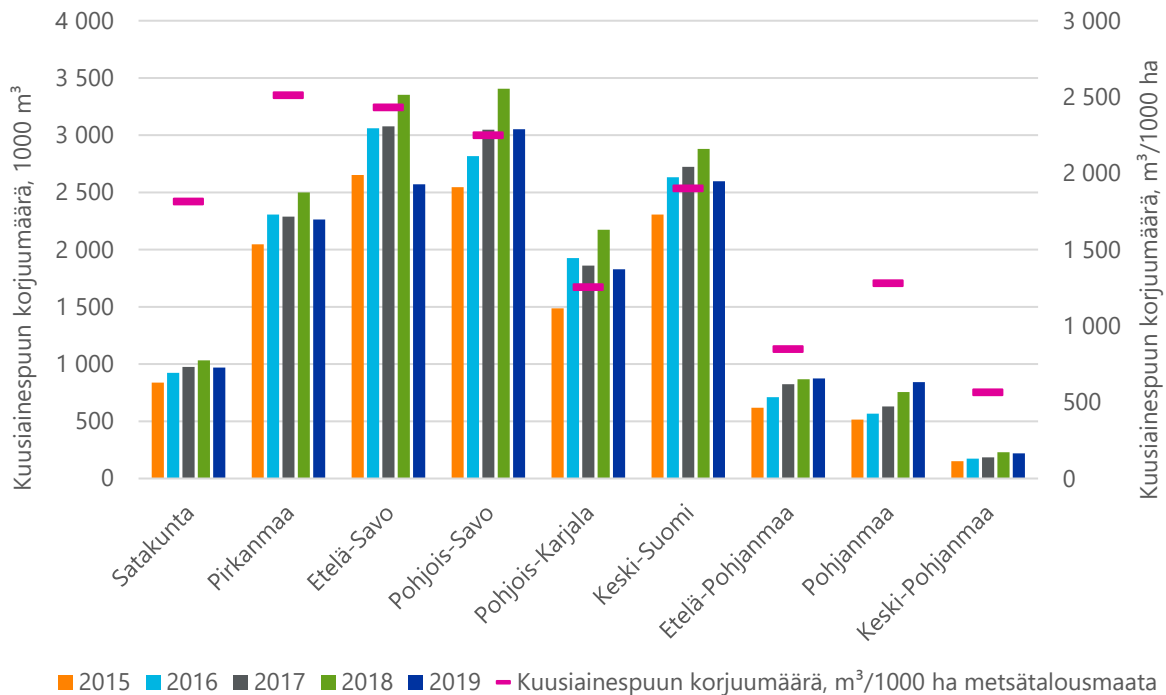
Määräajan aikaistaminen 9 päivällä vaikuttaa erityisesti kuusisellupuun kuljetuksiin ja ylimääräiseen varastointiin, mutta mahdollisen korjuun keskeytyksen kustannusvaikutus arvioitiin myös. Hakkuukoneen ja kuormatraktorin kustannuslaskentamalleilla laskettiin yhden ja kahden viikon keskeytysjakson vaikutus korjuun kustannuksiin. Laskennassa oletettiin, että keskeytysjaksolla maksettiin kuljettajille ns. takuupalkka ja korjuun vuosisuorite pieneni keskimääräisen päiväsuoritteen mukaisesti. Hakkuukoneen ja kuormatraktorin vuosisuoritteeksi perustilassa oletettiin 40 000 m³ ja keskimääräiseksi päiväsuoritteeksi 145 m³. Kuljettajapalkat olivat 16 €/h ja 14 €/h hakkuukoneen ja kuormatraktorin kuljettajilla. Kustannuslaskennassa käytettiin tasa-poistoa pääoman poiston laskennassa. Hakkuukoneen käyttöikä pidettiin laskentavaihtoehdosta riippumatta vakiona 5,8 vuotta ja kuormatraktorilla vastaavasti 6,5 vuotta.

Kuljetusten aikaistamisen kustannusvaikutus sellukuusipuulla osoitettiin vertaamalla skenaarioiden logistiikkakustannuksia perustilaan. Tämä kustannusvertailu sisälsi kuljetus-, käsittely- ja varastointikustannukset alkaen tienvarsivarastosta ja päättyen tehtaalte. Laskelmaolettamat eivät tuoneet muutoksia tehdasvastaanottomääriin perustilaan verrattuna, joten kustannusvaikutuksia ei laskettu puutavaran tehdasvastaanotolle. Lisäksi kustannusvaikutuksiin (logistiikkakustannuksiin) arvioitiin mahdollisten korjuukeskeytysten vaikutus yhden ja kahden viikon osalta. Kustannusvertailussa lasketut yksikkökustannukset, laskenta-ajan kuljetusmäärät (heinäkuu) ja sellukuusen kuljetusmäärät keskimäärin vuoden aikana (LogForce-aineisto 2015–2019) antoivat mahdollisuuden arvioida sellukuusen kuljetusten aikaistamisen kustannusvaikutusta vuositasolla. Sellukuusen kuljetusmäärä neljän vuoden keskiarvona oli 1 151 178 m³ ja vastaavasti heinäkuun tarkasteluajanjaksolla 113 573 m³. Sellukuusen osuus tarkastelujaksolla oli siten 9,9 % koko vuoden kuljetuksista sellukuusella.

3.3. Tulokset

3.3.1. Luken tilastotietokanta

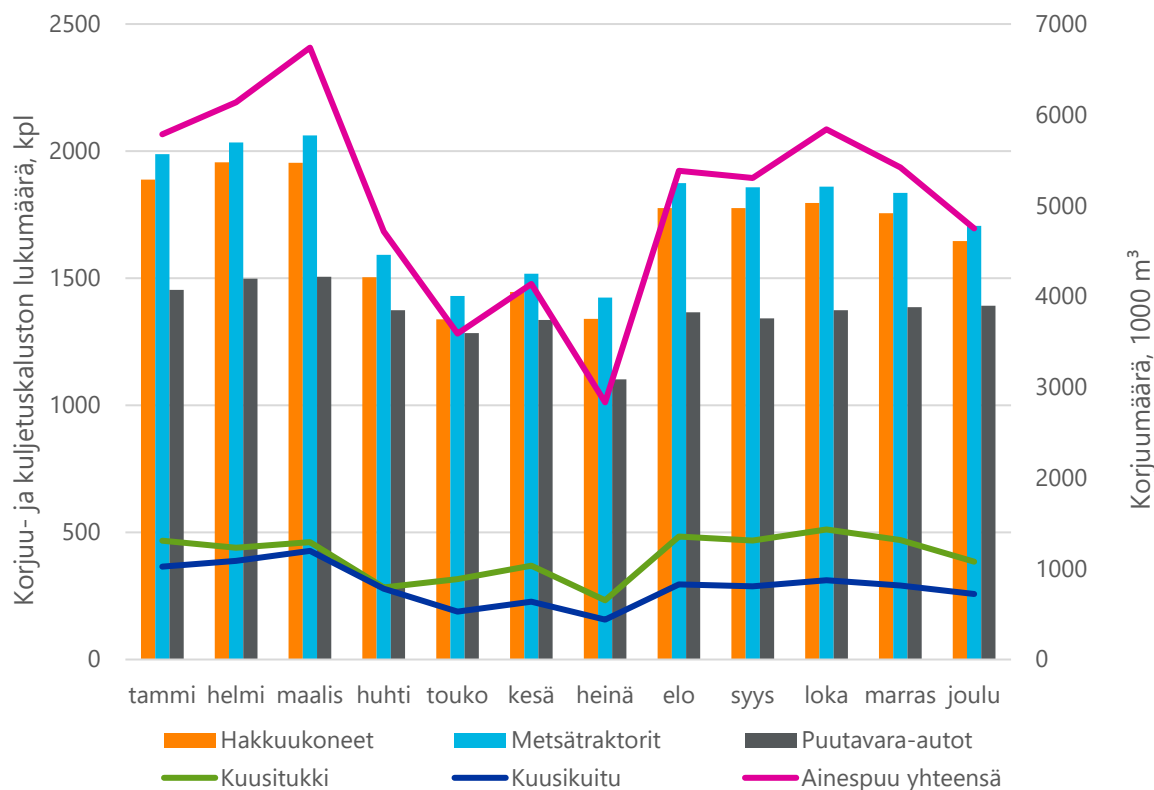
Pirkanmaa, Pohjois-Savo, Etelä-Savo ja Keski-Suomi erottuvat muista maakunnista, kun tarkastellaan kuusiainespuiden korjuumääriä vuosilta 2015–2019 sekä keskimääräisen vuoden korjuumäärää 1 000 hehtaarille metsätalousmaa-alaa (VMI 12/13) B-alueella (Kuva 13). Vastaavalla ajalta kuusiainespuiden (tukki- ja kuitupuun) osuus teollisuuden koko ainespuunkorjuusta B-alueella on ollut 42 %:n tasolla, kun tarkastelussa on mukana yksityismetsien, valtion ja metsäyhtiöiden metsistä korjattu ainespuu. Koko Suomen hakkuisiin suhteutettuna B-alueen osuus on ollut keskimäärin 62 % kuusikuidun ja 65 % kuusitukin kokonaiskorjuumäärästä (Luke stats 2020). Painopaperien kysynnän vähenemisen myötä kuusikuitupuun tarve mekaanisen massan valmistuksessa on laskenut nopeasti viime vuosina ja vastaavasti kuusen käyttö kemiallisen massan valmistuksessa on kasvanut. Vuodesta 2015 vuoteen 2019 sellukuusen suhteellinen osuus kuusikuitupuun kokonaismäärästä on noussut 35 %:sta 48 %:iin Suomessa (Luke stats 2020).



Kuva 13. Kuusiainespuiden korjuumäärät ja keskimääräisen vuoden korjuumäärä 1 000 hehtaarille metsätalousmaata (VMI 12/13) B-alueen maakunnissa.

Maakunnallisia tilastoja korjuu- ja kuljetuskaluston määrästä ei ole, mutta muutokset kuukausitasolla ovat yleistettävissä B-alueelle koko Suomen tilastoaineistosta. Korjuun ja erityisesti puutavara-autokaluston käytön osalta heinäkuu on hiljaisin kuukausi (kuva 14). Keskimääräiseen kuljetuskuukauteen verrattaessa heinäkuussa puutavara-autoja on käytössä 81 %. Puutavara-autojen käytön osalta kesäkuu on keskimääräinen kuukausi. Silloin kuljetukset painottuvat metsätuholainalaisen mäntykuidun poiskuljettamiseen A- ja B-alueella sekä havutukkien sahoille kuljettamiseen ennen sahojen lomajaksoa. Heinäkuussa painopiste siirtyy havupuutavara metsätuholainalaisen sellukuusen poiskuljettamiseen tienvarsista juna-asemille, terminaaleihin ja tehtaille. Nämä tiedot täsmentyivät LogForce-aineiston analyyseissä B-alueelta. Tämän

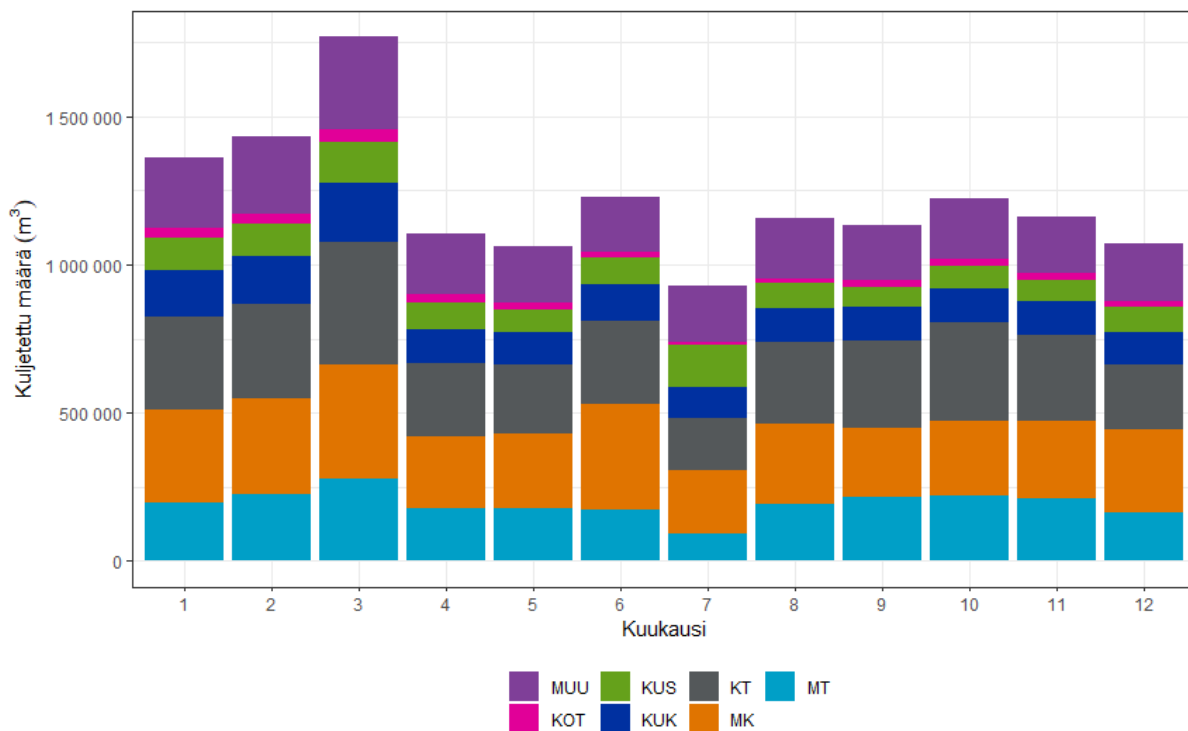
tiedon valossa puutavara-autokalustokapasiteetti riittää metsätuholainalaisten kuusiselluvarastojen tyhjentämiseen heinäkuun aikana 9 päivää lyhyemmässä ajassa. Lisäksi kuljetuskalustoa on siirrettävissä alueelta toiselle kuljetustilanteen niin vaatiessa.



Kuva 14. Korjuu- ja kuljetuskaluston käyttömäärät sekä kuusitukin, kuusikuidun ja ainespuun korjuumäärät kuukausittain (keskiarvot vuosilta 2015–2019). (Luke stats)

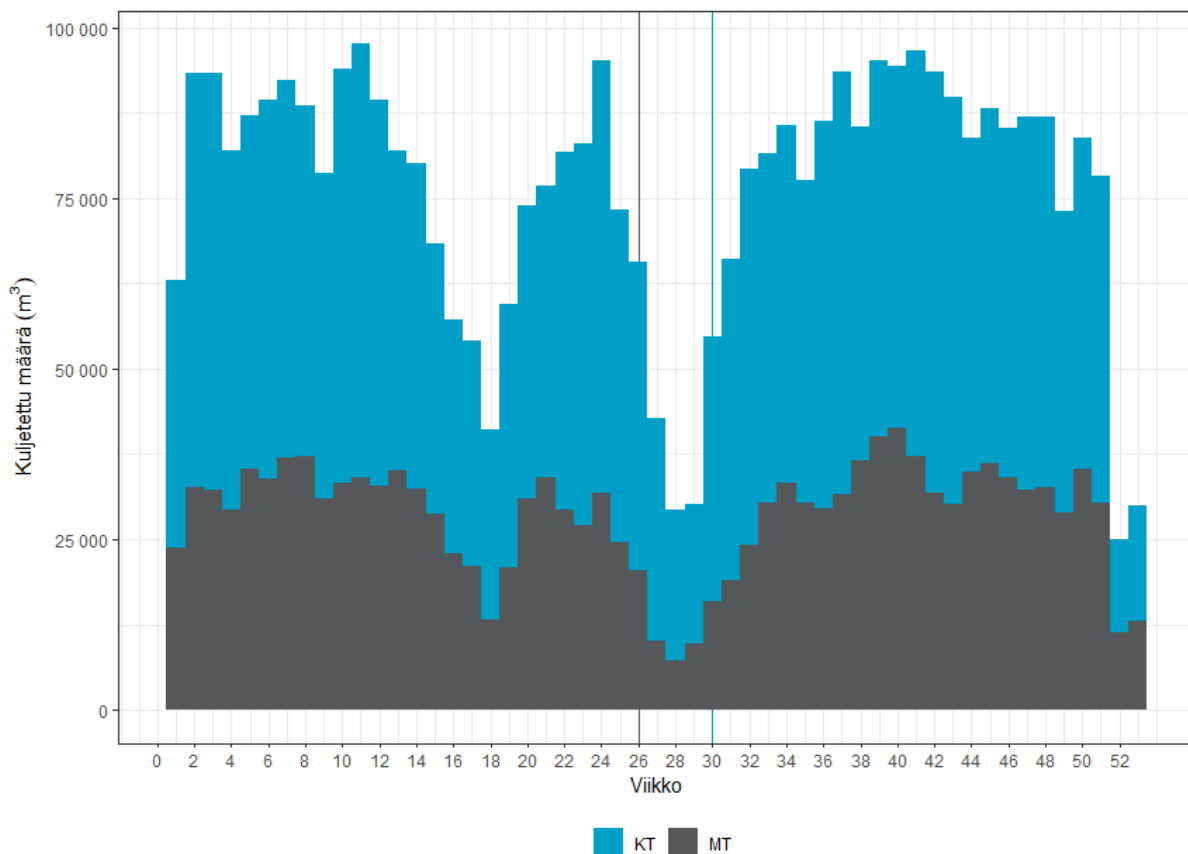
3.3.2. LogForce-aineiston analyysit B-alueella

Neljän vuoden tarkastelu osoitti kuljetusten painottuvan talvikuukausiin maaliskuun ollessa selvästi muita suurempi (kuva 15). Vastaavasti heinäkuun kuljetusmäärä oli muita kuukausia pienempi. Sellukuusen suuret kuljetusmäärät maaliskuussa selittyvät suuremmilla kuljetusmäärillä talvikuntoisilta teiltä terminaaleihin ja välivarastoihin, ja heinäkuussa tienvarsi- ja välivarastojen tyhjentämisestä asemille, terminaaleihin ja tehtaisiin ennen metsätuholain määräaika.



Kuva 15. Keskimääräiset kuljetusmäärät neljältä vuodelta 2015–2019 kuukausittain ja puutavaralajeittain tienvarsivarastoista (LogForce-aineisto, B-alue). MT = mäntytukki, mäntypikkutukki, mäntypylväs; MK = mäntykuitu, havukuitu; KT = kuusitukki, kuusipikkutukki, sorvitukki, kuusipylväs; KUK = kuusikuitu; KUS = sellukuusi; KOT = koivutukki; MUU = muut puutavaralajit.

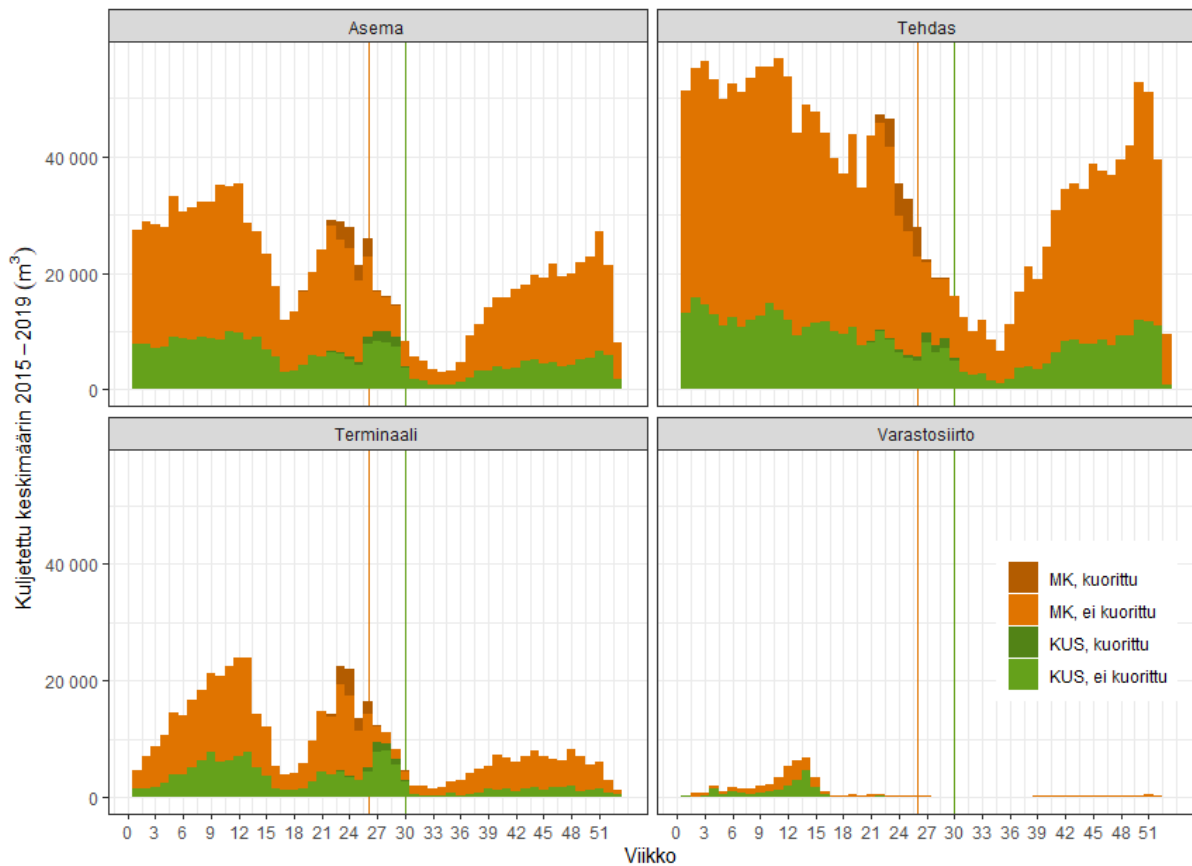
Kuva 16 kertoo sahojen kesälomajakson keskimääräisestä ajoittumisesta heinä-elokuulle. Kuusi- ja mäntytukkien kuljetukset tienvarsivarastoista sahoille vähenevät selvemmin jo ennen heinäkuuta jatkuen keskimääräistä pienempinä kuljetusmäärinä aina heinäkuun loppupuolelle asti. Ennen vuoden loppua ja kevään kelirikkoaikaan kuljetukset tienvarsivarastoista sahoille vähenevät myös. Tuolloin välivarastoista ja terminaaleista toimitettavan tukkipuun määrä kasvaa.



Kuva 16. Mänty- ja kuusitukin kuljetukset sahoille viikoittain keskimäärin vuosina 2015–2019 LogForce-aineistosta B-alueelle laskettuna. Puutavaran poiston määrärajat on merkitty ylemmään kuvaan pystyviivoin männylle 1.7. (musta viiva) ja kuuselle 24.7. (sininen viiva).

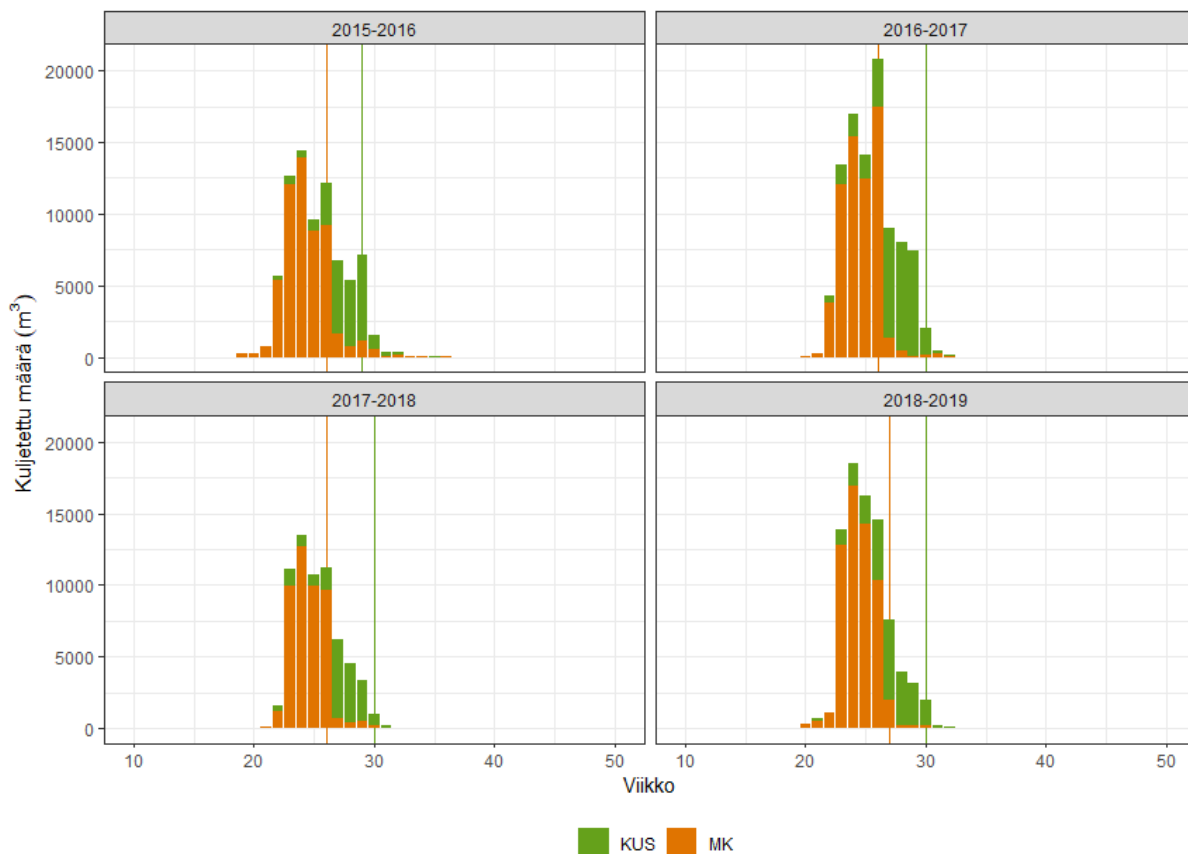
Viikkotason kuljetusmääristä tienvarsivarastoista toimituspisteisiin havukuitupuulla (mäntykuitu ja sellukuusi) havaitaan suurta vuodenaikaista vaihtelua talvikaudella hakatulla puulla (kuva 17). Havukuitupuulla kuljetusmäärien pudotus on selkeä ja jatkuva kesäkuun alusta elokuun loppuun saakka (viikot 21–39). Männyllä kuljetusmäärät tienvarsivarastoista terminaaleihin ja asemille kasvavat kelirikkokauden jälkeen ja pienenevät selvästi metsätuholain asettaman kuljetusten määräajan jälkeen (määräaika kuvassa viikolla 26). Vastaavasti sellukuusella kelirikon jälkeen kuljetusten kasvu on maltillisempi ja kuljetukset voimistuvat heti männyn määräajan jälkeen. Tämä on nähtävissä erityisesti puutavaran kuljetuksissa terminaaleihin ja juna-asemille (kuva 17). Kuvasta voidaan havaita myös männyn ja kuusen osalta puutavarapinojen pintavaipan poiston ajoittuminen sekä kuljetusten porrastuminen ensin männylle ja männyn määräajan jälkeen kuuselle. Kuusen osalta viimeisten neljän viikon aikana ennen kuusen metsätuholain kuljetusten määräaikaa kuljetukset asemille, terminaaleihin ja tehtaalle jakautuvat karkeasti kolmasosaan kullekin. Suuri asema- ja terminaalivarastoinnin osuus kertoo, että tehtaait eivät kykene vastaanottamaan enempää puuta (tehtaiden varastokapasiteetti rajoittaa). Sen vuoksi kuljetukset ohjataan muihin kohteisiin, joissa kyseistä puuta voidaan varastoida ennen jatkokuljetusta tehtaalle joko rautateitse tai maanteitse. Merkittävä osa kuljetetusta puumäärästä sellutehtaalle muodostuu kesäaikana puuvirroista, jotka tulevat rautateitse junaterminaaleista, vesiteitse alus- ja uittoterminaaleista ja maanteitse maantieteterminaaleista. Näin ollen kuvan tienvarsitoimitukset tehtaalle täydentyvät edellä mainituilla kuljetustavoilla siten, että tehtaiden puunkäyttö pysyy tasaisena vuoden ympäri. Sekä mäntykuidun että sellukuusen varastosiirto ajoittuu lähes yksinomaan talvikuukausille (tammi-huhtikuu) ja siellä erityisesti maaliskuulle ja huhtikuun alkuun. Viikolta 35 alkaa seuraavan ”talvikauden” korjuukohteista puiden

kuljetus toimituspaikoille. Sitä ennen käytännössä lähes kaikki edellisen talven puut on kuljetettu jo tehtaille. Esimerkiksi varastot, joista pinon pintaosa on kuljetettu jo aiemmin, kuljetaan reilun kuukauden aikana elokuun loppuun mennessä.



Kuva 17. Talvikaudella hakatun mäntykuidun (MK) ja sellukuusikuidun (KUS) keskimääräiset viikkokuljetukset 2015–2019 valituille toimituspisteluokille. Määräajat (1.7. mänty ja 24.7. kuusi) on merkitty pystyviivoin (LogForce-aineisto, B-alue).

Tienvarsipinojen pintavaipan poiskuljetusten aikaväli oli mäntykuidulla viikoilla 19–30 ja sellukuusella viikoilla 21–31 (kuva 18). Keskimäärin noin 80 % pinojen pintavaipan poiskuljetuksesta kohdistuu viimeisten neljän viikon ajanjaksolle ennen kuljetusten määräaikaan sekä mäntykuidulla että sellukuusella. Etenkin sellukuusella osalta pinojen pintavaipan poiskuljetus kasvaa merkittävästi heti männyn metsätuholain määräajan jälkeen. Kuvasta voidaan siten havaita kuljetusten määräaikojen porrastuksen tuoma mahdollisuus jakaa kuljetusresursseja ensin mäntykuitupuun ja sitten kuusellupuun poiskuljettamiseen. Vastaava porrastus on nähtävissä myös edellisessä kuvasarjassa kuvassa 17.

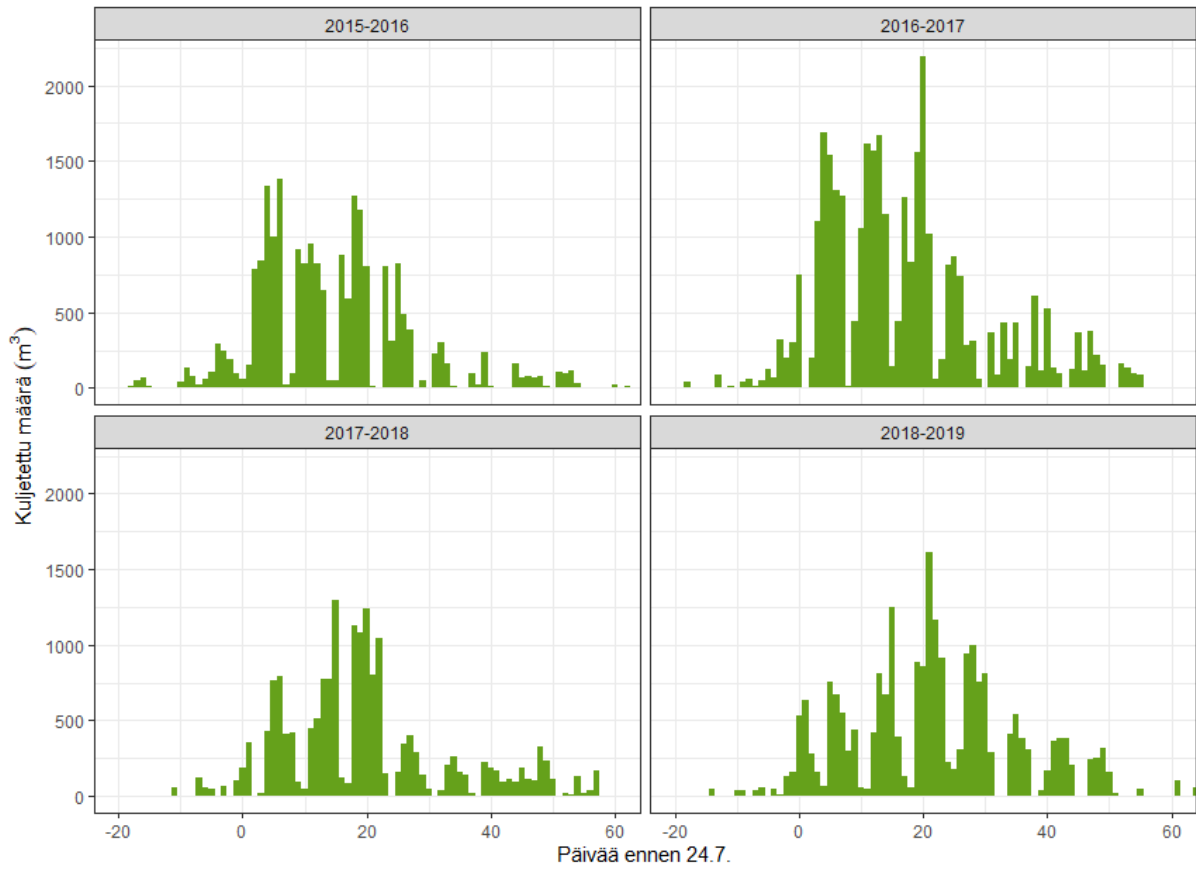


Kuva 18. Sellukuusi- ja mäntykuitupuun kuorinnan ajoittuminen. Määräajat (1.7. mänty ja 24.7. kuusi) on merkitty pystyviivoin (LogForce-aineisto, B-alue).

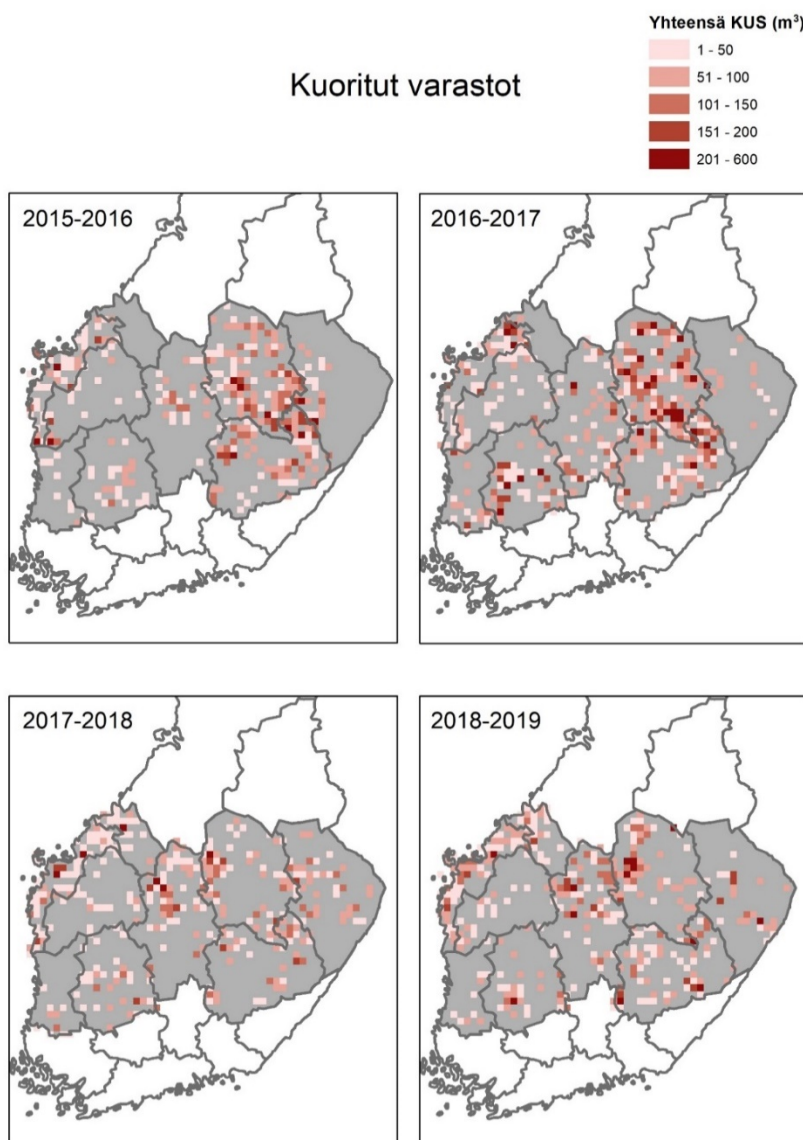
Pinon pintavaipan poiskuljettaminen kohdistuu viikon arkipäiville (kuva 19). Viikonloppukuljetukset ovat hyvin vähäisiä, mutta niiden osuus tosin kasvaa hieman, kun lähestytään määräaikaa. Jakauman muoto ja suhteet päivien osalta vaihtelevat vähän eri vuosien välillä.

Tienvarsipinojen pintavaipan poiston määrät vaihtelevat tutkimusvuosien välillä (kuva 19). Alueellisiin eroihin vaikuttavat sekä tehdasinvestointien ja niiden puunhankinnan ajoitus että tarkasteluvuoden talviaikaiset hakkuumäärät (varastotila) ja kelirikon ajoittuminen (kuva 20).

Keskimääräiset varastointiajat eri kuljetuskuukausille laskettuina osoittivat, että etenkin mäntykuitua ja kuusisellua varastoidaan talvella pitkään. Heinäkuussa kuljetettua ja talvijaksolla hakattua sellukuusta oli varastoitu keskimäärin 104 päivää ja kuusikuitupuuta 53 päivää. Vastavasti kuusitukkaa oli heinäkuussa varastoitu keskimäärin 17 päivää. Kesällä ja syksyllä hakattu mekaanisen kuidutuksen kuusikuitu varastoidaan hyvin lyhyen aikaa (keskimäärin 15–20 päivää), jotta tuoreus säilyy prosessiin asti.

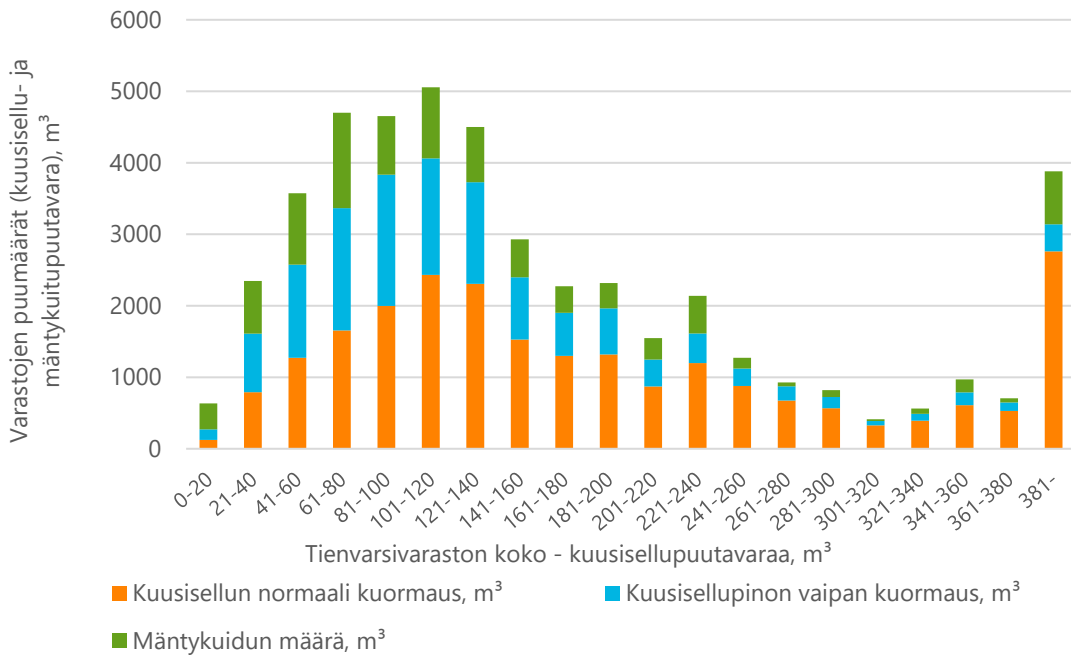


Kuva 19. Sellukuusikuitupuupinojen pintavaipan poiston ajoittuminen ennen määräaika (LogForce-aineisto, B-alue).

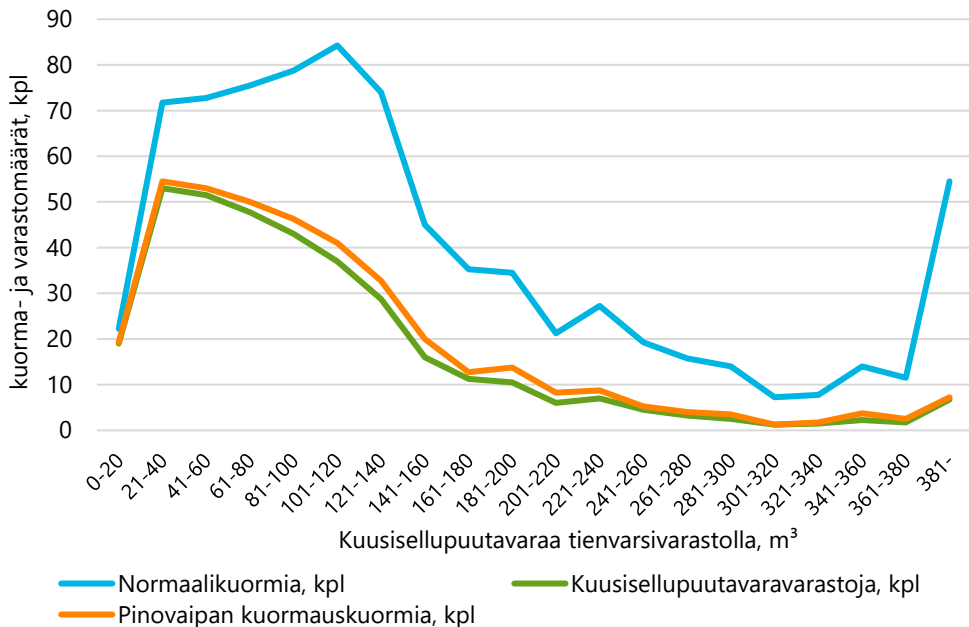


Kuva 20. Sellukuusikuitupuubarastojen pintaosan poistomäärät 10 km x 10 km alueilla vuosittain (LogForce-aineisto, B-alue).

Heinä-elokuussa kuusisellupuutavaran pintaosan kuljetus kohdistui kaikenkokoisiin tienvarsivarastoihin (kuva 21). Pienemmissä pinokokoluokissa 21–100 m³ pintaosan kuljetuksen osuus oli lähes puolet koko sellukuusipuutavarylajipinon tilavuudesta. Sitä suuremmissa tienvarsivarastoissa pinojen pintaosan kuljetuksen osuus pieneni tasaisesti. Pintaosan kuormaus ja poiskuljetus pienentää edelleen jo pienien kuusisellupuutavaran tienvarsivarastojen kokoa, joista ei saada enää täysiä kuormia samalta varastolta. Toisaalta samoissa varastoissa on usein mäntykuitupinoja, joilla voidaan täyttää kuormaa. Kuusisellupuu ja mäntykuitupuu menevät usein samalle käyttöpaikalle. Kuvan 22 perusteella heinäkuussa kuusisellupuun tienvarsivarastojen pintaosaa käydään kuormaamassa ja kuljettamassa kerran varastoa kohden. Jatkokuormausten lukumäärän kasvu varastoilla osoittaa, että merkittävä osa pienemmistä varastoista on ns. kuormantäyttövarastoja hyvien kuljetusreittien varsilla ja siten varastoista täytetään useampaan kertaan jo osin kuormattuja puutavara-autoja.



Kuva 21. Heinä-elokuussa kuljetetun kuusisellupuutavarylajin määrät varastokohtaisen kuusisellupuumäärän mukaan tienvarsivarastoissa B-alueella keskimäärin vuosina 2016–2019. Kuusen pintavaipan poiskuljetusvarastoissa olleen mäntykuitupuun määrä mukana (LogForce-aineisto, B-alue).

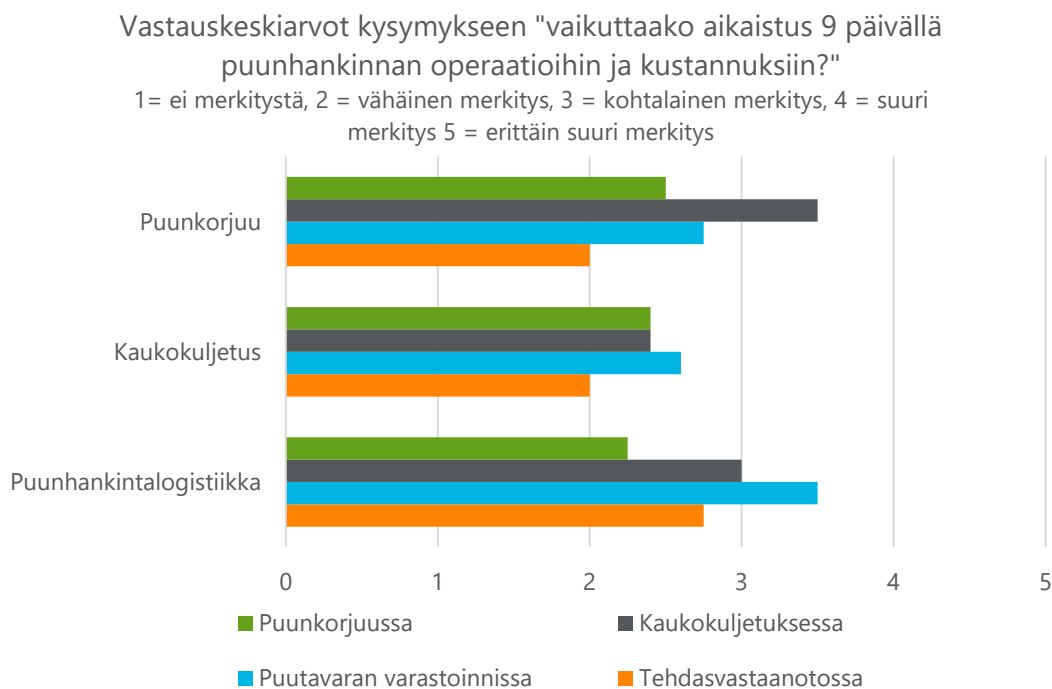


Kuva 22. Heinä-elokuussa kuljetetun kuusisellupuun kuorma- ja varastomäärät varastokohtaisen kuusisellupuumäärän mukaan tienvarsivarastoissa B-alueella keskimäärin vuosina 2016–2019; normaalikuormat, pinovaipan kuormauskuormat ja varastomäärät (LogForce-aineisto, B-alue).

3.3.3. Haastattelut

Yhteinen näkemys vastaajilla oli, että aikaistussuunnitelma kuusipuutavaralle kohdistuu pelkääntään metsätuholainalaisessa varastoinnissa olevaan sellukuuseen. Vastausten mukaan B-alueen vuodenaikaisesta puunhankinnasta sellukuusi edustaa noin 9–10 %. Tosin osuus tulee kasvaamaan sellun kysynnän kasvaessa ja hiokekuusen vähetessä. Kuusihiokepuulla on tiukat laatuvaatimukset, ja siksi puun tulee olla tuoretta mekaaniseen prosessiin. Liitteessä 2 on tuotu esille haastateltujen kommentteja aiheeseen liittyen.

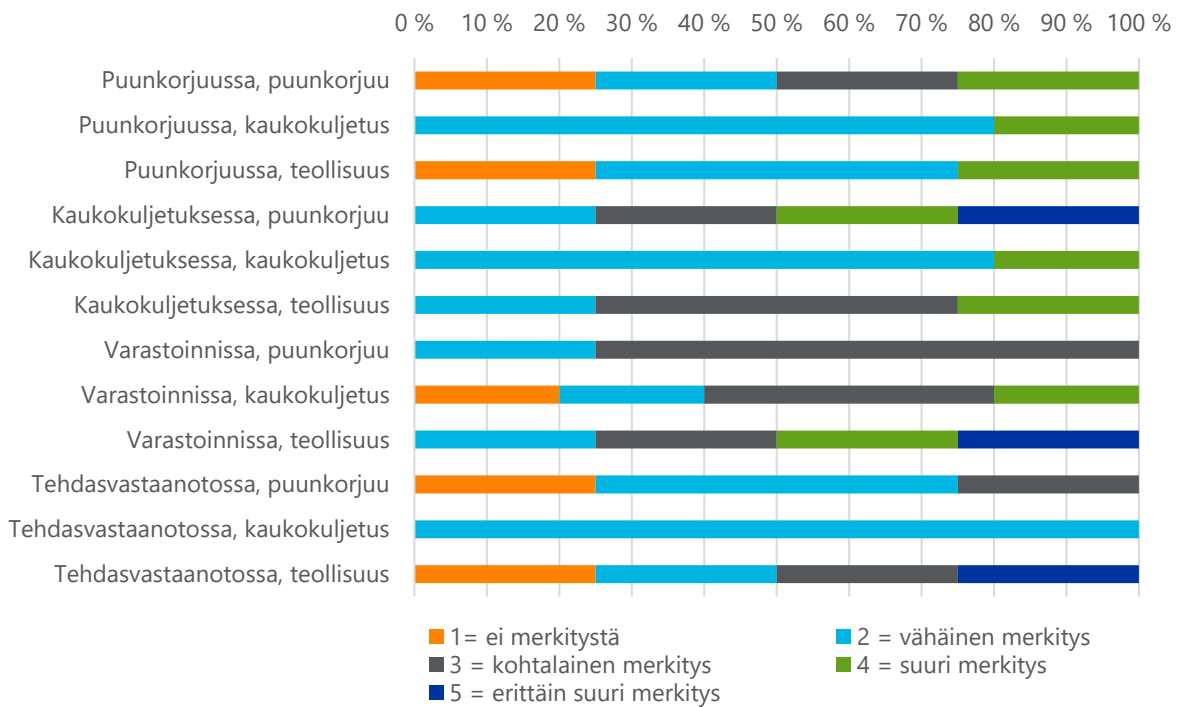
Puunkorjuussa toimivat arvioivat kuusipuutavaran kuljetusten aikaistuksen vaikutuksen operaatioihin ja kustannuksiin muita suuremmaksi puutavaran kaukokuljetuksessa (keskiarvo 3,5) (kuva 23). Kaukokuljetuksessa toimivat vastaavasti arvioivat vaikutukset juuri kaukokuljetukseen muita ryhmiä pienemmäksi (keskiarvo 2,4). Puunhankintalogistiikan suunnittelussa toimivat arvioivat puutavaran varastoinnille kohdistuvan suurimmat vaikutukset (keskiarvo 3,5). Kaikkien vastaajien kesken kuljetusten aikaistus kuusipuutavaralle aiheuttaisi tehdasvastaanottoon pienimmän vaikutuksen (keskiarvo 2,2) ja suurimmat vaikutukset kaukokuljetukseen ja puutavaran lisävarastointiin (keskiarvo 2,9 molemmilla).



Kuva 23. Millainen vaikutus on operaatioihin ja kustannuksiin metsätuholainalaisen kuusipuutavaran kuljetusten aikaistamisella 9 päivällä? Vastauskeskiarvot vastaajaryhmittäin puunhankinnan eri vaiheisiin.

Huomionarvoista oli merkitystasojen suuri vaihtelu miltei jokaisessa vastaajaryhmässä ja puunhankinnan eri vaiheissa (kuva 24). Vastausvaihteluihin vaikutti B-vyöhykkeen eri alueilla toimivien vastaajien puunhankintatila eli millainen merkitys ja vaikutus metsätuholainalaisella havupuulla on omaan toimintaan logistiikkaketjussa. Toisin sanoen mitä suurempi osuus metsätuholainalaisesta havupuusta oli hankinnassa, sitä suurempi merkitys aikaistamisella katsottiin olevan. Esimerkiksi yksi korjuuyrittäjistä ei kokenut aikaistuksella olevan lainkaan vaikutusta korjuuseen, mutta toinen koki aikaistuksella olevan suuri merkitys korjuuseen ja sen kustannuksiin. Perusteluna oli, että metsätuholainalaisen puun suuret varastot voivat lisätä rajoitusten määrää hakkuisiin. Toisaalta esitettiin, että puun kysynnän nopeat muutokset, uudet

tehdasinvestoinnit ja tehtaiden sulkemiset (suuret kysyntämuutokset) vaikuttavat enemmän korjuutoimintaan kuin 9 päivän aikaistus kuusipuutavaralla, joka kohdistuisi vain lähinnä sellukuuseen. Yksi korjuuyrittäjistä muistutti, että sama metsätuholaki koskee myös energiapuun hankkijoita, jos korjataan havupuuvältaista energiapuuta. Näitä harvoin kuljetetaan kesän aikana muualle tienvarsilta. Kuljetusten aikaistuksen vaikutuksia ei kuitenkaan voitu arvioida kovinkaan täsmällisesti. Arviointiin vaikuttivat sekä vastaajan subjektiivinen käsitys vastausasteikon merkitystasoista että epävarmuus aikaistuksen vaikutuksista kustannuksiin.



Kuva 24. Millainen vaikutus metsätuholainalaisen kuusipuutavaran kuljetusten aikaistamisella yhdeksällä päivällä on operaatioihin ja kustannuksiin? Vastausten jakauma vastaajaryhmittäin ja puunhankinnan eri vaiheisiin.

Korjuuyrittäjien mukaan kuusivaltaisten kohteiden harvennukset painottuvat talvijaksolle, vaikkakin harvennuksia on viime vuosina toteutettu myös kesällä ja syksyllä hyvissä korjuuolosuhteissa. Vastaajat näkivät, että konevarustelu, korjuutavat ja sopivimpien kohteiden valinta korjuuseen ovat kehittyneet kesäaikaisessa korjuussa kuusikkovaltaisilla kohteilla. Päätehakkuita tehdään kuusen osalta ympäri vuoden suhteellisen tasaisesti pois lukien heinäkuu (sahojen kesäloma-aika), jolloin korjuumäärät laskevat selvästi. Yhteinen näkemys oli, että kausivaihtelu on hieman tasaantunut aiemmasta. Metsätuholainalaisten puiden kuten erityisesti mäntykuidun määräaika (1.7.) ja varastojen koko, voivat vähentää kesäkuun hakkuumääriä, vaikka korjuuolosuhteet olisivat suotuisat. Kaikki korjuuryhmän vastanneet toivat esille juuri metsätuholainalaisten puiden varastotasojen osavaikutuksen touko-kesäkuun aikana pieneneviin korjuumääriin ja korjuuseisokkeihin.

Kuusikuidun osalta kuljetukset ovat talvipainotteisia B-alueella erityisesti silloin, kun kuusen osuus hankinnasta on suurempi. Kuusitukkaa, kuusikuitua ja etenkin sellukuusta varastoidaan talviaikaisista hakkuista kulkukelpoisten teiden varsille ja autoterminaaleihin sekä kuljetetaan juna-asemille ja uittopaikoille. Talviaikaisissa hakkuissa varastoitua sellukuusta kuljetetaan käyttöön kevään ja kesän aikana kuljetusten määräaikaan asti. Talven aikana kuusikuitua on ajettu keskisessä Suomessa pakkasvarastoihin. Sahojen lomien jälkeen kuusitukin tarve on

suurta ja hakkuut nousevat usein yli kuukausikeskiarvon. Vastauksissa tuli kuljetusten osalta esille, että korjuu- ja kuljetusolosuhteet, varastotasot ja tehtaiden tarpeet määrittävät puutavaran kuljetuksen rytmin.

Kuljetusyrittäjien mukaan terminaaleihin ja välivarastoihin tehdään talvihakkuiden kohteilta siirtoja, jotka painottuvat erityisesti maaliskuuhun. Pakkasvarastoihin ajetaan kuusipaperipuuta jo tammi–helmikuussa. Terminaaleista ja välivarastoista aloitetaan ajaminen kelirikko-kauden alkaessa (huhti–toukokuussa), ja ajo jatkuu tehtaiden tarpeen ja metsätuholain määrärajojen mukaisesti. Osa vastaajista toi esille puunhankkijan ja käyttöpään tuomat rajoitteet, jotka vaikuttavat terminaalien tyhjentämisen ajankohtiin. Muutoin terminaaleja ja välivarastoja käytetään ympäri vuoden siten, että varastokierto on yhteydessä puun käyttöön. Terminaalien ja välivarastojen käyttö omassa toiminnassa oli suorassa suhteessa metsätuholainalaisen puun määrään ja suhteeseen. Siten keskinen Suomi (erityisesti Keski-Suomi, Pohjois-Savo, Etelä-Savo ja Pirkanmaa) suurimpina kuitupuun hankinta-alueina näkyi terminaalien käytön osaltakin yrittävistä.

Suurten toimijoiden puunhankintalogistiikkaa edustavat vastaajat toivat hyvin samankaltaisia vastauksia korjuun ja kuljetusten vuodenaikaisesta toteutuksesta ja ajoituksesta. Tehtaat ja sahat toimivat tasaisesti ympäri vuoden, pois lukien sahojen kesälomat ja tehtaiden huolto-oseisokit keväällä tai syksyllä. Huoltoseisokeilla on kyseisenä aikana alueellinen vaikutus puukuljetuksiin. Näihin varaudutaan hyvissä ajoin ja siten ne ovat hyvin hallittavia. Kuusikuiduille ja sellukuuselle kuljetuksia tapahtuu puskurointiin ja pakkasvarastoihin tammi-huhtikuussa. Esille tuotiin myös kevätkelirikon aikaistuminen, joka osaltaan toisi helpotusta metsätuholainalaisten puiden poiskuljetukseen ennen kesän määräaikoja. Lisäksi osa vastaajista toi esille parantuneen ennakkoinnin ja siten paremman varastojen hallinnan aiempaa parempien suunnittelujärjestelmien avulla.

3.3.4. Keinoja metsätuholainalaisen kuusipuutavaran aikaistetulle kuljetukselle

Tärkeänä logistisena asiana tuotiin esille määräaikojen porrastus männyn ja kuusen osalta. Se tuo mahdollisuuden ohjata kuljetuksia ensin mäntykuidulle ja lopuksi sellukuuselle. Nykyisessä tilassa määräpäivien välinen aika on 24 päivää. Tuotiin myös esille talvihakatun ja varastoidun sellukuusen huono kuoriutuminen kuorimorummyissä verrattuna tuoreeseen kuuseen kesällä. Siten itse selluprosessia ajatellen pitkä kesäaikainen varastointi ei ole hyväksi. Olennaista olisi myös ennakoida tehtaiden tulevia muutoksia puunkäytön suhteen. Tällä ennakkotiedolla voitaisiin vaikuttaa varastojen kokoihin. Myös talvien vaikutus kiireeseen tuotiin esille; jos talvella on hyvät olosuhteet kuusen päätehakkuille sekä harvennuksille, kesäaikainen kuljetustarve voi silloin kasvaa.

Kuljetusyrittäjistä osa arvioi aikaistuksen tuovan hieman lisäkiirettä ja tarkempaa ajoittamista kuljettajien lomiin, jotta kuljettajaresurssit olisivat riittävät kuljetuksille määräaikaan mennessä. Nykyinen porrastus männyn ja kuusen määräaikojen osalta on toiminut hyvin ja aika on riittävä, kun huomioidaan vielä useimpien sahojen lomajaksot heinä-elokuussa. Kuljetusten lisäpainetta kuuselle pyrittäisiin tasaamaan lomien ajoittamisen lisäksi myös pinojen pintaosan poiskuljetamisen lisäämisellä ja lisääntyvällä kuljetuksella terminaaleihin. Toisaalta ongelmaksi koettiin myös se, ettei aina ole riittävästi varasto- tai tehdasvastaanottoa, johon metsätuholainalaisen puun voisi viedä. Siksi muutamat kuljetusyrittäjistä ennakoivat lisäterminaalitarpeen kuljetusten aikaistamisesta aiheutuvan terminaalien ja tehtaiden vastaanottorajoitusten takia. Kaukokuljettajien ryhmästä yksi vastaajista arvioi, että tehtaiden puunhankinnassa on siirrytty ja siirrytään kaiken aikaa pienempiin tienvarsivarastomääriin ja siten nopeampaan varastokierto. Eräs kuljettajayrittäjä toi esille toimintamallin, jossa ennen määräaikaan kuljetettavan

mäntykuitupinon pintavaippa kuormattiin ja samalta varastolta täytettiin kuormaa sellukuuksella, minkä jälkeen kuorma ajettiin sellutehtaalle erillisinä nippuina (ts. alle rekkakuorman kuusierät mänty-kuusivarastolta pois täysinä kuormina).

Puunhankinnan toimituslogistiikanohjausta edustaneet kokivat, että aikaistus kuusen osalta on hallittavissa, mutta se edellyttää hieman enemmän puun terminaaliavarastointia ja siten lisää terminaalikapasiteettia (uusia terminaaleja), sillä kaikkea ei saada vastaanotettua tehtaille. Tuotiin myös esille näkemys, että aikaistaminen edellyttää lisää kuljetusresursseja ja äärevöittää kuljetusresurssien käyttöä, sillä muuttuneelle lyhyemmälle aikaikkunalle tarvitaan riittävät resurssit (kalusto ja kuljettajat) kuljetuksiin, jotta puutavara voidaan kuljettaa ennen määräaika. Tätä lisääntyvää kuljetustarvetta tulee ennakoida varastojen hallinnan ja kuljetusten suunnittelun ja toteutuksen osalta. Monet lähekkäin olevat aikarajat aiheuttavat kiirettä, jolloin toiminta on myös alttiimpi mahdollisille muutoksille (esim. hankalat tieyhteydet sadejaksojen takia). Vastaajista yksi arvioi, että puun suoratoimitukseen verrattuna terminaaliavarastoidulle puulle tulee 3–4 €/m³:n lisä logistiikkakustannukseen, jonka suuruus riippuu terminaalin sijainnista suhteessa lähtöpisteisiin ja tehtaaseen. Lisäksi ennustettiin, että aikaistus lisää varastojen tyhjennysten priorisointia eri alueilla ja siksi kuljetusmatkojen arvioitiin hieman kasvavan. Itä-Suomen alueella osa toimijoista voisi hyödyntää veteen varastointia enemmän. Arvioitiin, että metsätuholainalaisen kuusikuitupuun osuus on noin 70 % kesäaikaan tehtaalle vastaanotettavasta koko kuusikuitupuumäärästä.

Kuusipuutavaran kuljetuksen aikaistus lisää tarvetta metsätuholakivapaille terminaaleille, mutta toisaalta tällaisia terminaaleja voi olla vaikea löytää, ja perustamiskustannukset sellaiselle ovat suuret. Itä-Suomen uittovesistöalueella uittoterminaalit ovat metsätuholakivapaita terminaaleja. Isommat terminaalit tehtaiden lähistöllä ovat useimmin metsätuholakivapaita. Hieman toimijakohtaisia eroja ilmeni näiden terminaalien sijainneista suhteessa puun käyttöpaikkoihin. Suurien terminaalien on oltava tehtaiden suunnalla. Valtaosa käytössä olevista suuremmista puuterminaaleista on tällä hetkellä metsätuholakivapaita, ja yksi toimijoista arvioi sellaisten osuudeksi 85 % B-alueella.

Kaikki haastatellut kuljetusyrittäjät olivat poiskuljettaneet metsätuholainalaisista varastopinoista pintaosaa vaihtelevia määriä eri vuosina. Nykyisten määräaikojen vallitessa yrittäjät vastasivat, että kuusipuuvastojen pintaosat on saatu kuljetettua pois ennen määräaika suunnitelluilta kohteilta. Yksittäisillä kohteilla pieniä eriä on voinut jäädä kuljettamatta, mutta kuljetus on siirtynyt vain hieman jälkeen määräajan. Syynä tällaiseen on useimmiten ollut teiden kulkukelpoisuus, kun tien kantavuus varastolta on muuttunut ratkaisevasti sadejakson takia. Puutavaralajipinojen pintavaipan poiskuljettaminen tulee perustelluksi silloin, kun varastokapasiteettia terminaaleissa tai tehtaalla ei ole riittävästi kokonaisten metsätuholainalaisten pinojen poiskuljettamiselle. Toinen pintavaipan poiskuljettamisen tarjoama keino on saada kuljetusresurssit riittämään. Pinojen pintavaipan poiskuljettamisella saadaan metsätuholainalaiset varastot muutettua metsätuholakivapaiksi ja siten kuljetuspainetta voidaan jakaa pidemmälle ajalle. Keski-Suomen alueella toimineet kuljetusyrittäjät totesivat joidenkin sellukuusipinojen olleen läpeensä toukkien syömää, minkä vuoksi puutavarapinot oli ajettu pintavaipan poistamisen sijaan kokonaan pois varastoista.

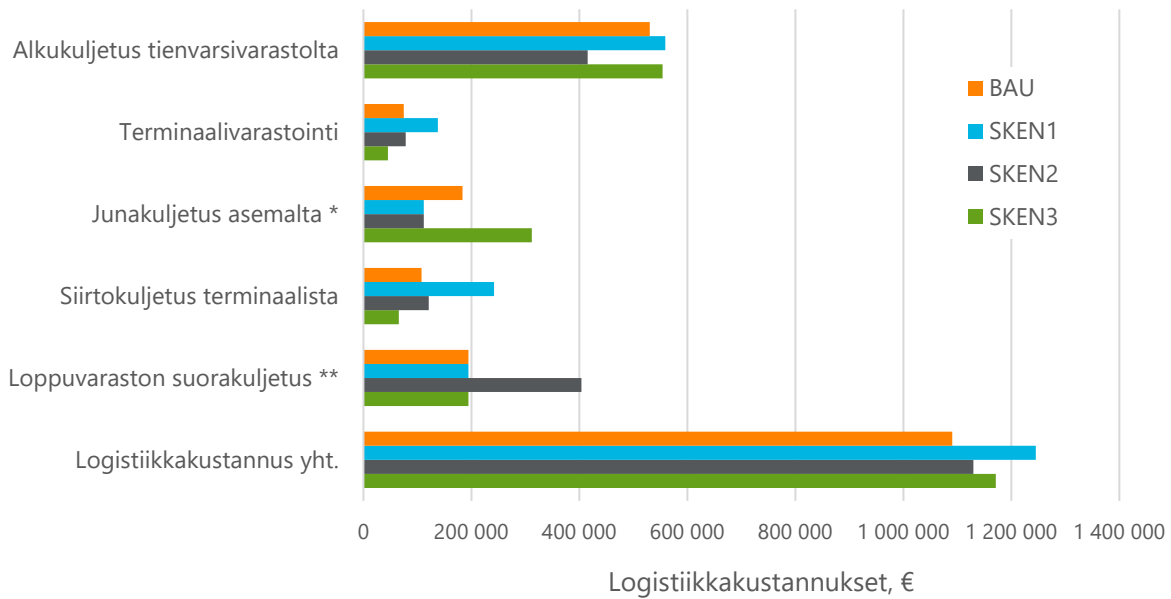
Pinojen pintavaipan poiskuljettaminen oli kohdistunut pääosin suuriin tienvarsipinoihin, joiden rajakoko oli 70–100 m³ (sitä pienemmät kuormat on viety suoraan). Pintavaipan poiston jälkeinen varastokoko oli pyritty jättämään täyden kuorman kokoiseksi. Muutoinkin yleinen toimintamalli oli, että tienvarresta pyrittiin lähtemään täydellä kuormalla useampaakin lajia mukana, ja terminaalissa oli voitu tehdä vaihtoja siten, että oli saatu yhtä puutavaralajia kyytiin. Pintavaipan poistossa oli kuormattu noin 0,5–1 metrin vaippa pois. Vastaajat arvoivat, että kuorman

täyttäminen pintavaipan kuormauksella vie aikaa arviolta 10–15 minuuttia kauemmin kuin normaali kuormaus. Kuorman täyttäminen pintavaipan kuormauksella vaatii pieniä siirtymiä pinnalla, ja kuorman täyttöä varten kuormanteko- eli pinopaikat voivat lisääntyä. Pinot, joista pintaosa on kuormattu, merkitään laputuksella ”kuorittu pino” ja merkitään kuljetuskieltoon määräjäksi. Toimintamalli vaihteli hieman, sillä osa toimeksiantajista osoitti varastot pintavaipan poiskuljettamiseen ja osa antoi vapaat kädet sopivien varastojen valintaan. Toimeksiantajat ovat voineet antaa ohjeeksi myös metsätuholainalaisten terminaalien pinojen pintavaipan poiskuljettamisen. Näin poistettua sellukuusta on viety tehdasvarastotilan ja -vastaanoton niin salliessa joko tehtaalle tai vaihtoehtoisesti autoterminaaleihin ja juna-asemille. Kuljetusten toimeksiantajat seuraavat varastotilannetta ja antavat sen mukaan ohjeistusta varastojen pintavaipan poiskuljettamisesta, jos kuljetuskapasiteetti ei riitä metsätuholainalaisten varastojen siirtoon.

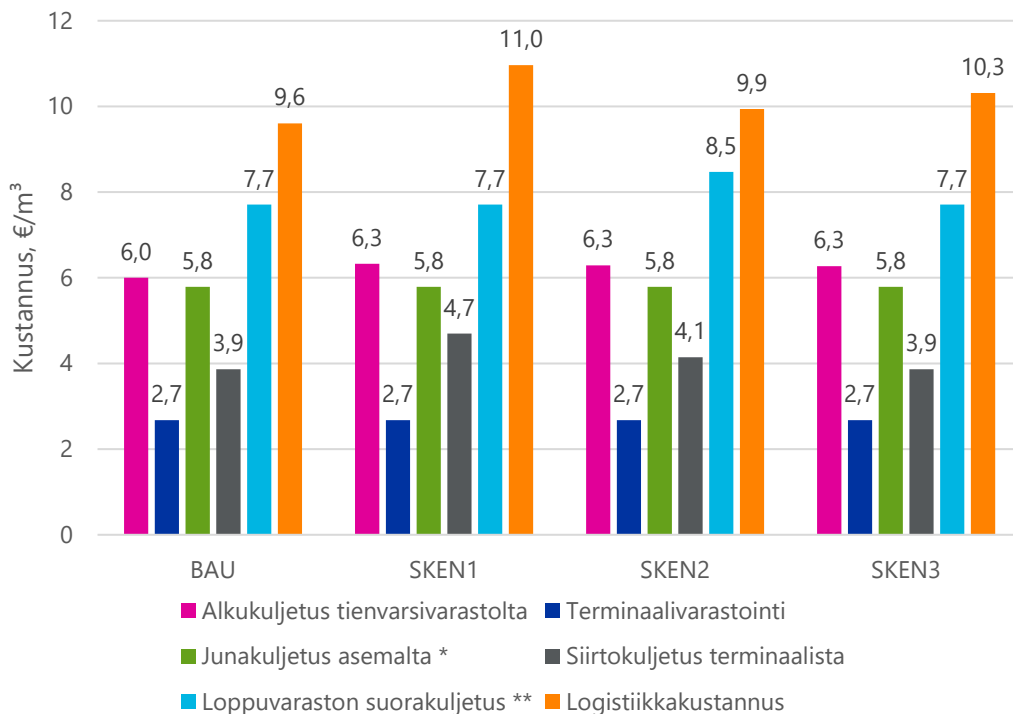
3.3.5. Kuusipuutavaran kuljetusten aikaistamisen kustannusvaikutukset

Perustila ja skenaariot

Skenaario 1, jossa lyhyemmälle ajanjaksolle kohdistuva kuljetussuoritelisä ohjattiin autoterminaaleihin, osoittautui 14 % kalliimmaksi kuin perustila BAU (kuva 25). Skenaario 2, jossa pinon pintaosan kuljettamista lisättiin perustilaan nähden 15 500 m³:sta 29 200 m³:iin, oli 3,6 % perustilaa kalliimpi. Skenaario 2:ssa terminaalivarastointi oli lähes puolet pienempi kuin skenaariossa 1 ja siksi terminaalivarastoinnista aiheutuvaa merkittävää kustannuslisää kyettiin vähentämään. Toisaalta pinojen pintavaipan kuormauksista toteutettiin BAU-tilaa ja skenaario 1:tä lähes 100 % enemmän, ja siten kuljetukset kohdistuivat aiempaa pienempiin varastopinoihin. Menetelmä on järkevä etenkin silloin, jos samasta tienvarsivarastosta on kuljetettavissa monilajikuormana useampaa puutavaralajia samaan käyttöpaikkaan, kuten mäntykuitua ja sellukuusta. On otettava huomioon se, että puutavarapinojen pintavaipan kuormauksen ja kuljetuksen lisääminen skenaariossa 2 lisää keskikuljetusmatkaa, loppuvarastomääriä ja siten kuljetuksia ja kustannuksia määräajan jälkeen. Juna-asemavarastointia ja -kuljetuksia merkittävästi lisäävä skenaario 3 oli 7,4 % kalliimpi kuin BAU-tila. Perustilanteessa (BAU-tila) metsätuholainalainen sellukuusi kuljetettiin tarkasteluajanjaksolla 9,6 €/m³:n keskikustannuksella (kuva 26). Näin ollen koko vuoden toimitusmääriin suhteutettuna kuljetusten aikaistamisen kustannusvaikutus sellukuusella oli 1,4 %, 0,4 % ja 0,7 % skenaarioissa 1, 2, ja 3 ennen korjuun mahdollista kustannuslisää.



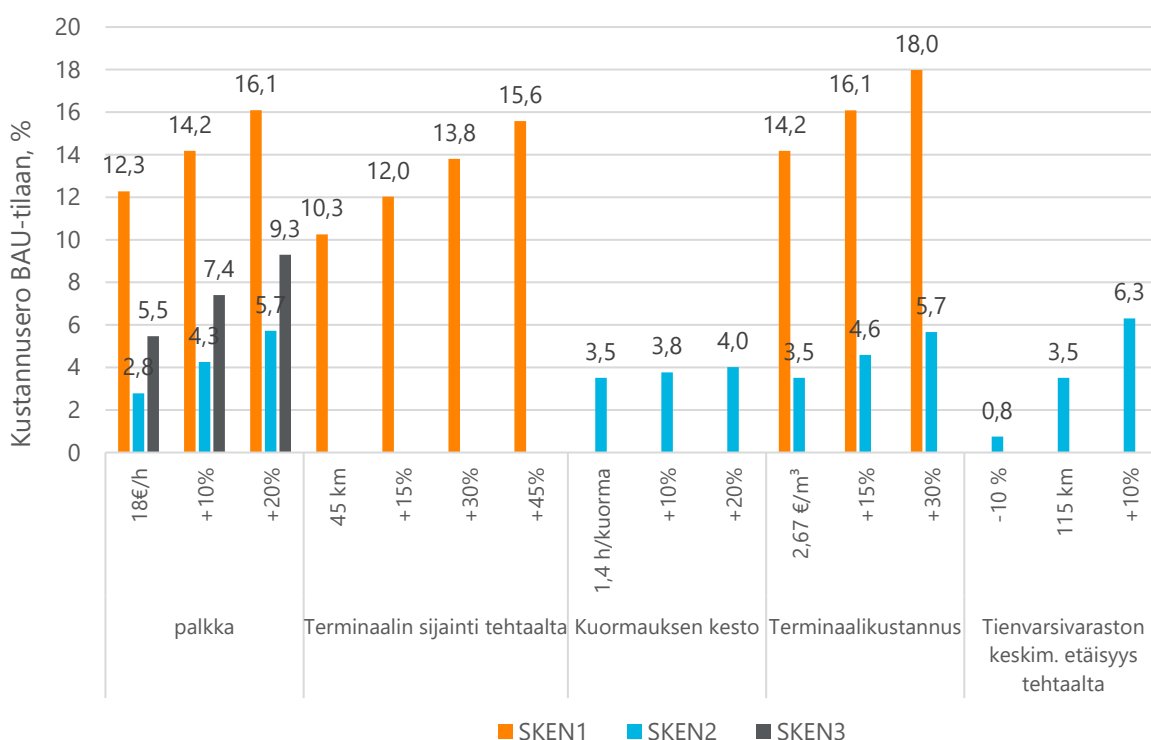
Kuva 25. Perustilaan (BAU-tila) verratut logistiikkakustannukset vaihtoehdoissa, joissa metsätuholainalainen kuusisellupuumäärä (113 573 m³) kuljetetaan 9 päivää lyhyemmässä ajassa 15.7. mennessä heinäkuun aikana. Perustilan ja skenaarioiden parametrit on määritetty Logforce-kuljetusaineistolla (taulukko 6). Tässä logistiikkakustannus sisältää tienvarsivarastolta käyttöpaikalle kuuluvat kuljetus-, käsittely- ja varastointikustannukset.



Kuva 26. Perustilaan (BAU-tila) verratut logistiikkakustannukset vaihtoehdoissa, joissa metsätuholainalainen kuusisellupuumäärä (113 573 m³) kuljetetaan 9 päivää lyhyemmässä ajassa 15.7. mennessä heinäkuun aikana. Tässä logistiikkakustannus sisältää tienvarsivarastolta käyttöpaikalle kuuluvat kuljetus-, käsittely- ja varastointikustannukset.

Herkkyystarkastelut

Kuljettajan tuntipalkan 10 %:n kasvu BAU-tilasta (18 €/h) lisäsi skenaarioiden logistiikkakustannuksia keskimäärin 2 prosenttiyksikköä perustilaan nähden (kuva 27). Skenaariossa 1, jossa lisäterminaalikapasiteetille on selkeä tarve, kuljetusmatkan 15 %:n kasvu terminaalista tehtaalle lisäsi kustannuksia noin 1,7 prosenttiyksikköä. Vastaava 15 %:n lisäys terminaalikustannukseen lisäsi kustannuseroa noin 1,9 prosenttiyksikköä BAU-tilaan nähden skenaario 1:ssä ja noin 1,1 prosenttiyksikköä skenaario 2:ssa. Skenaariossa 2 keskikuljetusmatkan 10 %:n kasvu tienvarresta tehtaalle lisäsi kustannuseroa noin 2,7–2,8 prosenttiyksikköä perustilaan nähden. Skenaariossa 2 metsätuholain määrääjän jälkeisten varastojen keskikuljetusmatkan pieneneminen 10 %:lla vastasi BAU-tilan keskikuljetusmatkaa tienvarsivarastoista tehtaalle. Pienin vaikutus kustannuksiin oli pinojen pintaosan kuormausajan kasvulla. 10 %:n kasvu lisäsi noin 0,2–0,3 prosenttiyksikköä kustannuksia tarkastelluissa skenaarioissa BAU-tilaan nähden.



Kuva 27. Herkkyystarkastelut kuljettajan palkan, autoterminaalien sijainnin, kuormauksen keston, terminaalikustannuksen ja tienvarsivaraston etäisyyden osalta eri skenaarioissa (SKEN1–3). Vertailut tehty perustilaan (BAU) ja heinäkuun 113 573 m³ kuljetusmäärälle.

Korjuun keskeytysten kustannusvaikutus

Lisälaskennassa tarkasteltiin sitä, kuinka korjuun keskeytykset vaikuttavat korjuukustannuksiin vuositasolla, jos kuljetusten aikaistus metsätuholainalaisella kuusipuutavaralajilla aiheuttaisi korjuurajoituksia yhden ja kahden viikon verran. Yksi keskeytysviikko nosti korjuukustannuksia perustilasta (9,96 €/m³) 0,07 €/m³ vastaten 0,7 %:n kasvua korjuun kustannuksiin. Kahden keskeytysviikon kustannuskasvu oli 0,14 €/m³ (+1,4 %). Laskennoissa oletettiin vuotuisen korjuusuorituksen vähenevän keskimääräisen päivätuotoksen ja keskeytyksen pituuden mukaisesti. Lisäksi kustannuksiin laskettiin keskeytysten osalta ns. takuupalkka koneenkuljettajille.

3.4. Tulosten tarkastelu

Kuusiainespuun kuljetusten aikaistaminen kohdistuu yksinomaan sellukuusipuutavaralajiin. Pieni osa kuusitukkaa ja kuusikuitupuuta voi "siirtyä" kuusisellupuuksi, jos tavaralajin laatu heikenee pitkittyneen varastoinnin aikana. Varastoinnin pitkittyminen voi johtua mm. heikentyneistä tieyhteyksistä tai huonosta varastohallinnasta. Kuusitukin ja -kuidun kantohinnat ovat korkeammat kuin sellukuusen, mikä myös edesauttaa sitä, että puu pyritään ohjaamaan siihen jalostusprosessiin, johon se alun perin on tarkoitettu.

Vähenevä mäntykuitupuun ja havutukkien kuljetuspaine, sahojen kesälomat ja siten puutavara-autokaluston selkeästi alhaisemmat käyttöasteet heinäkuussa tukevat laskentatarkastelujen ajankohdan määrittäystä, jossa metsätuholainalaista kuusisellupuutavaralajia kuljetetaan 9 päivää lyhyemmässä ajassa jaksolla 2.7.–15.7. 14 päivän aikana. Laskenta tuottaa skenaariokustannusten yläraamit. Kuljetusten aikaistamisen kustannusvaikutus olisi pienempi, jos kuljetuksia voitaisiin jakaa pidemmälle ajalle, jolloin puutavaran terminaalivarastointitarve vähenisi ja kuljetusresurssit jakaantuisivat tasaisemmin. Lisääntyvä terminaalivarastointi on suurin kustannuksia lisäävä tekijä. Puutavarapinojen pintaosan kuljetus on vastaavasti kustannustehokasta, säästää kuljetusresursseja pienentämällä kuljetuspainetta ennen määräaikaa ja vähentää terminaalivarastointitarvetta. Toisaalta lisääntyvä varastopinojen pintaosien poiskuljetus ohjaa kuljetuksia entistä pienempiin varastokokoihin ja hieman laajemmalle alueelle (keskikuljetusmatkan kasvu), mikä lisää kustannuksia kuormauksessa ja autokuljetuksessa. Tosin kustannusvaikutus näyttää jäävän pieneksi muihin vaihtoehtoihin nähden.

Kustannustarkastelu toteutettiin LogForce-kuljetusaineistolla, joka kattoi hieman yli 40 % koko B-alueen kuljetuksista. Tarkka kustannusvaikutusvertailu kyettiin muodostamaan LogForce-aineiston neljän kuljetusvuoden keskimääräisellä tiedolla ja hyödyntäen heinäkuun ajan (2.7. – 24.7.) kuljetusmääriä ja tarkan BAU-tilan muodostamista. Valitut skenaariot ja niiden toimituslogistiikat tarjoavat puunhankinnan toimijoille mahdollisuuden vertailla eri toimitusmallien vaikutuksia kuljetusmääriin, lisävarastointitarpeisiin ja lopulta kustannuksiin.

Tarkasteltavasta skenaariosta riippuen kuusisellupuutavaran kuljetuksen aikaistus 9 päivällä voi aiheuttaa kuljetuslogistiikkaan 3,6–14,2 %:n kustannuslisän perustilaan nähden, kun tarkastelu kohdistuu BAU-tilan heinäkuun ajan kuljetusmäärään (113 573 m³). Merkittävin kustannuslisä muodostuu lisävarastoinnista ja siihen liittyvistä kuljetuksista. Laskennat perustuivat LogForce-aineistosta kerättyyn vuosien 2015–2019 keskimääräiseen tilaan 1.7.–25.7 väliselle tarkastelujaksolle B-alueella. Määräajan aikaistamisen lisäkustannus määräytyy lopulta kyseisen vuoden puunhankintatilanteen mukaan eli millaiset ovat talven ja kevään korjuu- ja kuljetusolosuhteet, miten varastotasot kehittyvät ja millainen teollisuuden tuotantotila on.

Kustannusvaikutus on syytä suhteuttaa myös sellukuusen koko vuoden toimitusmääriin, jolloin kuusipuutavaran kuljetusten aikaistus yhdeksällä päivällä voi aiheuttaa 0,4–1,4 %:n kustannuslisän sellukuusen kuljetuskustannuksiin B-alueella. Lisäksi korjuun keskeytys esimerkiksi viikolla lisäisi korjuuketjun korjuukustannuksia enimmillään 0,7 %. Korjuukaluston keskeytykset rajautuvat tapauskohtaisesti hankinta-alueella, joten tarkka kustannusmääritys on tältä osin vaikeaa.

Toteutetut herkkyystarkastelut antavat suuntaa siihen, kuinka suuri kustannusvaikutus on yksittäisen tekijän muutoksella, kun puunhankintatilanne elää. Herkkyystarkasteluun valittiin erityisesti muuttujia, joille ei pystytty määrittämään yhtä ja oikeaa arvoa ja/tai niiden oletettiin vaikuttavan merkittävästi kustannuksiin. Esimerkiksi uuden metsätuholakivapaan terminaalin perustaminen voi tulla kalliimmaksi, jos sijainnin valinnassa rajautuu pois osa edullisimmista kohteista. Myös tällaisen terminaalin epäedullinen sijainti voi aiheuttaa lisäkustannuksia kuljetuksiin.

Aiempaa lyhyemmälle ajalle rajattu metsätuholainalaisen puutavaran kuljetus on aina herkempi muuttuville sääolosuhteille ja teiden kulkukelpoisuuksille. Siksi kesäaikaisessa varastoinnissa on otettava huomioon tieyhteydet ja kesävarastojen valinta hyvien tieyhteyksien päähän. Rautatiekuljetusten lisäämisskenaariota voi rinnastaa osin vesitiekuljetuksen lisäämiseen myös kustannusten osalta. Tämä tarkastelu on kuitenkin teoreettisin, sillä se ei ota huomioon B-alueen rautatie- ja vesitiekuljetuksen kuormauspaikkojen ja käyttöpaikkojen sijainteja. Käytöstä poistetut uiton laskupaikat voivat olla ratkaisu metsätuholakivapaaseen terminaalivarastointiin vedessä erityisesti B-alueen itäisellä puolella. Menetelmä edellyttäisi osin aiemman teknologian käyttöä ja uuden integrointia (niputus, pudotus, varastointi, nosto ja kuormaus), jos uiton lisäksi tai sen sijaan sellukuusi jatkokuljetetaan puutavara-autoilla tehtaalle.

4. Ytimennävertäjien aiheuttamat metsätuhot mäntypinojen läheisyydessä – suosituksia metsätuholain päivittämiseksi

4.1. Johdanto

4.1.1. Ytimennävertäjien tuhodynamiikka

Ytimennävertäjät (pysty- ja vaakanävertäjä, *Tomicus piniperda* ja *Tomicus minor*) ovat vahingollisimpia mäntyjen hyönteistuholaisia Pohjoismaissa. Ytimennävertäjät lisääntyvät eri syistä heikentyneiden mäntyjen kaarnan alla ja voivat näin olla osallisena jo heikentyneiden pystypuiden kuolemisessa (Annala ym. 1999, Cedervind ym. 2003, kuva 28b ja c). Lisäksi uudet syntyneet yksilöt iskeytyvät mäntyjen latvuksiin, joissa ne ruokailevat kovtaen tuoreita kasvaimia on-toiksi aiheuttaen näin kasvutappioita (kuva 28a ja d). Lisäksi molemmat ytimennävertäjälajit kuljettavat puuhun mukanaan värivikaa aiheuttavia sinistäjäsieniä.



Kuva 28. Ytimennävertäjien ravintosityönnin aiheuttamat mäntyjen piikkimäiset latvat (a). Pysty- (b) ja vaakanävertäjien (c) emokäytäviä sekä maahan pudonneita kasvaimia (d). Kuvat: Antti Pouttu ja Markus Melin, Luke.

Parveillessaan alkukevällä ytimennävertäjät etsivät lisääntymismateriaalia, johon ne kaivavat emokäytävän heti parittelun jälkeen. Koiraat poistuvat emokäytävistä mäntyjen kasvaimiin muninnan päättymisen aikoihin, mutta naaraat jatkavat vielä ravintosyöntiä emokäytävissä muninnan jälkeenkin. Lisääntymismateriaaliksi ytimennävertäjät kelpuuttavat kuolleiden (mutta ei lahonneiden) mäntyjen runkoja, heikentyneitä pystypuita sekä tuulen tai lumen kaatamia ja katkaisemia puita. Myös hakkuutähteet, kannot ja varastoitu mäntypuutavara ovat sopivaa lisääntymismateriaalia etenkin pystynävertäjälle. Pystynävertäjä käyttää lisääntymiseen rungon karkeakaarnaista osaa ja vaakanävertäjä puun ohutkaarnaista osaa. Joskus myös pystynävertäjä käyttää ohutkuorista puuta, ja toisaalta pystynävertäjän puuttuessa voi vaakanävertäjäkin hyödyntää tavallista paksumpikaarnaista puuta.

Siinä missä lajit hyödyntävät osin rungon eri osia lisääntymiseen, latvuksissa kasvaimet kelpaavat molemmille lajeille samalla tavalla. Tavallisesti männyt kestävät elossa voimakkaankin kasvainsyönnin, ja pääasialliset vaikutukset näkyvät kasvun menetyksinä. Useana vuotena jatkunut syönti altistaa puita kuitenkin enemmässä määrin muillekin runkoon iskeytyville tuholaisille. Ytimennävertäjien syönti kohdistuu latvuksen yläosiin, joissa yhteyttäminen on vilkkainta. Versojen syönti vähentää neulasmassaa eli yhteyttämissolukkoa, silmuja (tulevaisuuden yhteyttämissolukkoa) ja käytettävissä olevaa tyypeä latvuksessa. Lisäksi typen otto juuristossa heikkenee latvuston harventuessa, vaikka maaperän tyyppi lisääntyy hieman versojen pudotessa (Fagerström ym. 1977). Anderssonin (1974) mukaan läpimitan kasvu heikkenee eniten latvuksen alueella. Yleisesti arvioidaan, että syötyjen kasvainten taustataso mäntymetsissä olisi < 1 kpl/m² (Långström ja Hellqvist 1990). Kaikki ontoksi näverretyt versot eivät putoa ensimmäisenä syksynä puista. Kuolleita versoja näkee usein vielä seuraavana keväänä roikkumassa puiden latvoissa. Pudonneet versot hajoavat vaihtelevalla nopeudella. Toisaalta vasta keväällä pudonneet versot voivat olla tuoreen näköisiä vielä keskikesällä. Kokonaan putoamatta jää noin 15 % kuolleista versoista (Andersson ym. 1966, Annila ja Heikkilä 1991).

4.1.2. Ytimennävertäjät ja puutavaravarastot

Pystynävertäjät lisääntyvät mielellään puutavarassa. Vaakanävertäjät sen sijaan välttävät pinottua puutavaraa, mutta voivat käyttää kaadettuja runkoja, jos niitä ei ole pinottu. Pystynävertäjien lisääntymisen kannalta otollisin pinon osa on pintakerros, joten korkeissa pinoissa on vähemmän käyttökelpoista lisääntymismateriaalia kuin matalissa ja laajoissa pinoissa kuutiota kohti laskettuna. Juutisen (1978) mukaan emokäytävien kokonaismäärästä 30–45 % on kuitupuupinon ylimmässä pölkkykerroksessa ja ylimmässä kolmanneksessa noin 70–80 %. Ytimennävertäjätuotannoksi puutavarapinoissa on arvioitu keskimäärin hieman alle 2000 ytimennävertäjää kuutiometriä kohti (Juutinen 1978, Långström 1984).

Puutavaravarastoista lähialueiden mäntyjen latvaan leviävät ytimennävertäjät syövät keskimäärin 0,31–2,15 versoa nävertäjää kohti (Annila ja Heikkilä 1991). Nilssonin (1974) mukaan merkittäviä kasvutappioita alkaa esiintyä, kun vuotuinen kasvaintappio on 100–150 kappaletta puuta kohden. Anderssonin (1974) mukaan keskimäärin 130 verson häviäminen puusta aiheutti 1 m³ ha⁻¹ kasvutappion Pohjois-Ruotsin männiköissä, kun taas hyväkasvuisemmissa männiköissä jo 30 verson putoaminen aiheutti 2,4 m³ ha⁻¹, mikä vastasi 19 %:n kasvutappiota (Andersson 1974). Kasvutappiot jatkuvat niin kauan, kunnes mänty on pystynyt kasvattamaan vastaavan määrän uusia versoja. Ruotsissa puiden palautuminen takaisin normaaliin on kestänyt kuudesta viiteentoista vuotta. Latvakasvaimen syönti vaikuttaa myös männyn pituuskasvuun. Långström ja Hellqvist (1992) totesivat männyn saavuttavan normaalin pituuskasvun muutamassa vuodessa kasvainmenetyksen jälkeen, mutta vahingoittuneet puut jäivät kuitenkin lyhyemmiksi kuin vaurioitumattomat puut.

Fagerström ym. (1977) havaitsivat, että kertaluonteisessa tuhossa suurimmat kasvutappiot tapahtuivat kolmantena vuonna tuhosta. Sen sijaan pysyvien varastopaikkojen lähellä, missä ytimennävertäjien syönti on jatkuvaluontoista, männyt eivät ehdi korvata versojen menetystä ja puiden latva voi kasvutappioiden (vuosittain jopa 50 %) lisäksi kuivua.

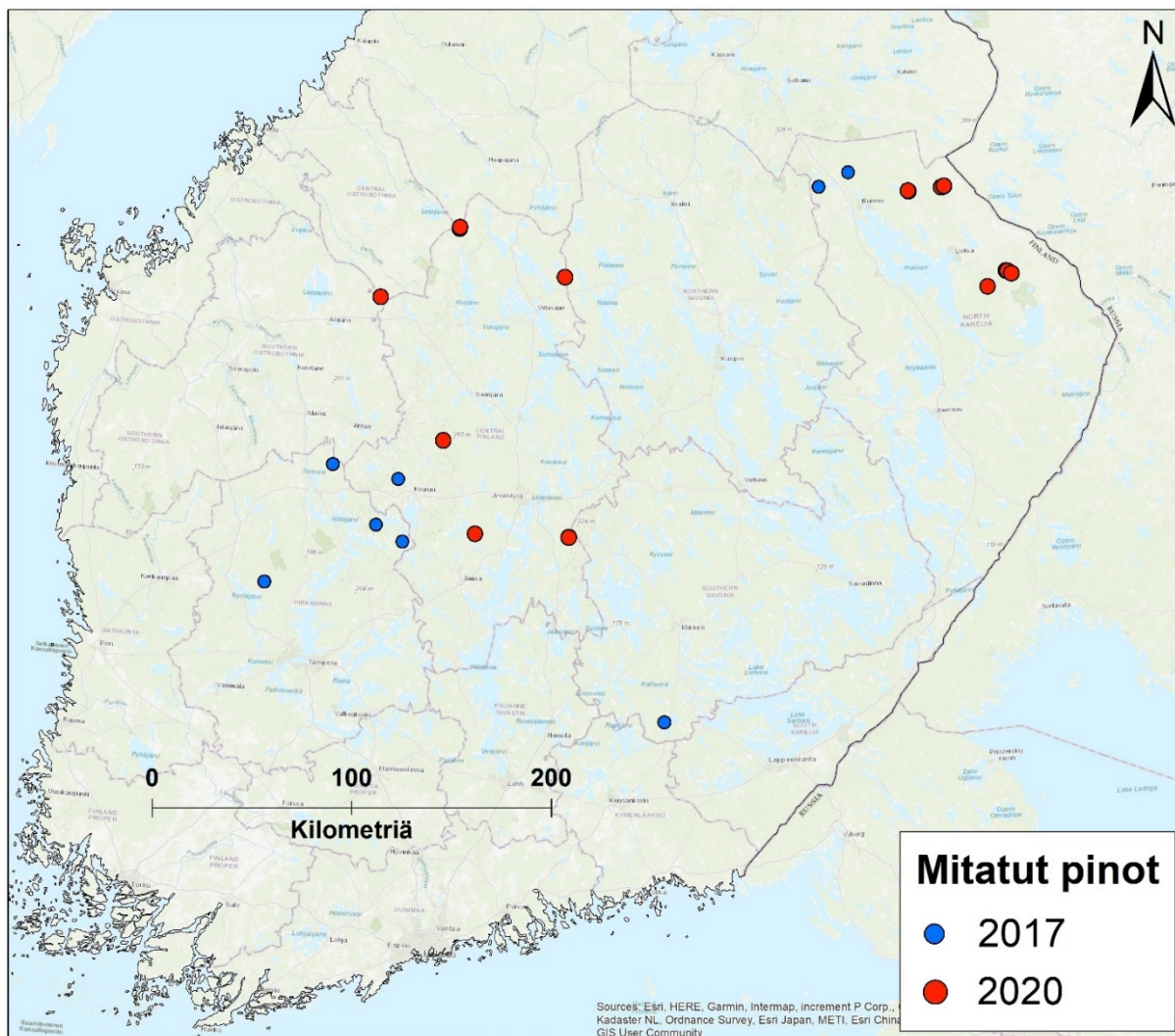
4.1.3. Nykyinen metsätuholaki ja ytimennävertäjät

Metsätuholaisissa (1087/2013) säädetään että ”edellisen vuoden syyskuun 1. päivän ja kuluvan vuoden toukokuun 31. päivän välisenä aikana kaadettu kaarnoittunut mäntypuutavara kuljetaan pois hakkuupaikalta ja välivarastosta A- ja B-alueella viimeistään 1.7. ja C-alueella viimeistään 15.7.” (kuva 1). Oletus on, että tällöin puihin alkukesällä munitut kaarnakuoriaiset eivät ehdi kuoriutua ja poistua puista ennen niiden poiskuljetusta, eivätkä näin ollen kasvata tuhoriskiä ympärysmetsissä (Kniivilä ym. 2020). Tilavuudeltaan alle 20 kiintokuutiometrin yksittäisiin puutavara- tai energiapuupinoihin ei poiskuljetuksen aikarajaa kuitenkaan sovelleta. Pino katsotaan yksittäiseksi, jos se sijaitsee vähintään 200 metrin päässä muista vastaavista pinoista. Pienten pinojen ei ole arvioitu tuottavan merkittävää riskiä ympäristöön. Sama velvoite koskee myös myrskyn tai lumen katkomia ja kaatamia havupuita 20 m³/ha ylittävältä osalta.

4.2. Aineisto ja menetelmät

Ytimennävertäjätuhoalueen laajuutta kartoitettiin eri paikkakunnilla sijainneiden 28 pinon läheisyydessä (kuva 29, Melin ym. 2021). Kahdeksan pinon osalta tutkimus toteutettiin vuonna 2017 (Kniivilä ym. 2020) ja 20 muun pinon osalta vuonna 2020 (Melin ym. 2021). Koska tutkimuksen tarkoituksena oli myös arvioida sitä, missä määrin ytimennävertäjätuhot riippuvat pinon tilavuudesta, pinojen tilavuusvaihtelu on suurta (34–356 m³) pinojen keskitilavuuden ollessa 137 m³ (taulukko 9). Koepinot olivat puhtaita mäntypinoja, ja puut oli hakattu vuoden mittauksia edeltäneen kevättalven aikana. Pinojen ympäristö oli mäntyvaltaista, kehitysluokaltaan vähintään nuorta kasvatusmetsää.

Maastomittaukset tehtiin 27.10.–19.11.2017 sekä 29.8.–30.10.2020 välisenä aikana (Melin ym. 2021). Ensimmäisenä pinojen tilavuus mitattiin käyttäen Metsätehon ohjeita kuitupuun pino-mittaukseen (Metsäteho 2003). Toiseksi pinoista mitattiin aikuistuneiden hyönteisten määrä (ulostuloreikien määrä). Kolmanneksi mitattiin ympäröivään metsään kohdistuneet tuhot, eli maahan pudonneet kasvaimet laskettiin linjoittaisilta koeloilta.



Kuva 29. Tutkimuspintojen sijainnit. Yhden pisteen alueella sijaisi joissain tapauksissa useampia pinoja (Melin ym. 2021).

Ulostulleiden eli aikuistuneiden pystynävertäjien määrät arvioitiin laskemalla ulostuloreiät pinojen päältä otetuilta 10 x 30 cm:n kokoisilta näytealoilta. Tätä varten pinoon päältä otettiin systemaattisesti kahden metrin välein koepuu. Näytealat asetettiin pitkän valittuja runkoja. Ensimmäinen näyteala sijoitettiin 50 cm:n päähän rungon tyveltä, minkä jälkeen näytealat otettiin aina yhden metrin välein siten, että viimeinen näyteala oli vähintään 50 cm:n päässä rungon latvapäästä. Näytealalta laskettiin ytimenävertäjien ulostuloreiät ja lukema muunnettiin pinta-alaakohtaiseksi, reikiä per m². Vuoden 2017 mittauksissa näytealoja otettiin vain pintapuusta, mutta vuoden 2020 mittauksissa rungot käännettiin ympäri ja reiät laskettiin myös rungon ”varjopuolelta” (Melin ym. 2021). Muita mitattavia, näytealakohtaisia muuttujia olivat puun läpimitta näytealan keskellä, kuorellisuusprosentti (asteikolla 0–100 %, 100 % = täydellinen kuori) sekä kaarnan laatu (ohut, keskipaksu, paksu). Näistä muuttujista kaarnan laatua ei arvioitu vuonna 2017.

Varsinaisen seurannaistuhon arvioimiseksi ympärysmetsistä laskettiin ytimenävertäjien puuttamien kasvainten lukumäärä. Pinolta vedettiin linjat viereisiin männiköihin, joihin perustettiin 1,78 m:n säteiset koalat pudonneiden kasvaimien laskemiseksi (Melin ym. 2021) Ensimmäinen koala sijaitsi pinoa lähimmässä metsikössä mahdollisimman lähellä pinoa, kuitenkin siten, että koala oli metsässä. Tästä linjaa jatkettiin perustamalla koaloja aina 10 metrin välein,

kunnes pudonneiden kasvainten määrässä ei tapahtunut merkittäviä muutoksia, tai kun saavutettiin aiemmin mainittu taustataso (10 kasvainta per koeala). Yhden pinon ympärille perustettiin vähintään kaksi linjaa, pinosta nähden kahteen vastakkaiseen suuntaan. Mikäli pinon ympärillä sattui olemaan useampia eri kuvioita ja eri metsätyyppejä, linjoja perustettiin useampia.

4.3. Tulokset

4.3.1. Pinoista kuoriutuneet hyönteiset

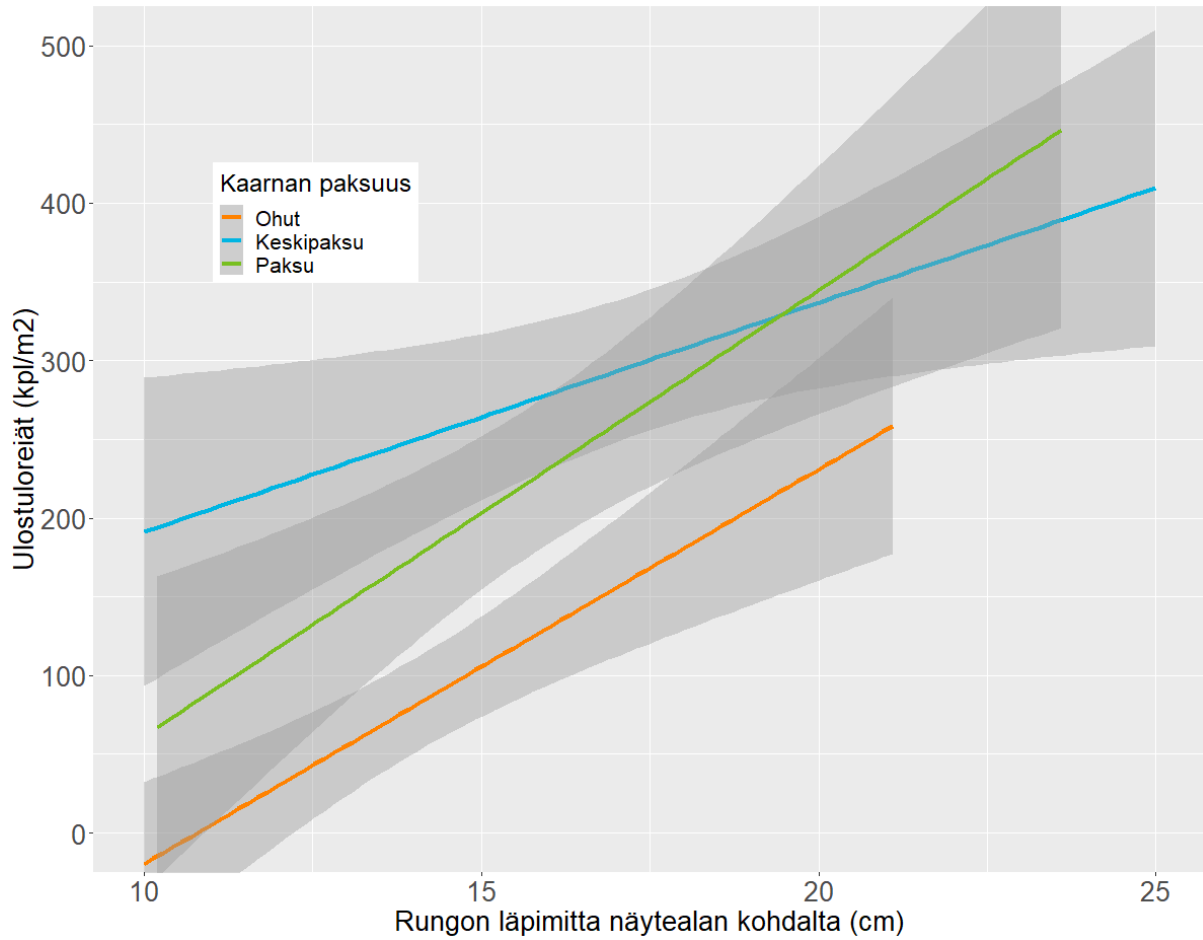
Vuoden 2017 aineistossa ytimennävertäjien aikuistumisesta kertovia ulostuloreikiä oli keskimäärin 258 kpl/m². Ytimennävertäjille kelpaamatonta hakkuukoneen rikkomaa kuorta oli tutkituissa pölleissä keskimäärin 37 % niiden kokonaiskuoripinta-alasta. Vuoden 2020 aineistossa ulostuloreikiä oli rungon aurinkoisella puolella keskimäärin 203 kpl/m² ja varjopuolella 115 kpl/m².

Vuoden 2020 mittauksien mukaan paksun kaarnan näytealoilla ulostuloreikiä oli keskimäärin nelinkertainen määrä ohuen kaarnan näytealoihin verrattuna – oli kuitenkin selvää, että ytimennävertäjät käyttivät silloin tällöin lisääntymiseen myös ohutta kaarnaa, vaikkakin merkittävästi vähemmissä määrin (taulukko 8 ja kuva 30).

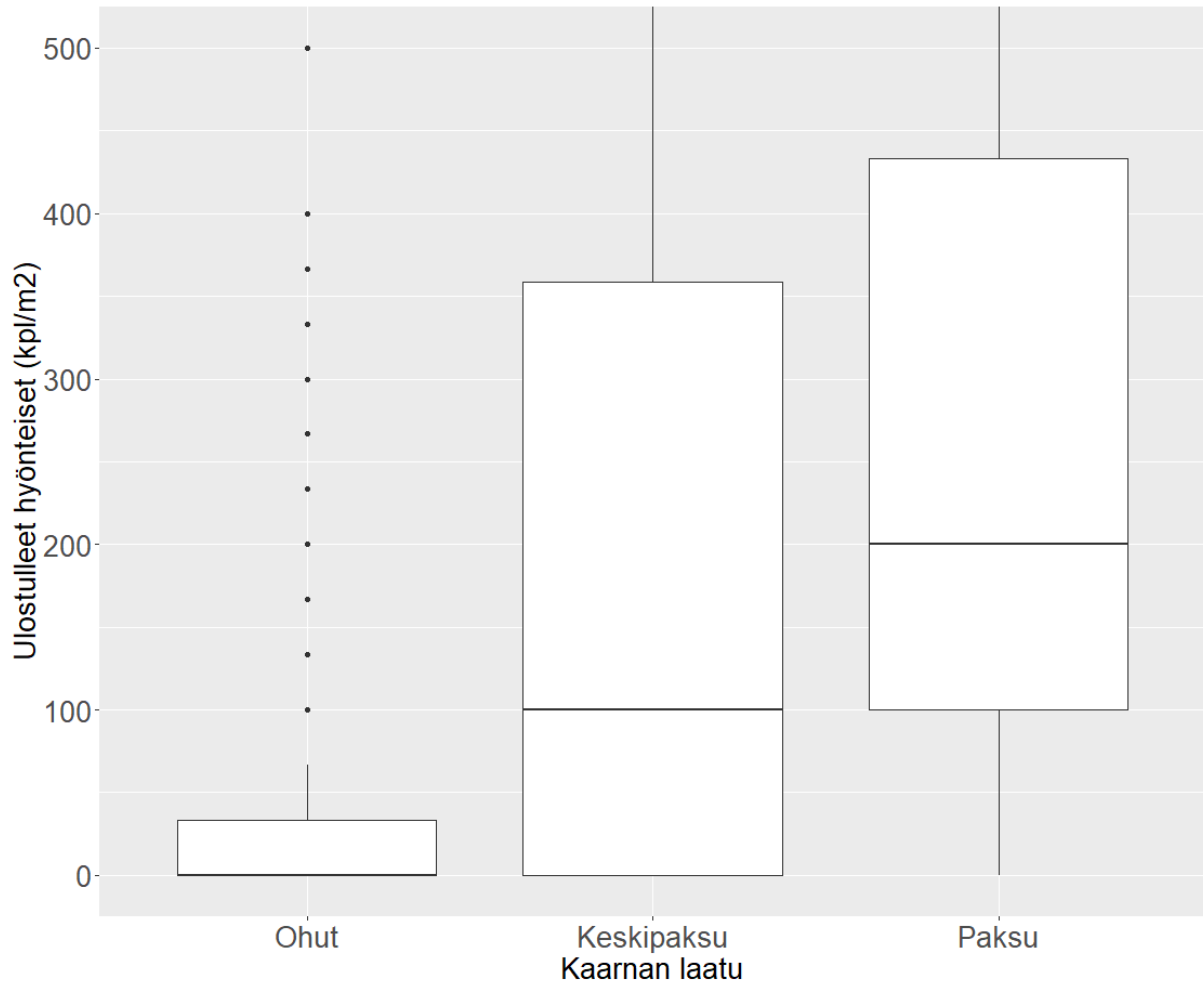
Vaikka näytealat olivat aina samankokoisia, rungon läpimitta vaikutti niin ikään tuloksiin: kaarnan laadusta riippumatta paksuilla rungoilla havaittiin keskimäärin enemmän ulostuloreikiä per näyteala kuin ohuilla rungoilla (kuva 31). Läpimittaa suurempi vaikutus oli kuitenkin ehjän kuoren määrällä. Riippumatta kaarnaan paksuudesta tai siitä, oliko kyseessä rungon aurinko- vai varjopuoli, kuoren rikkoutuminen vähensi aina merkittävästi hyönteisten määrää. Näytealoilta, joiden kuori oli rikkoutunut 25 %:n alalta, ulostuloreikiä laskettiin keskimäärin puolet vähemmän kuin vastaavilta ehjäkuorisilta näytealoilta. Jos kuoresta oli rikkoutunut 50 % tai yli, näytealoilta löytyi vain yksittäisiä reikiä tai ei reikiä ollenkaan (kuva 32).

Taulukko 8. Ulostuloreikien määrät suhteessa puun kaarnan laatuun runkojen aurinkoisella ja varjoisalla puolella (Melin ym. 2021).

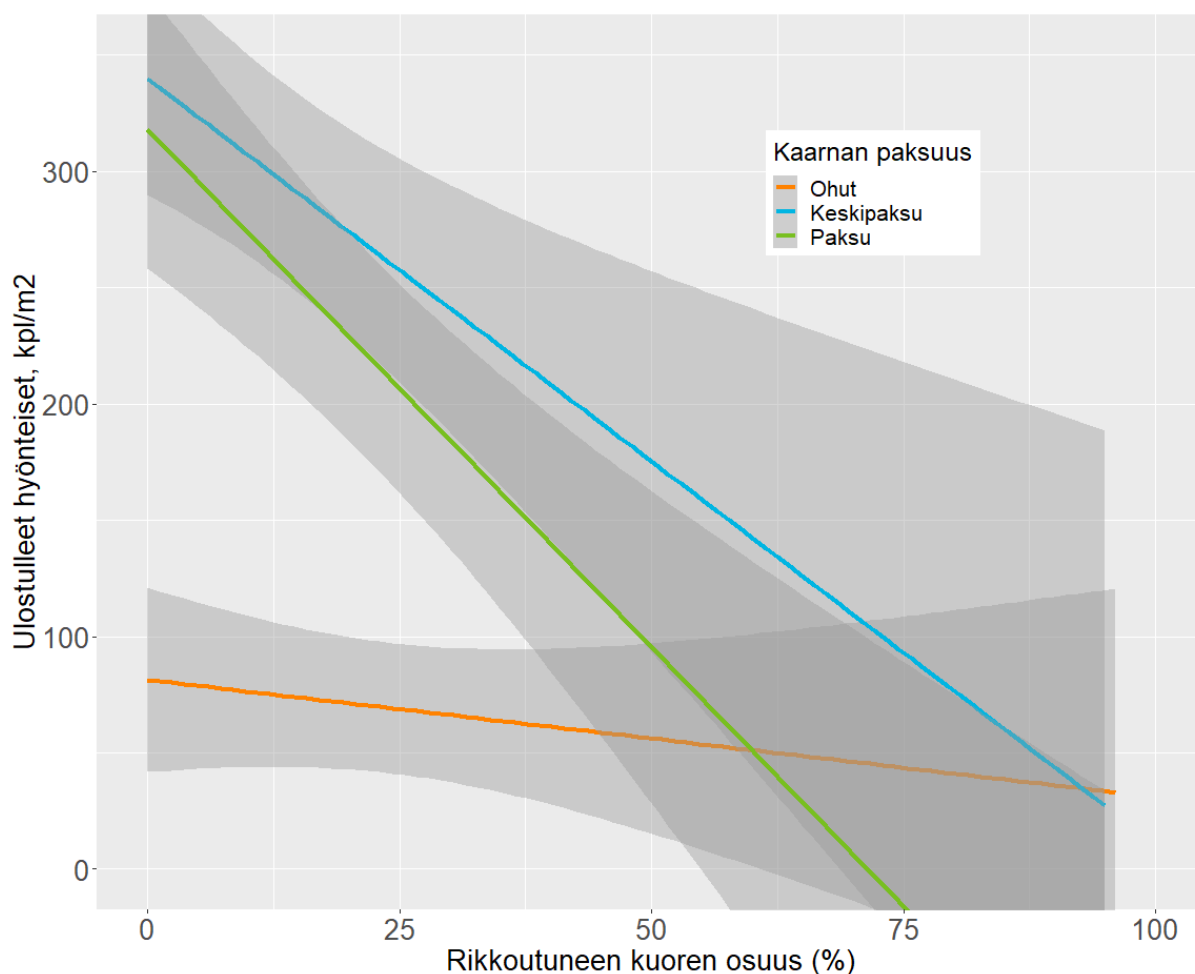
Puun puoli	Kaarna	Ulostuloreikiä per m ²		
		Minimi	Maksimi	Keskiarvo
Aurinko	Ohut	0	667	69
Aurinko	Keskipaksu	0	1233	220
Aurinko	Paksu	0	1333	296
Varjo	Ohut	0	933	23
Varjo	Keskipaksu	0	1433	117
Varjo	Paksu	0	900	194



Kuva 30. Rungon läpimitan vaikutus ulostuloreikien määrään. Läpimitalla tarkoitetaan tässä näytealan keskeltä otettua läpimittaa. Viivat kuvaavat muuttujien (rungon läpimitta vs. ulostuloreikien määrä) lineaarista suhdetta ottaen huomioon näytealojen kaarnan paksuuden. Harmaat polygonit niiden ympärillä kuvaavat 95 %:n luottamusväliä (Melin ym. 2021).



Kuva 31. Kaarnan paksuuden vaikutus ulostuloreikien määrään keskimäärin (Melin ym. 2021).



Kuva 32. Kuoren rikkoontumisen vaikutus ulostulleiden hyönteisten määrään. Värilliset viivat kuvaavat keskimääräistä ilmiötä ja harmaat polygonit niiden ympärillä kuvaavat 95 %:n luottamusväliä (Melin ym. 2021).

4.3.2. Pudonneet kasvaimet ympärismetsissä

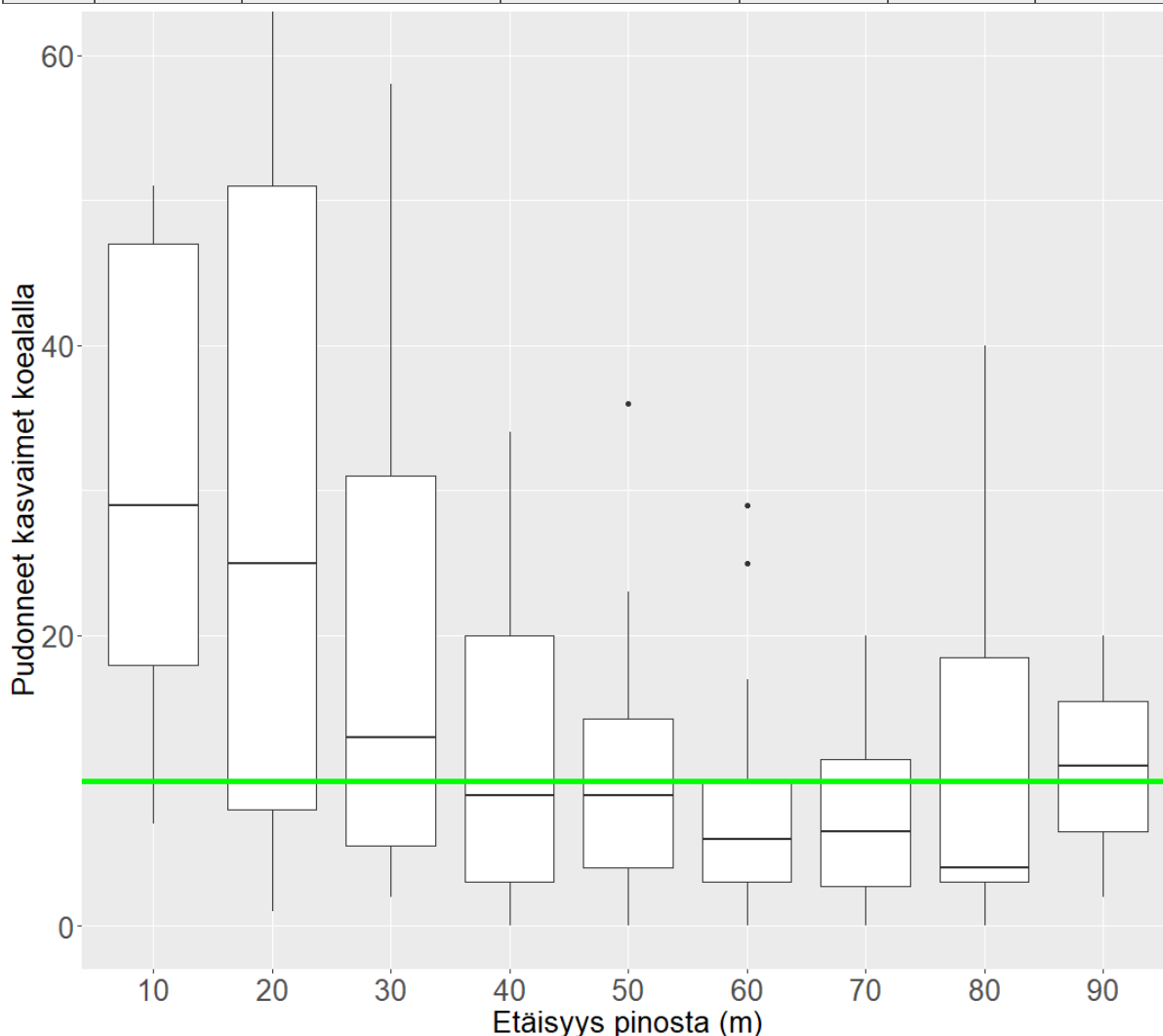
Jokaisen pinon ympärismetsistä löydettiin ytimennävertäjän syönnin pudottamia kasvaimia, joiden määrä vaihteli kuitenkin suuresti kohteiden välillä (taulukko 9). Vaihtelua aiheuttivat mm. pinon tilavuus, alueella olevat hakkuutähteet tai lumenmurrot sekä pinoa ympäröivän metsän rakenne.

Jokaisen pinon ympärillä kasvaimia oli aina eniten niillä koaloilla, jotka olivat pinoa lähinnä (0–20 metrin päässä, kuva 33). Pudonneiden kasvainten määrä putosi taustatasoa (1 kasvain per neliometri) vastaavalle tasolle kohteesta riippuen keskimäärin 40–60 metrin päässä pinoista.

Taulukko 9. Tutkimuksen puupinot, niiden tilavuudet sekä niiden ympärysmetsissä havaittujen pudonneiden kasvainten määrien keskiarvot koaloilta (Melin ym. 2021).

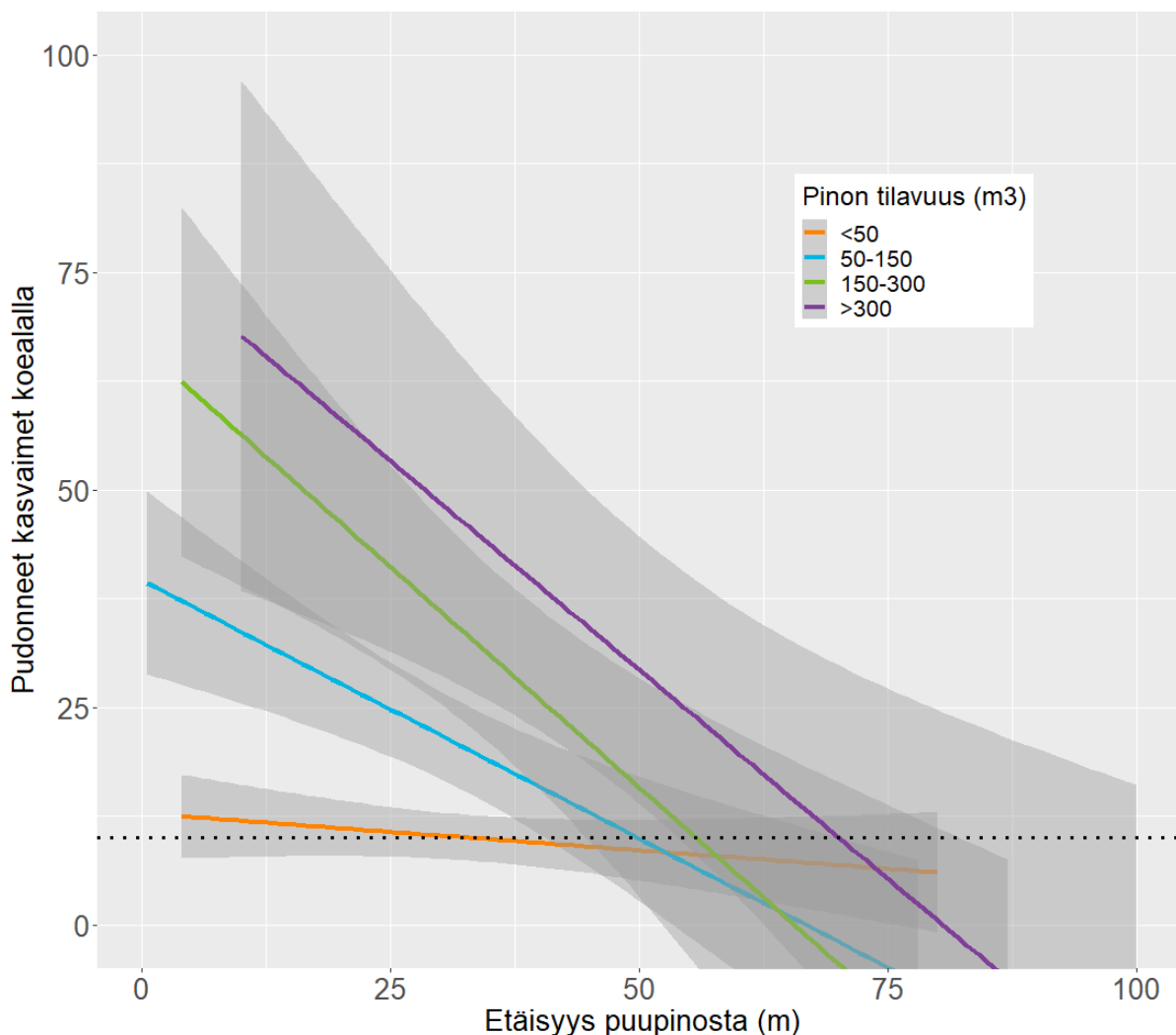
Pino	Mittausvuosi	Paikkakunta	Kiintotilavuus, m ³	Kasvaimia per koala (10 m ²)		
				Ka	Min	Max
1	2017	Virrat	356	22	54	6
2	2017	Keuruu	331	36	126	1
3	2017	Vilppula	34	14	25	5
4	2017	Mäntyharju	42	4	9	0
5	2017	Mänttä	42	14	38	4
6	2017	Ikaalinen	130	27	50	5
101	2020	Lieksa, Kontiovaara	145	3	7	0
102	2020	Lieksa, Kontiovaara	127	9	22	1
103	2020	Lieksa, Kontiovaara	59	7	21	2
104	2020	Lieksa, Kontiovaara	149	14	47	2
105	2020	Lieksa, Jongunjoki	40	7	12	0
106	2020	Lieksa, Jongunjoki	39	10	18	4
107	2020	Lieksa, Jongunjoki	144	11	22	1
108	2020	Nurmes, Kuohatti	125	17	40	2
109	2020	Nurmes, Kuohatti	64	55	132	20
110	2020	Nurmes, Kuohatti	124	67	234	19
111	2020	Jämsä, Koskenpää	173	20	45	0
112	2020	Multia, Linnankylä	110	20	40	6
113	2020	Alajärvi, Möksy	131	27	90	9
114	2020	Kinnula, Vihtaperä	297	93	187	4
115	2020	Kinnula, Vihtaperä	138	19	52	2
116	2020	Keitele	242	32	48	13
117	2020	Jyväskylä, Toivakka	55	9	31	1

118	2020	Jyväskylä, Toivakka	175	20	43	1
119	2020	Lieksa, Sokojärvi	151	6	37	0



Kuva 33. Pudonneiden kasvainten määrä eri etäisyyksillä puupinoista. X-akselin luokka 10 sisältää koealat 0–10 metrin päässä pinosta, luokka 20 koealat 11–20 metrin päässä pinoista ym. Boxplot-kuvien musta poikkiviiva kuvaa luokan keskiarvoa ja valkoisen suorakaiteen ääripäät 25 ja 75%:n kvantileja. Kuvassa oleva vihreä poikkiviiva kuvaa ns. taustatasoa, minkä verran pudonneita kasvaimia jokaisesta metsästä löytyy keskimäärin.

Suuruusluokka pudonneiden versojen määrissä vaihteli huomattavasti kohteiden välillä ja oli riippuvainen mm. kasvupaikasta, alueen ympärysmetsän rakenteesta sekä alueella mahdollisesti olevista lumenmurroista tai hakkuutähteistä; kaksi jälkimmäistä nosti pudonneiden versojen määrää koko metsämaisemassa yleensäkin. Puupinon tilavuudella oli niin ikään merkitys pudonneiden kasvainten määrään. Suurista pinoista vapautui enemmän ytimennävertäjiä, mikä näkyi selvästi suurempana pudonneiden kasvainten määränä ympärysmetsissä (kuva 34). Alle 50 m³:n pinoilla sen sijaan ei näyttänyt olevan vaikutusta pudonneiden kasvainten määrään.



Kuva 34. Pudonneiden kasvainten määrä suhteessa etäisyyteen puupinosta puupinojen tilavuuksien mukaan. Musta poikkiviiva esittää pudonneiden kasvainten taustatasoa yksi kasvain per neliömetri. Ennusteviivat kuvaavat muuttujien (etäisyys pinosta vs. pudonneet kasvaimet) lineaarista suhdetta ja harmaat polygonit niiden ympärillä kuvaavat 95 %:n luottamusväliä.

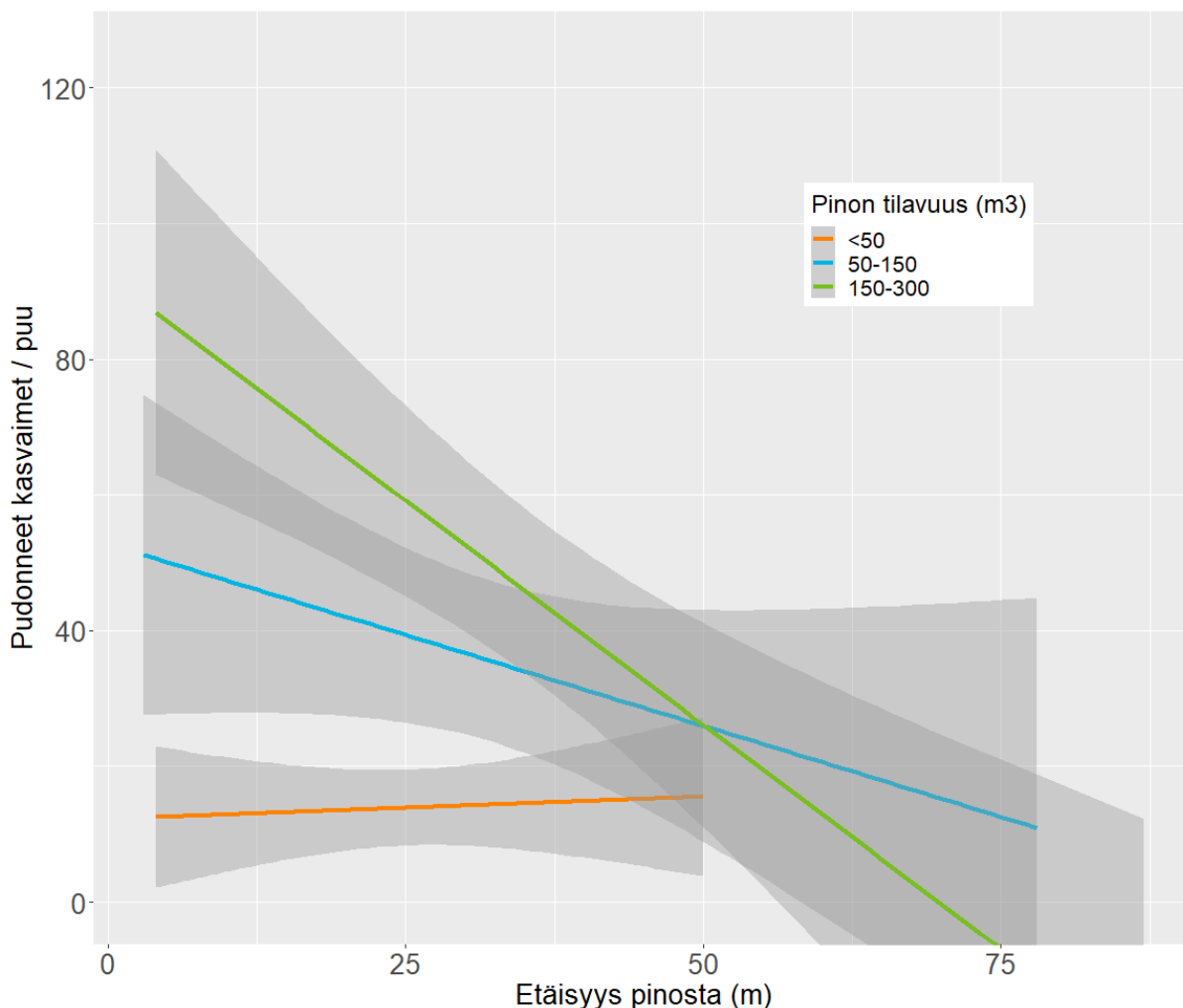
Selvitettäessä, voitaisiinko alle 50 m³:n pinot mahdollisesti vapauttaa kuljetusvelvollisuudesta määräaikaan mennessä, tarkasteltiin myös luvussa 3 hyödynnetystä LogForce-aineistosta pienten pinojen yleisyyttä. Em. aineistosta pystyttiin selvittämään B-alueen osalta, kuinka suurta osuutta alle 50 m³ pinot olivat edustaneet poiskuljetettavasta mäntykuitupuusta aikavälillä 1.6.–1.7. vuosina 2015–2019. Aineiston mukaan metsätuholainalaisten mäntykuitupuuvaretojen tilavuudesta 33 % oli alle 50 m³:n pinoja. Määrällisesti niitä oli jopa 76 % kaikista pinoista.

4.3.3. Puukohtaiset kasvaintuhot

Arvioitaessa kasvaintuhon vakavuutta tulokset pystyttiin suhteuttamaan yksittäiselle puulle aiheutuvaan tappioon, mikä oli mahdollista vuoden 2020 mittauksista käyttäen pinokohtaisia relaskoopikoealamittauksia (Melin ym. 2021). Näistä johdettiin mäntyjen hehtaarikohtainen runkoluku, jota verrattiin saman alueen hehtaarikohtaisiin kasvaintuhoihin (pudonneita kasvaimia per ha). Tästä puolestaan voitiin arvioida keskimääräinen lukema ”pudonneita kasvaimia per puu” (taulukko 10, kuva 35).

Taulukko 10. Puukohtaiset kasvaintappiot eri etäisyyksillä puupinoista ja mitattujen koealojen määrät (N). Koealojen määrä vähenee sitä mukaa mitä kauemmaksi pinosta mennään, koska useimmissa tapauksissa koealoja ei perustettu enää yli 50 m:n päähän pinoista: tällä etäisyydellä pudonneiden kasvainten määrä vastasi jo tavanomaista taustatasoa.

Etäisyys pinosta, m	Pudonneita kasvaimia per puu			
	Keskiarvo	Minimi	Maksimi	N
0–10	46,7	8,6	197,4	21
11–20	63,3	1,2	516,9	38
21–30	40,0	1,5	176,7	43
31–40	23,1	0,0	86	45
41–50	23,5	0,0	91,8	32
51–60	18,6	0,0	74	19
61–70	17,7	0,0	46,1	12
71–80	40,9	0,0	99,5	8
>80	4,9	4,9	4,9	1



Kuva 35. Puukohtaiset keskimääräiset kasvaintappiot suhteessa pinon tilavuuteen sekä etäisyyteen pinosta (vain vuoden 2020 mittaukset). Kuvassa ei näy esitystavan vuoksi yksittäistä suurinta arvoa, joka oli 517 kasvainta per puu 50–150 m³:n tilavuusluokassa, 20 m:n päässä pinosta. Ennusteiviivat kuvaavat muuttujien (etäisyys pinosta vs. pudonneet kasvaimet) lineaarista suhdetta ja harmaat polygonit niiden ympärillä kuvaavat 95 %:n luottamusväliä.

4.4. Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Luonnonvarakeskuksen tutkijoiden arvioissa metsätuholakia suhteessa kaarnakuoriaisiin ja kuorellisen puutavaran poistovelvollisuuden aikarajoihin ei ehdotettu lakiin muutoksia ytimennävertäjien osalta, koska tutkimustietoa ytimennävertäjien aiheuttamista vahingoista ei tuolloin ollut tarpeeksi (Kniivilä ym. 2020). Tuolloin tehtyjen selvitysten perusteella kävi kuitenkin selväksi, että kuorellisen mäntypuutavaran poistopäivämäärät ovat ytimennävertäjän kohdalla todella usein myöhässä, sillä kuoriaiset ympäri Suomea pystyvät kehittymään ja poistumaan pinoista selvästi ennen metsätuholaisissa säädettyjä päivämääriä. Tästä huolimatta ytimennävertäjä ei ole maassamme merkittävä metsätuholainen, jolloin huomion kohteeksi jäävät paikalliset kasvutappiot sekä se, minkä kokoinen puupino lisää niiden tuhoriskiä merkittävästi. Näihin kysymyksiin vastaaminen oli tämän selvityksen tarkoitus.

Puutavarapinoista kuoriutuu merkittäviäkin määriä ytimennävertäjiä (taulukko 2, kuvat 3–4). Merkittävä havainto oli myös rikkoutuneen kuoren vaikutus ytimennävertäjien määrään (kuva

5). Jos runkojen kaarnasta rikkoutuisi hakkuukoneiden rullien tuloksena esim. 50%, pinosta kuoriutuneiden ytimennävertäjien määrä vähenisi merkittävästi. Kuoren laadusta riippumatta tämän tutkimuksen tulokset osoittavat, että pinoista joka tapauksessa leviää ympärysmetsiin ytimennävertäjiä. Vaikka pinoista lähteneiden hyönteisten neliometrikohtainen määrä vaihtelee suuresti kohteiden välillä, keskimäärin se on kuitenkin samaa suurusluokkaa kuin mitä myrskytuhojen yhteydessä on havaittu (Komonen ym. 2009, Öhrn ym. 2018). Eroihin vaikuttaa mm. ympäröivän metsän rakenne sekä itse puupinon runkojen läpimitta ja kaarnan laatu. Samoin tässä työssä mitattua kasvaintappioita on pidettävä vähimmäismääränä, jopa lievänä aliarviona, koska tiedetään, että kaikki vahingoitetut kasvaimet eivät irtoa syksyllä (Annala ja Heikkilä 1991). Tästä saatiin viitteitä myös tämän tutkimuksen vuoden 2020 mittauksissa, kun 10 koealaa mitattiin kahdesti, elo-syyskuun taitteessa ja lokakuun lopussa. Lokakuun lopulla pudonneita versoja löytyi koealasta riippuen 10–75 % lisää alkuperäiseen määrään verrattuna.

Kysymys, aiheutuuko tästä ilmiöstä kasvutappioita jäävälle puustolle, riippuu kokonaan siitä, mikä katsotaan raja-arvoksi, jonka jälkeen mitattavia kasvutappioita syntyy. Ericssonin ym. (1985) tutkimuksessa 200 kasvaimen poistaminen puulta johti vain vähäisiin kasvutappioihin, minkä tutkijat arvelivat johtuvan kompensatorisesta kasvusta. Puiden muut neulaset saivat kasvainten poistuttua enemmän valoa, alkoivat toimia tehokkaammin ja pystyivät näin kuromaan kiinni menetetyt neulasmassan vaikutusta. Tutkimuksessa havaittu tilavuuskasvun hidastuminen oli voimakkuudeltaan 16–20 % ja kesti kaksi vuotta. Menetys johtui ensi sijassa läpimitan kasvun hidastumisesta, kun taas puiden pituuskasvussa ei havaittu muutoksia. Muissa tutkimuksissa Mattson-Mårn (1921) havaitsi 20 %:n hidastumisen läpimitan kasvussa, jos 25-vuotias mänty menetti 30 % neulastostaan. Hidastuminen tapahtui tuhoa seuraavana vuonna. Kuvio-
tasolla tarkasteltuna Stroink (1982) havaitsi 11 %:n hidastumisen pohjapinta-alan kasvussa 28-vuotiaassa männikössä, jossa kasvainten menetys oli keskimäärin 170 kasvainta puuta kohden. Vaikutus kesti yhden vuoden. Sen sijaan Nilssonin (1974) mukaan etenkin nuoret männiköt voivat menettää kasvustaan jopa 30–45 % jo 15–20 kasvaimen pudottua, ja mikäli 100 kasvainta putoaisi, vaikutus voisi kestää jopa yli 10 vuotta. Sen sijaan varttuneissa metsissä raja-arvoina mainittiin 100–150 kasvaimen puukohtainen menetys, ja vaikutus kestää aina pidempään, jos kärkisilmu on vahingoittunut (Nilsson 1974).

Tässä tutkimuksessa suurimmat puukohtaiset kasvaintappiot olivat noin 500 kasvainta. Pudonneiden kasvainten määrään vaikutti selvästi sekä puutavarapinon tilavuus että etäisyys siitä (kuvat 6–8). Pinon tilavuudesta riippumatta keskimäärin 40–60 metrin etäisyydellä pudonneiden kasvainten määrä saavutti jo ns. taustatason, jota voidaan pitää normaalina ytimennävertäjien vaikutuksena talousmetsissä (Komonen ym. 2009). Keskiarvoja katsottaessa minkään puupinon kohdalla ei päästy aiemmassa kirjallisuudessa mainittujen kasvutappiorajojen asteelle, mutta yksittäisten pinojen kohdalla raja ylittyi reilustikin. Kohteet, joissa raja ylittyi, sijaitsivat alueella, jossa oli runsaasti hakkuutähteitä ja hakkuutähteissä (latvat, rungonosat) havaittiin vaakanävertäjien lisääntymistä. Näin ollen korkeimmat kasvaintappiot eivät johtuneet pelkästään puupinosta, vaan niihin vaikutti myös ympäristö. Hakkuutähteet ja alueella mahdollisesti olleet lumenmurrot kasvattivat kasvaintappioita maisemassa yleensäkin. Pinot, joissa korkeimmat kasvaintappiot havaittiin, olivat tilavuuksiltaan luokassa 50–150 m³. On kuitenkin huomattavaa, että myös näillä kohteilla kasvaintappiot putosivat jyrkästi, kun oltiin 40–60 metrin päässä puupinosta, aina taustatasoon asti.

Johtopäätökset ja suositukset lain muuttamiseksi

Ytimennävertäjiä syntyy tienvarsien puutavarapinoissa merkittäviä määriä, eikä nykyisiä laissa olevia päivämääriä puun poiskuljetukselle voida pitää täysin toimivina (Kniivilä ym. 2020). Tästä huolimatta ytimennävertäjätuhot ovat maassamme vähäisiä ja luonteeltaan lieviä lukuun

ottamatta pysyvien terminaalivarastojen ja puunjalostusyritysten ympäristöjä. Nämä kaksi viimeksi mainittua eivät kuuluneet tarkasteluun.

Jos tämän tutkimuksen tuloksia tarkastellaan hehtaarikohtaisesti, kiintotilavuudeltaan alle 50 m³:n pinot eivät nostaneet ytimennävertäjämääriä merkittävästi normaalia taustatasoa korkeammalle, mutta tätä suuremmat pinot nostivat. Puukohtaisessa tarkastelussa pudonneiden kasvainten määrä oli lähes joka pinon kohdalla pienempi kuin kirjallisuudessa mainitut arvot siitä, milloin kasvutappiota alkaa näkyä – jopa pinoa lähinnä olevilla koelajoilla. Poikkeuksen tähän muodostivat pinot, joiden ympäristössä oli hakkuutähteitä. Niiden kohdalla kasvaintappiot olivat kiistatta merkittäviä. Kuitenkin pinon tilavuudesta tai maiseman rakenteesta riippumatta kasvaintuhot ylsivät vain 40–60 metrin päähän puupinosta, ja koska pino ei ole samassa paikassa enää seuraavana vuonna, kasvaintappio itsessään on kertaluonteinen. Vain pahimmissa tapauksissa sen voidaan olettaa vaikuttavan puiden tilavuuskasvuun useampana kuin yhtenä vuonna. Näin ollen lakirajoja mäntypuutavaran poiskuljetukselle voidaan perustellusti pitää ylimitoitettuna, koska suurimmassa osassa tämän tutkimuksen tapauksista, joissa lakia ei noudatettu, ympärysmetsille aiheutuneita kasvaintappioita ei voida pitää merkittävinä. Pienten puupinojen kohdalla ne ovat nykytiedon valossa vaatimattomia.

Tutkimuksen perusteella pienet alle 50 m³:n pinot voidaan vapauttaa poiskuljetuksen aikarajoista. Järeät sahatavaraksi menevät tukkipuupinot kuljetetaan sahoille luontaisesti jo sahatavaran pilaantumisen estämiseksi. Siksi välivarastoon jäävät pinot ovat pienempiläpimittaisia ja ohuempikaarnaisia kuin tukit.

Eri asia ovat toimimattomiksi tiedetyt aikarajat (Kniivilä ym. 2020). On oikeutettua kysyä, pitäisikö niiden kohdalla aikarajoja kiristää. Selvityksen mukaan ytimennävertäjän vaikutus ulottuu käytännössä vain alle hehtaarin alueelle pinosta, joten tuhon vakavuus ei puolla aikarajojen kiristämistä. Tilannetta on kuitenkin seurattava lämpenevässä ilmastossa. Pystynävertäjä pystyy tappamaan puita neulastuholaisten seuraustuholaisena, jota lämpö ja kuivuus edesauttavat (Annala ym. 1999, Cedervind ym. 2003). Pitkäaikaisten puutavaran varastointipaikkojen ympäristöissä tuhoriski oletettavasti konkretisoituu lyhytaikaisesti välivarastoitujen pinojen ympäristöjä aiemmin. Pitempiaikaisia puutavaranvarastoja voisi käyttää indikaattoreina tuhoriskin kasvusta. Puille aiheutuneiden vioitusten ja puiden kuolleisuuden mittausta sekä syiden selvittäminen ajoittain toistetulla seurannalla varastoterminaalien ympäristöissä eri puolella Suomea kertoisi epäsuorasti myös lyhytaikaisempien pinojen varastoinnin aiheuttaman riskitason noususta.

5. Juurikäävän torjunnan kannattavuus kantokäsittelyllä mäntyvaltaisilla turvemailla

Metsätuholaki velvoittaa torjumaan juurikääpää käsittelemällä kasvatus- ja päätehakkuiden yhteydessä tuoreet kantopinnat juurikäävän torjuntaan soveltuvalla kasvinsuojeluaineella. Tämä koskee kivennäismaiden kuusikoita ja männiköitä, mutta turvemailloilla vain kuusivaltaisia metsiköitä. Metsätuholakia arvioitaessa vuonna 2019 tuotiin esiin, että myös turvemaiden mäntyvaltaisia metsiä olisi tarkoituksenmukaista suojella juurikäävän aiheuttamalta männynvitervastaudin riskiltä, mutta torjuntatoimenpiteiden taloudellisesta kannattavuudesta tarvitaan lisätietoja (Kniivilä ym. 2020).

Juurikääpä leviää ilmassa olevien itiöiden välityksellä ilman lämpötilan ollessa 0°C:n yläpuolella. Ilmaston lämmitessä aikaikkuna sekä männyn- että kuusenjuurikäävän leviämiseksi laajenee talvilämpötilojen noustessa. Pakkasjaksoja on harvemmin ja lyhyemmän aikaa.

Kantokäsittelyn juurikääpää vastaan on todettu olevan taloudellisesti kannattavaa kivennäismaiden kuusikoissa tilanteessa, jossa itiöpaine on suuri ja kuusikko on terve tai lähes terve (Honkaniemi ym. 2019). Tämän tuloksen voidaan ajatella pätevän myös turvemaiden männiköihin. Etenkin eteläisen Suomen turvemailloilla, missä juurikääpä esiintyy runsaasti lähellä sijaitsevilla kivennäismailla (paljon kääpiä ja itiöitä) ja missä turvemaiden männiköt ovat suhteellisen terveitä (terveempiä kuin kivennäismaiden männiköt), kantokäsittelystä olisi hyötyä.

Kuusentyvilahoa aiheuttava kuusenjuurikääpä tunnetaan leviämisenopeudeltaan männynjuurikääpä paremmin. Kuusenjuurikäävän leviämisenopeutta kannoista tai puusta toisiin kuvataan Hmallin avulla (Honkaniemi ym. 2014). Vastaavaa ei ole laadittu kuitenkaan männylle turvemaille, eikä Hmalli ole suoraan sovellettavissa mäntyyn ja männynjuurikääpäan. Männynvitervastaudin osalta ei tarkasti tiedetä, missä määrin ja millä nopeudella juurikääpä leviää kannosta tai puusta naapuripuuhun turvemaiden männiköissä. Tämä vaikeuttaa juurikäävän aiheuttaman taloudellisen menetyksen ja kantokäsittelyllä saatavan hyödyn arviointia.

Juurikääpäinfektio männikössä aiheuttaa harvennusten ja päätehakuun ainespuun hakkuukertymien pienenemisen, koska osa puusta kuolee männynvitervastaudin vuoksi. Tästä puolestaan seuraa taloudellisia menetyksiä metsänomistajalle, koska kantorahatulot laskevat – paikoittain merkittävästikin. Tässä tapaustutkimuksessa tarkasteltiin männyn juurikäävän aiheuttamia tulonmenetyksiä turvemaiden männiköissä olettaen juurikäävän aiheuttavan lisäyksen metsikön luontaiseen poistumaan. Tarkastelussa ei huomioitu juurikääpäartunnan vaikutuksia puuston kasvuun.

5.1. Aineisto ja menetelmät

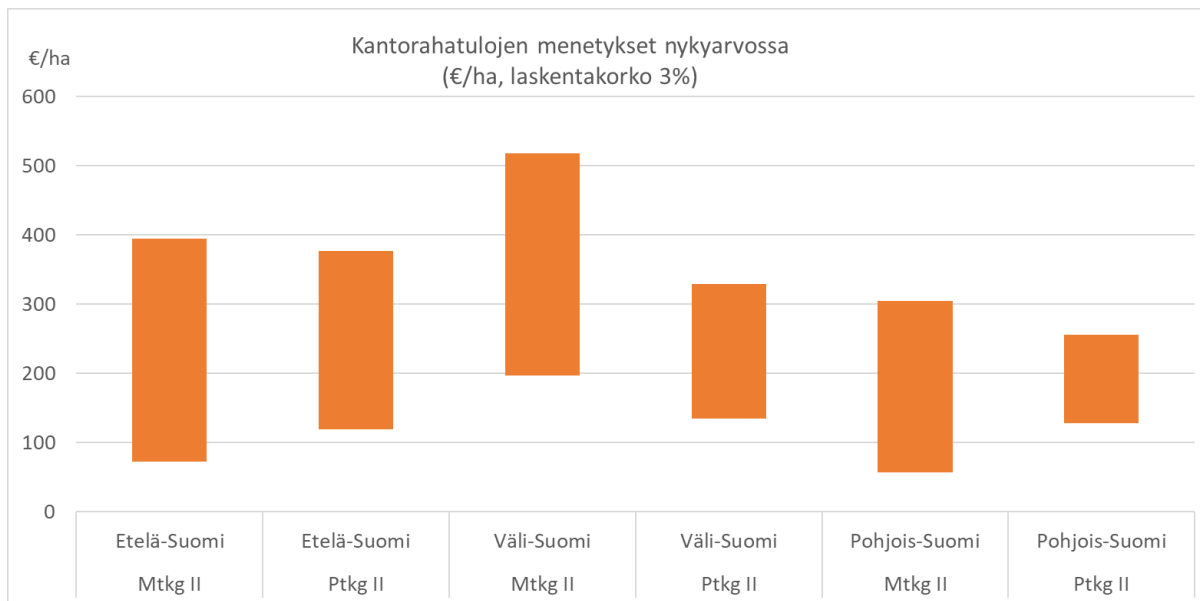
Tutkimuksessa simuloitiin puuston kehitysennusteita erilaisille turvemaiden männiköille Mottimetsikkösimulaattorilla (Hynynen ym. 2014) olettaen juurikääpäinfektion aiheuttavan hakkuukertymiin puuston normaaliin kuolemiseen nähden kaksinkertaisen menetyksen. Simulointien lähtöpuustoina käytettiin mitattuja runkolukusarjoja erilaisista inventointi- ja koeala-aineistoista valittuina siten, että ne edustivat eri maantieteellisiä alueita: Etelä-, Väli- ja Pohjois-Suomi, ja kasvupaikkoja: mustikkaturvekangas II (Mtkg II) ja puolukkaturvekangas II (Ptkg II). Mukaan valittiin mäntyvaltaisia metsiköitä, joissa metsikön runkoluku oli riittävä niin, että simuloitussa kasvatuksessa voitiin toteuttaa 1–2 harvennusta ja joissa harvennuksissa poistui riittävästi mäntyä. Simuloinnit toteutettiin kaikkiaan 25:lle eri lähtöpuustolle.

Juurikäävän aiheuttama hakkuukertymien pieneneminen saatiin aikaan poistamalla kustakin simuloidusta hakkuukertymän runkolukusarjasta satunnaisesti yksittäisiä puita, joiden oletettiin olevan juurikääpäinfektion vuoksi kelpaamattomia ainespuuksi. Poistettavien puuyksilöiden summa vastasi simulointien mukaista luontaista vuotuista puiden kuolemista kaksinkertaisena edellisestä harvennuksesta (harvennuksat ja päätehakkuu) tai simuloinnin alusta lähtien (ensiharvennuksat). Satunnaistamisen tarkoituksena oli kuvata juurikääpäinfektiota: etukäteen ei tiedetä mihin puihin tauti iskee – isoihin vai pieniin. Lopuksi laskettiin pienentyneiden hakkuukertymien mukaiset hakkuutulot ja verrattiin niitä alkuperäisiin hakkuutuloihin. Kiertoaikaiset kantorahatulot menetykset määritettiin kaikille simuloiduille metsiköille.

Edellä määritettiin pelkästään mahdolliset tulonmenetykset. Jotta voidaan päätellä, onko juurikäävän torjunta liiketaloudellisesti perusteltua, tulee tulonmenetyksiä vielä verrata kantokäsittelyn kustannuksiin. Tätä varten laadittiin erillinen laskuri, jossa käyttäjä pystyy vaihtelevaan tuhoastetta (% ainespuusta) sekä kantokäsittelyn yksikkökustannuksia. Laskurissa puuston kehityssennusteet perustuvat samoihin 25 simulointiin kuin pääanalyysissäkin. Laskurilla pystytään esimerkiksi määrittämään, kuinka suurella tuhoasteella kantokäsittely on vielä liiketaloudellisesti perusteltua, *ceteris paribus*. Laskurissa käytetään Kärhän ym. 2018 julkaisussa esitettyjä kantokäsittelyn kulutuslukuaroja (engl. consumption of treatment materials): 0,9 l/m³ harvennuksissa (ka. 1,09 ensiharvennuksissa ja 0,72 muissa harvennuksissa, l/m³) ja 0,39 l/m³ päätehakkuissa. Lisäksi oletetaan kantokäsittelyssä käytettävän ”PS-Kantosuoja 2” -liuosta, jonka hintana käytettiin 32 €/20 l, eli 1,6 €/litra. Näin saatiin kantokäsittelyn välittömiksi muuttuviksi kustannuksiksi 1,45 €/m³ harvennuksissa ja 0,62 €/m³ päätehakkuussa. Tässä laskelmassa ei otettu huomioon kantokäsittelystä aiheutuvaa tuotostappiota eikä kiinteitä kustannuksia, koska näistä ei ole olemassa tieteellistä tutkimusnäyttöä (vrt. Korhonen 2015).

5.2. Tulokset ja tarkastelu

Edellä kuvatuin oletuksien kantorahatulot menetykset muodostuivat kuvan 36 mukaisiksi. Esimerkiksi Väli-Suomessa Mtkg II:lla kantorahatulot hehtaariohtaiset menetykset nykyarvossa metsiköittäin vaihtelivat noin 200 eurosta reiluun 500 euroon, kun laskentakorkokantana käytettiin 3 %:a (kuva 36). Vastaavasti Pohjois-Suomessa Ptkg II:lla kantorahatulot hehtaariohtaiset menetykset vaihtelivat noin 130 euron ja 250 euron välillä (kuva 36).



Kuva 36. Pylväät kuvaavat kantorahatulojen menetysten vaihtelua nykyarvossa (€/ha), kun laskentakorkokanta on 3 %. Yksittäisten metsikköiden määrä simuloinneissa vaihteli kolmen ja kuuden metsikön välillä alueittain ja kasvupaikoittain (esimerkiksi, Etelä-Suomi / Mtkg II: 3 metsikköä, Väli-Suomi / Ptkg II: 6 metsikköä).

Taulukossa 11 on esitetty laskurilla määritetyt ns. *break-even*-lukuarvot, jotka esittävät kuinka suuri tuhoasteen pitää vähintään olla, jotta kantokäsittelyn kustannukset olisivat liiketaloudellisesti perusteltuja. *Break-even*-lukuarvot esitetään kunkin alueen ja turvekangastyypin (esim. Etelä-Suomi, Mtkg II) yksittäisten simuloitien aritmeettisina keskiarvoina kahdella laskentakorkokannalla, 3 % ja 4 % (taulukko 11). *Break-even*-lukuarvoista nähdään, että liiketaloudellisesti perusteltu pienin tuhoaste kasvaa etelä-pohjois-gradientin mukaan – mitä pohjoisempaan metsikkö sijaitsi, sitä korkeampi tuhoasteen on oltava, jotta kantokäsittely olisi liiketaloudellisesti perusteltua (taulukko 11). Sen sijaan maaperän ravinteisuustasolla ei näyttäisi olevan ratkaisevaa merkitystä vaadittavan tuhoasteen suhteen (taulukko 11). Luonnollisesti, laskentakorkokanta vaikuttaa tuloksiin paljonkin: esimerkiksi, 3 %:n laskentakorkokannalla pienin liiketaloudellisesti perusteltu tuhoaste (%) on Etelä-Suomen Mtkg II:lla 10,8 %, kun se 4 %:n laskentakorkokannan mukaan on 15,8 % (taulukko 11). Tämä johtuu siitä, että tuottovaateen (laskentakoron) kasvaessa kantorahatulojen menetykset nykyarvossa pienenevät suhteellisesti merkittävästi enemmän kuin kantokäsittelyn kustannukset nykyarvossa, mikä puolestaan aikaansaa sen, että tuhoasteen pitää olla suurempi, jotta kantorahatulojen menetykset nykyarvossa vastaisivat kantokäsittelyn kustannusten nykyarvoa.

Tuloksia tulkittaessa on syytä muistaa, että lukuarvot perustuivat ainoastaan 25 metsikön simuloiteihin. Näin pienellä määrällä ei saada riittävästi esiin turvemaametsikköiden rakenteessa esiintyvää runsasta vaihtelua. Näin ollen, tuloksiin pitää suhtautua varauksella – ne korkeintaan kuvastavat juurikääpäinfektion mahdollista vaikutusta metsätalouden harjoittamisen kannattavuuteen turvemaiden männiköissä. Tulokset tulisi verifioida huomattavasti laajemmalla aineistolla. Toinen huomioitava asia on *break-even*-lukuarvot, jotka perustuvat pelkästään kantokäsittelyn välittömiin muuttuviin kustannuksiin. Näiden kustannusten lisäksi koneurakoitsijoille tulee kustannuksia laiteinvestoinneista ja heikentyneestä tuottavuudesta. Näin ollen tässä esitetyt tulokset edustavatkin tuhoasteen suhteen karkeita alarajoja.

Taulukko 11. *Break-even*-lukuarvot, jotka ilmaisevat pienimmän juurikäpääninfektion aiheuttaman tuhoasteen (% hakkuukertymistä,) jolla kantokäsittely on vielä liiketaloudellisesti perusteltua (ts. kantokäsittelyn kustannukset = juurikäpääninfektion aiheuttamat tulonmenetykset nykyarvossa).

Alue & suotyyppi	3 % laskentakorkokanta [x_1 , x_2] ^{a)}	4 % laskentakorkokanta [x_1 , x_2]
Etelä-Suomi / Mtkg II	10,8 % ^{b)} [8,8 %, 12,8 %]	15,4 % [14,8 %, 23,7 %]
Etelä-Suomi / Ptkg II	11,0 % [9,5 %, 12,0 %]	19,2 % [16,4 %, 21,1 %]
Väli-Suomi /Mtkg II	11,6 % [10,8 %, 12,7 %]	20,8 % [18,3 %, 24,7 %]
Väli-Suomi / Ptkg II	11,4 % [9,3 %, 14,1 %]	20,2 % [14,9 %, 27,6 %]
Pohjois-Suomi /Mtkg II	16,0 % [12,5 %, 18,9 %]	32,7 % [22,2 %, 41,9 %]
Pohjois-Suomi /Ptkg II	17,9 % [13,1 %, 22,8 %]	35,6 % [24,8 %, 47,0 %]

^{a)} x_1 kuvaa pienintä ja x_2 suurinta tuhoastetta (%) yksittäisten simulointien mukaan, ^{b)} lukuarvo (tuhoaste, 10,8 %) teknisesti määritetty taulukkolaskimen Ratkaisin-aliohjelman avulla

Liiketaloudellisessa juurikäävän torjunnan tarkastelussa on rajoitteensa. Lisäksi tarkastelua vaikeuttaa myös puutteellinen tieto juurikäävän leviämisenopeudesta turvemaiden männikoissä. Tämä tulisikin selvittää tutkimuksen keinoin. Liiketaloudellinen tarkastelu ei huomioi, että keran juurikäävän saastuttama männikkö on juurikäpäinen myös seuraavassa puusukupolvessa.

Juurikäävän tapauksessa yksittäisen metsänomistajan liiketaloudellinen päätös jättää kantokäsittely tekemättä vaikuttaa myös kyseistä metsikköä laajemmalla alueella. Mitä vähemmän tautia torjutaan, sitä yleisemmäksi se tulee ja sitä suurempi itiöpaine ympäristöön kertyy. Kantokäsittelystä huolehtimisen merkitys kasvaa, jottei taudin leviäminen pääse valloilleen. Kun juurikäpä iskeytyy metsikköön, se jää sinne pysyvästi. Juurikäpä jatkaa leviämistä puusta toiseen juuriyhteyksien välityksellä. Juurikäpä on huomioitava myös, kun tavoitellaan turvemaametsien jatkuvapeitteistä kasvatusta.

Tyvitervastaudin todellista esiintymisrunsautta on vaikea arvioida, sillä vain pienellä osalla tartunnan saaneista puista on havaittavissa ulkoisia merkkejä tyvitervastaudista. Valtaosalla sairastuneista puista juurikäpätartunta rajoittuu pieneen osaan juuristoa. Pienialaisetkin juuristotartunnat voivat kuitenkin vähentää merkittävästi puiden kasvua. Ruotsissa tehdyssä tutkimuksessa kymmenen prosentin laho-osuus juuristossa vähensi sairastuneiden mäntyjen vuotuista tilavuuskasvua kivennäismaalla lähes 13 prosenttia (Wang ym. 2014). Näin ollen kasvutappiot voivat muodostaa suurimman osan tyvitervastaudin aiheuttamista taloudellisista menetyksistä.

Kantokäsittely tehdään ennaltaehkäisevästi tavoitteena estää tuhonaiheuttajan pääsy alueelle. Metsätuholailta pyritään tuhojen ennaltaehkäisyyn ja niiden välttämiseen. Kaarnakuoriaistuhojen torjuminen on tuhojen ennaltaehkäisyä ja metsätuholaki huolehtii, että tuhohyönteisen lisääntymismateriaali kuljetetaan pois ennen kuin vakavaa ja vaikeasti torjuttavaa tuhoa pääsee syntymään. Valtakunnallisesti ja yhteiskunnallisesti juurikäävän torjunnan tulee perustua samaan periaatteeseen.

6. Suositukset metsätuholain uudistamistyöhön

Metsätuholain uudistamiseksi on selkeä tarve aikaistaa kuorellisen kuusipuutavaran poiskuljetusta B-alueella, sillä kirjanpainajat ehtivät lämpösummatarkastelun perusteella aikuistumaan ja leviämään ympäröivään metsään ennen metsätuholain kuorellisen kuusipuutavaran poistolle asettamaa aikarajaa (24.7.). B-alueen eteläiset alueet tulisi liittää A-alueeseen, jolloin aikarajaksi tulisi 15. heinäkuuta. Parhaillaan B-alueeseen kuuluvat maakunnat Etelä-Pohjanmaa, Etelä-Savo, Keski-Pohjanmaa, Keski-Suomi, Pirkanmaa, Pohjanmaa, Pohjois-Karjala, Pohjois-Savo ja Satakunta. Näistä selvimmin A-alueeseen liitettäviä olisivat Satakunta, Pirkanmaa ja Etelä-Savo. Vuoden 2020 aikana Luonnonvarakeskukseen ja Suomen metsäkeskukseen on saatu ilmoituksia metsänomistajilta ja metsäammattilaisilta kirjanpainajatuhoista myös Etelä-Pohjanmaalta sekä Keski-Suomen ja Pohjois-Savon pohjoisemmista osista. Myös näiden B-alueen maakuntien osalta kirjanpainajankantojen kehitystä on seurattava.

Metsätuholaki A-alueen osalta huomioi myös kesähakkuiden aiheuttamat kirjanpainajan tuhoriskit. Lämpimänä kesänä kirjanpainaja tuottaa kasvukauden aikana myös ns. sisarsukupolven ja tulevaisuudessa pystyy useammin munimaan myös toisen sukupolven. Metsätuholaissa A-alueella koskee myös velvollisuus kuljettaa pois hakkuualalta ja välivarastosta kesäkuun 1. ja elokuun 31. päivän välisenä aikana kaadettu kuusipuutavara 30 päivän kuluessa hakkuuhestä. Puun korjuun ja kuljetuksen logistiikkaa tarkasteltaessa tätä kesähakkuiden tuomaa muutosta ei huomioitu B-alueella, jos B-alueen osa suositellun mukaisesti liitetään A-alueeseen. Kirjanpainajan elinkierron puolesta myös tämä on tärkeä muutos A-alueen laajentuessa. Toisen sukupolven ajoittuminen ja selviytymiskyky talvea vasten ja talven aikana vaatii lisätutkimusta eri alueilla Suomessa etelä-pohjoissuunnassa.

Lämpösummatarkastelun perusteella lain asettama aikaraja kirjanpainajan aikuistumisen suhteen on eniten myöhässä C-alueella, mutta siellä aikaistamiseen ei ole tarvetta. Alueella ei ole havaittu kirjanpainajatuhoja juuri lainkaan, eivätkä lajin taustakannat ole korkeita. Tämä johtuu yksinkertaisesti siitä, että kevätkesän kirjanpainajille suotuisat parveilulämpötilat alkavat suuressa osassa C-alueella niin myöhään, että lajin kehitys alueella on huomattavasti hitaampaa kuin B- tai A-alueilla. Kun tähän lisätään keskimääriin viileämpi alkusyksy, kirjanpainaja ei ehdi runsastua aiheuttamaan merkittäviä tuhoja.

Kuusipuutavaran kuljetusten aikaistus B-alueella yhdeksällä päivällä voi aiheuttaa 0,4–1,4 %:n kustannuslisän sellukuusen kuljetuskustannuksiin vuositasolla. Aikaistus lisää kuljetusresurssien ja terminaalivarastoinnin tarvetta, joista edelliseen voidaan vaikuttaa osin kuljettajien lomien ja työvuorojen uudelleenjärjestelyillä. Jos varastomäärät metsätuholainalaisista puutavaralajeista ovat suuret ja uhka kuljetusresurssien riittävydestä metsätuholain määräaikoihin mennessä on olemassa, voidaan joutua keskeyttämään korjuuta ennen kuljetusten määräaikaa. Korjuun keskeytys esimerkiksi viikolla lisäisi korjuukustannuksia enimmillään 0,7 % vuositasolla. Selvityksen mukaan kuusipuutavaran poiskuljetuksen aikaistus yhdeksällä päivällä on logistisesti mahdollista. Tätä tukevat alan toimijoille tehdyt haastattelut. Haastateltavien mukaan myös metsätuholain määräämät toimenpiteet koetaan tärkeänä.

Männyn ytimennävertäjätuhojen osalta pienet, alle 50 m³:n kokoiset, mäntypinot voitaisiin maastomittausten perusteella vapauttaa poiskuljetuksen aikarajoista. B-alueella tällaisia alle 50 m³:n mäntykuitupinoja oli 33 % tilavuudesta ja 76 % määrästä. Näiden poiskuljettaminen ajoittuisi jatkossa todennäköisesti kuusiselukuitupuuta koskevan ajanjakson 2.7.–15.7. jälkeen. Ytimennävertäjät aiheuttavat kasvutappioita ympäröivään metsään, mutta pystynävertäjän lisääntynyt ravintosityönte pinon ympärillä harvoin ylittää yli 40–60 metrin päähän pinosta, ei edes suurten puutavarapinojen kohdalla. Lisäksi pinojen varastointi on lyhytkestoista, joten metsikkö

toipuu pinon aiheuttamasta vahingosta toisin kuin pitkäaikaisten puutavaravarastojen ympäröivät metsät. Isoista pinoista kuoriutuu kuitenkin merkittävä määrä pystynävertäjiä, jotka aiheuttavat kasvatappiota läheiselle mäntypuustolle, jolloin suurempien pinojen vapauttaminen siirtovelvoitteesta ei ole perusteltua. Tätä tukivat myös maastomittaukset.

Juurikäävän leviämisen ehkäisemiseksi voitaisiin mäntyvaltaisille turvekankaille suositella kantokäsittelyvelvoitetta etenkin eteläisessä Suomessa. Liiketaloudellisesti perusteltu pienin tuhoaste kasvaa etelästä pohjoiseen – mitä pohjoisempana metsikkö sijaitsee, sitä korkeampi tuhoasteen on oltava, jotta kantokäsittely olisi liiketaloudellisesti perusteltua. Liiketaloudellisesti perustellussa toimenpiteessä metsiköstä saatavat kantorahatulot ylittävät kantokäsittelyyn käytetyt kustannukset. Liiketaloudellinen analyysi ei sovi juurikäävän epidemiologiaan täysin. Kun terve männikkö sairastuu juurikääpärtartunnan vuoksi männynyvitervastautiin, tautia ei enää saada torjuntatoimenpiteillä poistettua metsiköstä. Tauti jatkaa leviämistään puusta toiseen ja siirtyy aikanaan myös seuraavaan mäntypuusukupolveen. Nyt voitaisiin suojella todennäköisesti sängen terveet turvekankaiden männiköt männynyvitervastaudilta: mitä kattavammin kantokäsittely tehdään Suomen mäntyvaltaisissa metsissä maapohjan laatuun katsomatta, sitä vähemmän männynjuurikäpää esiintyy tulevaisuudessa.

Lämpenevä ilmasto lisää sekä juurikäävän, kirjanpainajan että ytimenävertäjien esiintymistä lisäten niiden kehitykselle sopivia olosuhteita. Myös muiden hyönteisten, jotka lisääntyvät kirjanpainajan ja ytimenävertäjien tapaan heikentyneissä ja vioittuneissa puissa sekä kuorellisessa puutavarassa, runsastumista on tarkkailtava lämpenevässä ilmastossa. Lämpimät ja kuivat kesät voivat lisätä myös neulastuholaisten esiintymistä, ja sen myötä seuraustuhojen riski voi kasvaa. Metsätuholain uudistuksen jälkeen lain toimivuutta on seurattava säännöllisesti.

Viitteet

- Andersson, S-O. 1974. Tillväxtförluster till följd av mörghorreskador. I: Framtidsskogen – Skogsproduktionens mål och medel. Inst. f. skogsprod. Rapp. och Upps. 33: 102–112.
- Andersson, S-O. & Lekander, B., 1966. Mörghorreskador vid olika metoder och tidpunkter för gallring i tallskog. Sv. Skogsv.förbunds Tidskr. 7: 681–696.
- Annala, E. & Heikkilä, R. 1991. Breeding efficiency in *Tomicus piniperda* and shoot damage after late autumn thinning of young *Pinus sylvestris* stands. Scandinavian Journal of Forest Research 6: 197–207.
- Annala, E., Långström, B., Varama, M., Hiukka, R. & Niemelä, P. 1999. Susceptibility of defoliated Scots pine to spontaneous and induced attack by *Tomicus piniperda* and *Tomicus minor*. *Silva Fennica* 39: 93–106.
- Cedervind, J., Pettersson, M. & Långström, B. 2003. Attack dynamics of the pine shoot beetle, *Tomicus piniperda* (Col.; Scolytinae) in Scots pine stands defoliated by *Bupalus piniaria* (Lep., Geometridae). *Agricultural and Forest Entomology* 5: 253–261.
- Fagerström, T., Larsson, S., Lohm, U. & Tenow, O. 1977. Growth in scots pine (*Pinus silvestris* L.): a hypothesis on response to *Blastophagus piniperda* L. (Col., Scolytidae) attacks. *Forest Ecology and Management* 1: 273–281.
- Ericsson, A., Hellqvist, C., Langstrom, B., Larsson, S. & Tenow, O. 1985. Effects on growth of simulated and induced shoot pruning by *Tomicus piniperda* as related to carbohydrate and nitrogen dynamics in Scots pine. *Journal of Applied Ecology* 22(1): 105–124.
- Fjeld, D., Väättäinen, K., von Hofsten, H., Noreland, D., Callesen, I. & Lazdins, A. 2021. A common Nordic-Baltic costing framework for road, rail and sea transport of roundwood. Nibio rapport, vol. 7. nr. 8. 32 p. <https://hdl.handle.net/11250/2723839>
- HE 119/2013 vp. Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi metsätuhojen torjunnasta ja eräiksi siihen liittyviksi laeiksi. <https://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2013/20130119.pdf>
- Honkaniemi, J., Ojansuu, R., Piri, T., Kasanen, R., Lehtonen, M., Salminen, H., Kalliokoski, T. & Mäkinen, H. 2014. Hmodel, a *Heterobasidion annosum* model for even-aged Norway spruce stands. *Can. J. For. Res.* 44: 796–809.
- Honkaniemi, J., Ahtikoski, A. & Piri, T. 2019. Financial incentives to perform stump treatment against *Heterobasidion* root rot in Norway spruce dominated forests, the case of Finland. *Forest policy and economics* 105: 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.05.105>
- Hornvedt, R., Christiansen, E., Solheim, H. & Wang, S. 1983. Artificial inoculation with *Ips tygraphus*-associated blue stain fungi can kill healthy Norway spruce trees. *Medd. Nor. inst. for skogsforsk.* 38(4): 1–20.
- Hynynen, J., Salminen, H., Ahtikoski, A., Huuskonen, S., Ojansuu, R., Siipilehto, J., Lehtonen, M., Rummukainen, A., Kojola, S. & Eerikäinen, K. 2014. Scenario Analysis for the Biomass Supply Potential and the Future Development of Finnish Forest Resources. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 302, 106 p.

- Juutinen, P. 1978. Kuitupuupinot pystynävertäjän (*Tomicus piniperda* L.) lisääntymispaikkoina Pohjois-Suomessa. *Folia Forestalia* 335.
- Kniivilä, M., Hantula, J., Hotanen, J.-P., Hynynen, J., Hänninen, H., Korhonen, K.T., Leppänen, J., Melin, M., Mutanen, A., Määttä, K., Siitonen, J., Viiri, H., Viitala, E.-J. & Viitanen, J. 2020. Metsälain ja metsätuholain muutosten arviointi. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 3/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 124 s.
- Komonen, A., Laatikainen, A., Similä, M. & Martikainen, P. 2009. Ytimenävertäjien kasvainsyönti trombin kaataman suojelumännikön ympäristössä Höytiäisen saarella Pohjois-Karjalassa. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2009: 127–134.
- Korhonen, J. 2015. Kantokäsittelyn kustannusten muodostuminen. Opinnäytetyö, kesäkuu 2015. *Metsätalouden koulutusohjelma*, Tampereen ammattikorkeakoulu.
- Kärhä, K., Koivusalo, V., Palander, T. & Ronkanen, M. 2018. Treatment of *Picea abies* and *Pinus sylvestris* stumps with urea and *Phlebiopsis gigantea* for control of *Heterobasidion*. *Forests* 9: 139. doi:10.3390/f9030139
- Långström, B. 1984. Windthrown Scots pines as Brood material for *Tomicus piniperda* and *T. minor*. *Silva Fennica* 18: 187–198.
- Långström, B. & Hellqvist, C. 1990. Spatial distribution of crown damage and losses caused by recurrent attacks of pine shoot beetles in pine stands surrounding a pulp mill in southern Sweden. *Journal of Applied Entomology* 110: 261–269.
- Långström, B. & Hellqvist, C. 1992. Height growth recovery and crown development in top-damaged *Pinus sylvestris* trees. *Scand. J. For. Res.* 7: 237–247.
- Mattsson-Mårn, L. 1921. Märgborrens kronskadegörelse och dess inverkan på tallens tillväxt. *Meddelanden från Statens skogsförsöksanstalt*, 18: 81–101.
- Melin, M., Ylioja, T., Aarnio, L., Hamunen, K., Nevalainen, S., Pouttu, A. & Viiri, H. 2021. Emergence levels of pine-shoot beetles (*Tomicus piniperda*) from roundwood piles and the cascading damage to the surrounding forests. *Vertaisarvioitava*.
- Metsäteho. 2003. Kuitupuun pinomittaus. Päivitetty uusintapainos. Toukoprint Oy, Helsinki. 14 s.
- Nilsson, S. 1974. Increment losses caused by *Blastophagus piniperda* on Scots pine. Rep. 78. Royal College of Forestry, Garpenberg.
- Pouttu, A. & Annala, E. 2010. Kirjanpainajalla kaksi sukupolvea kesällä 2010. *Metsätieteen aikakauskirja* 4: 521–523.
- Silver, T. & Piri, T. 2017. Havaintoja tyvitervastaudista turvemaiden männiköissä. *Suo* 68(1): 1–12.
- Siitonen, J., Määttä, K., Puntila, P. & Syrjänen, K. 2021. Metsälain arvioinnin jatkoselvitys 10 §:n muutosten vaikutuksista monimuotoisuuden turvaamiseen. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 6. 76 s.
- Skogsstyrelsen 2021. Miljontals granar dödades av granbarkborren 2020. *Pressmeddelande* 3.12.2020. <https://www.skogsstyrelsen.se/nyhetslista/miljontals-granar-dodades-av-granbarkborren-2020/>

- Stroink, H.J. 1982. Bestandesschäden durch Ernährungsfrass und Brutbefall des grossen Waldgärtners (*Blastophagus piniperda* L.) an Kiefer (*Pinus sylvestris* L.). Thesis, Georg-August-Universität; Göttingen, 1–113.
- Toth, D., Maitah, M., Maitah, K. & Jarolínova, V. 2020. The impacts of calamity logging on the development of spruce wood prices in Czech forestry. *Forests* 11: 283. <https://doi.org/10.3390/f11030283>
- Viiri, H. 2002. Interactions between host trees and fungi associated with the spruce bark beetle (*Ips typographus*). *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 864: 1–48.
- Viiri, H., Viitanen, J., Mutanen, A. & Leppänen, J. 2019. Metsätuhot vaikuttavat Euroopan puumarkkinoihin – Suomessa vaikutukset toistaiseksi vähäisiä. *Metsätieteen aikakauskirja* id10200: 7s. <https://doi.org/10.14214/ma.10200>
- Wang, L., Zhang, J., Drobyshev, I., Cleary, M. & Rönnerberg, J. 2014. Incidence and impact of root infection by *Heterobasidion* spp., and the justification for preventive silvicultural measures on Scots pine trees: a case study in southern Sweden. *For. Ecol. Man.* 315: 153–159.
- Öhrn, P., Björklund, N. & Långström, B. 2018. Occurrence, performance and shoot damage of *Tomicus piniperda* in pine stands in southern Sweden after storm-felling. *Journal of Applied Entomology* 142: 854–862.

Liitteet

Liite 1.

Taulukko L1. Puutavara-auton keskimääräiset kuljetussuoritteet laskennan perustilassa BAU (=Business as usual).

Kuljetussuoritteet	Suoritearvot
Kuljetusmatka, km	101
Keikka-aika, h	5,3
Ajonopeus, km/h	62,7
Polttoaineen kulutus, l/100km	66,0
Käyttötunnit, h/vuosi	4 400
Työtunnit, h/vuosi	4 532
Kuormat vuodessa	835
Kuljetussuorite, tonnia/vuosi	40 096
Ajomäärä, km/vuosi	171 445

Taulukko L2. Puutavara-auton kiinteät ja muuttuvat kustannukset laskennan perustilassa BAU.

Kiinteät kustannukset	€/vuosi	€/km	%
Puutavara-auton korkokulut	10 620	0,06	2,8
Vakuutus- ja liikennöimismaksut	10 000	0,06	2,6
Hallinto- ja ylläpitokustannukset	10 000	0,06	2,6
Palkkakustannukset	135 785	0,79	35,6
Muuttuvat kustannukset			
Puutavara-auton pääoman poisto	46 290	0,27	12,1
Renkaat	17 145	0,1	4,5
Korjaus ja huolto	25 717	0,15	6,7
Poltto- ja voiteluaineet	125 583	0,73	32,9

Taulukko L3. Puutavaraterminaalin kustannuslaskennan taustatekijät.

Tausta- ja kustannustekijät	arvot
Terminaalitalan tarve puutavaralle, m ³ /m ²	1,8
Terminaalialue, ha	2,5
Puutavaran läpikierto vuodessa, m ³	55 000
Sellukuusen varastomäärä vuodessa, m ³	10 000
Muun puutavaran varastomäärä vuodessa, m ³	45 000
Maapohjan hankintahinta, €/ha	6 500
Tieliittymän teko, €	80 000
Pohjan teko (sorapintainen), €/m ²	61,1
Terminaalialueen jäännösarvo, €/ha	6 500
Vakuutus- ja ylläpitokustannus, €/vuosi	15 000
Laskentakorko, %	3
Poistoaika, vuosia	15

Taulukko L4. Puutavaraterminaalin kustannukset.

Kustannukset	€/vuosi
Pääoman poisto	107 817
Korkokustannus	24 454
Vakuutus- ja ylläpitokustannus	15 000
Vuosikustannus yhteensä	147 270

Liite 2.

Poimintoja korjuu- ja kuljetusyrittäjien sekä puunhankinnan logistiikkavastaavien haastatteluista

Kommenteissa esiintyy alalla käytettävä omanlaisensa termistö, jonka metsätuholaki on aikaansaanut. Käsite "ötökkäpuu" tai "toukkapuu" tarkoittaa nk. *metsätuholainalaista puutavaraa* eli sitä puutavaraa, joka on velvoitettu kuljettamaan pois metsästä ja välivarastosta laissa annettuun aikarajaan mennessä. Käsite "pinon kuorinta" tarkoittaa *pinon pintaosan kuormausta ja poiskuljetusta*. Kuorinnalla ei tässä yhteydessä tarkoiteta yksittäisten runkojen kuoren poistoa.

Alla poimintoja haastatteluista:

Korjuuyrittäjä: *"Tärkein on metsien terveys! Ei tulevaisuutta tällä lajilla, jos sitä ei oteta tosissaan. Saatava tutkittua tietoa. Kuusta varastoidaan kuitenkin vähäinen määrä ja sen takia ei kannata ottaa riskiä; eli nämä vähäiset määrät voidaan korjata ja kuljettaa myös aikaisempaan määräk aikaan mennessä."*

Korjuuyrittäjä: *"Sellutehtaatkin haluaa tuoreempaa, sillä kuoriutuminen edelleen kuivalla ongelma. Voi olla jatkossa, että ei kohdella samalla tavalla kuin mäntykuitua. Jatkossakin pyritään kierrättämään nopeammin kuin mäntykuitua."*

Korjuuyrittäjä: *"Terminaalijattelu parantaa tilannetta, entistä vähemmän ötökkäpuuongelmaa, keliolosuhteista huolimatta voidaan ajaa puita."*

Korjuuyrittäjä: *"Kuljetusten määräajat pakottaa siihen, että varastot kiertää eikä paisuteta varastoja, sillä se aiheuttaa korjuuseen seisokkeja. Toisin sanoen määräajat estävät liiallisen ja pidentyneen varastoinnin, mikä aiheuttaisi merkittävää vaihtelua korjuuseen."*

Korjuuyrittäjä: *"Pitäisi olla kuljetuskapasiteettia enemmän tai terminaaleja, joista tuholaiset eivät leviä. Muutoin määräajat vähentää korjuuta, tulee rajoituksia tai pysäytyksiä, jotta varastot saadaan pidettyä sen suuruisina, että kuljetuskalusto riittää varastojen nopeampaan tyhjentämiseen."*

Kuljetusyrittäjä: *"Jos kuusen määräaika aikaistuu, niin jatkossa kireempi aikataulu, kun mänty ja kuusi samoihin aikoihin, varastojen hallinta kysymys, kierto toimimaan, silloin ei aikaistuksella ei merkitystä."*

Kuljetusyrittäjä: *"Joissain terminaaleissa ei laitettu toukkalain alaista puuta ollenkaan (naapurilta kova vastustus) Vaikea löytää hyviä terminaaleja, ja hyvät terminaalit voi olla kaukana (HUOM! Tämä vuosi oli huono, kiirettä!) Muussa (ollaan tärkeän asian osalla, meidän tulee sopeutua, jos tuho alueet suuria (paljon havaintoja tänä kesänä harmaista kuusialueista). Teitten varsilla pikitien molemmin puolin, joissa paljon puutavaraliikennettä, jossa ajetaan junatermiinalliin, voiko kuljetuksesta levitä kaarnakuoriaiset tien varsille? Kun ajetaan toukkapuuuta ke-sällä!!! Kuori toukkapuuassa on selkeästi irti."*

Kuljetusyrittäjä: *"Meidän mielestä toukka iskee tosi aikaisin puuhun, purun määrä on suurempi kuin aikaisempina vuosina ja syvemmällä. Kasa voi olla läpeensä ötökkää."*

Kuljetusyrittäjä: *"On ollut myös vuosia, jolloin ei ole tarvinnut ötökkälainalaista kuusipuuta siirrellä terminaaleihin tai kuoria."*

Kuljetusyrittäjä: *"Pienet erät pyrkii siirtämään riittävän ajoissa (ei tule kiire niiden osalta)."*

Kuljetusyrittäjä: *"Kuusi on ollut hyvä porras, kun ero, vastaanottopää säätelee enemmän kuljetuksia. Mäntykuitupuuta ajetaan enemmän terminaaleihin."*

Kuljetusyrittäjä: *"Kun mäntyjaksosta pääsee ohitte, niin helpottaa. Hakkuut pienimmillään silloin. Aiheuttaa pienen piikin kuljetuksiin ja kuorimiseen."*

Puunhankinta: *"Sahojen seisokit heinä-elokuussa, tehtailla joko huhti-toukokuussa tai syys-lokuussa. Tehdaspuolella jaksotus on luonnollista, sillä sama huoltoporukka kiertää tehtaita. Kaiken aikaa mietitään seisokkien ajoitusta ja vaikutusta puunhankinnan toimintaan."*

Puunhankinta: *"Talvikausien toimitusmäärät ovat hieman enemmän siirtyneet kesäkuukausille. Kausivaihtelua on pyritty tasaamaan. Viime talvena ei juuri talvea ollut etelässä, joten painotus muutenkin pienenee. Kuivia kesäjaksoja pyritään hyödyntämään tehokkaammin."*

Puunhankinta: *"Ötökkäpuiden huomioon ottaminen vaatii lisää suunnitelmallisuutta; varastot ei saisi tulla liian suuriksi, jotta kuljetukset voidaan toteuttaa määräaikaan mennessä. Tukkivarastot ajetaan niin alas kuin mahdollista sahojen kesälomien ajaksi. Ötökkäpuiden varastojen tyhjentäminen ja sen sujuvuus riippuu paljon keleistä ja tehtaiden käyttöasteista ja jos kuitua käytävät tehtaat toimivat tasaisesti, varastot eivät kasva."*

Puunhankinta: *"Alkukesän aikana tienvarsivarastot joudutaan pudottamaan optimia alemmas ja varastoimaan puuta terminaaleissa etenkin kuitujen osalta. Elokuussa korjuuta pitää toisaalta pyörittää täysillä, jotta varastot saadaan nousuun ja toimitukset hoidettua, kun kesän aikana ne on pudotettu alas."*

Puunhankinta: *"Jos ötökkälainalaista puuta ei saada ennen määräaikaan kuljetettua käyttöpaikeille, kuitupuun osalta käytännössä mäntykuidun talvivarastoja siirretään ensin terminaaleihin ja kuusikuidun osalta myöhemmin, kun rajat lähenevät. Terminaalit, jotka ovat tehtaan yhteydessä tai vieressä, sinne ensin. Mutta jos tila-ahtautta, niin junaterminaalit ja maakuntapuskurit, jos ei muuta toimitusmahdollisuutta. Porrastuksen takia B-alueella kuusikuidulla kuljetus painottuu heinäkuun alkuun."*

Puunhankinta: *"Tavoitteena olisi mennä matalammalla varastolla, jotta voidaan ajaa kaikki pois tienvarresta minimoiden terminaalivarastointi ja pinojen kuorinta. Kuorintaa käytetään viimeisenä vaihtoehtona, erityisesti silloin, jos ei ole tilaa varastoissa. Tätä käytetään suurempien varastojen osalta. Ja etenkin alueilla, joissa terminaalit ei ole ötökkälakivapaita."*

Puunhankinta: *"Jos aikaistuu, niin kiire kasvaa ja lisää piikkiä kuljetusmääriin ja lisää kausivaihtelua yrittäjäresurssien käytössä. Kokonaisuuden kannalta kuitenkin on tärkeää, ettei päästetä pilaantumaan metsiä."*

Puunhankinta: *"Lisää työkuormaa kevään ja talven ajalle. Seuranta ja valvonta siitä, että oikeat varastot tulevat ajettua. On parannettavaa aina vähän logistisessa ohjauksessa. Jos kyetään ennakoida esim. kolme kk etukäteen se auttaisi ohjauksessa."*

Puunhankinta: *"Suunnitteluprosessi on kaksi kvartaalia, vuoden lopulla otetaan jo huomioon, varastot oltava oikealla tasolla. Ykkösellä ja kvartaalikakkosessa otetaan erityinen huomio varastojen hallintaan. Yrittäjille lähtee kvartaalikohtainen korjuutavoite. Yrittäjät ovat ajoissa tietoisia korjuutavoitteista."*

Puunhankinta: *"Keskellä B-aluetta tulee olemaan tarve uudelle terminaalille, esim. Kaipola aiheuttaisi vähiten kustannuksia. muutoin uuden perustaminen."*

Puunhankinta: *"Sellutehtailla nila-aikana kaadettu kuusikuitu kuoriutuu heikosti ja voi aiheuttaa kuorimon tukkeutumista. Kuorimoon tulisi syöttää mahd. tasaisesti ja sekoittaa muuhun havu-puuhun. Kuori lähtee pitkinä suikaleina ja tukkii kuorimorumin reikiä. Jos taas kuivuu liian tehokkaasti, kuori irtoo heikosti ja tarvitaan tarkempaa kuorintaa, jolloin lähtee myös ainespuuta kuoren mukana (puuhukka)."*

Puunhankinta: *"3–4 €/m³, 4 euroa aika lähellä, jos joudutaan käyttämään terminaaliketjua suora-kuljetuksen sijaan. Jos terminaali on oikeassa suunnassa niin edullisempaa, muutoin voi olla kalliimpaa, jos terminaali kauempana."*

Puunhankinta: *"Korjuun ja kuljetuksen toimintaa äärevöityy. Ennen sitä pitää olla resursseja paljon ja muulloin se joutuu lojumaan. Turha työ ja ylikapasiteetti aiheuttaa lisäkustannuksia, toiminnan tasaisuus olisi tärkeintä. Aikaistaminen johtaa äärevöitymiseen. Resurssien käytön suhteen tehottomuus kasvaa. Kuljettajat ovat niukkuustavaraa markkinoilla! Kustannustehottomuus, jos tarvitaan uutta kalustoa."*

Puunhankinta: *"Kuinka varastossa puun kierto saadaan järjestettyä, first in first out, jos aivan täynnä, last in first out. Laatukriteerin mukaan vanhat vanhenee. Jos fyysisesti puuta mahtuu, puiden pitää silti kiertää, erityisesti kuitupuulla. Varastokenttä tulee olla isompi, jotta logistiikka toimii täytön ja purun osalta. Varastoinnissa omat vaateet."*



luke.fi

Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000