

Toimintasuositukset

Voidaanko hakkuukonetiedon perusteella tunnistaa tyvilahoiset kuusirungot?

Miten juurikäypäinen metsikkö kannattaa uudistaa juurikäypään torjumiseksi ja talous- tai hiilituloksen maksimoimiseksi?

Voidaanko juurikäypään esiintyminen ennustaa luotettavasti ennen hakkuuta?

Hankkeen nimi:

Juurikäypään aiheuttaman tyvilahon riskikartoitus Suomessa ja täsmätorjunta metsikkötasolla (TyviTuho)

Tekijät:

Eero Holmström,
Juha Honkaniemi,
Henna Höglund,
Tapio Räsänen ja
Mikko Peltoniemi

Hiilestä kiinni: TyviTuho (2021–2024)

Kuusenjuurikäypä on merkittävin puustotuhojen aiheuttaja Suomessa. Sen kuusissa aiheuttama tyvilaho havaitaan usein vasta päätehakkuussa, mutta jo sitä ennen se heikentää puiden kasvua ja kykyä sitoa hiiltä sekä altistaa metsiä muille tuhoille. Juurikäypään tartuttamassa metsikössä myös seuraava kuusisukupolvi saa tartunnan, ellei metsikköä uudisteta puulajia vaihtamalla. Juurikäypä on yleistynyt vuosikymmenten saatossa ja se hyötyy ilmastonmuutoksesta. Valtaosa kuusen tyvilahosta on kuusenjuurikäypään aiheuttamaa.

TyviTuho-hankkeessa kehitettiin menetelmä kuusen tyvilahon havaitsemiseksi hakkuukonetietojen perusteella. Näin tuotettuun lahotietoon perustuen kehitettiin menetelmä kuusenjuurikäypäisen metsikön uudistamisen suunnittelemiseksi. Menetelmä huomioi metsänkasvatuksen taloudelliset päämäärät sekä ilmastonmuutoksen hillinnän, ja sitä voidaan käyttää metsänomistajaneuvonnassa uudistamispäätösten tukena. Lahotiedon pohjalta kehitettiin myös juurikäypään esiintymistä Etelä-Suomessa kuvaava riskikartta, jota voidaan käyttää mm. metsänhoidon ja neuvonnan tukena sekä seurannaistuhon, erityisesti tuuli- ja kirjanpainajatuhojen, esiintymisriskin arvioinnissa. Molempien sovelluksien käyttöä juurikäypään torjunnassa ja neuvonnassa on tarpeen edistää, sillä laajaan käyttöön otettuina ne vahvistaisivat metsiemme terveyttä, hiilivarastojen pysyvyyttä, aiempaa monimuotoisempaa metsien käsittelyä, sekä metsänhoidon sopeutumista ilmastonmuutokseen. Sovellukset vahvistavat myös juurikäypään torjuntaan ja riskeihin liittyvää osaamista metsäammattilaisten ja metsänomistajien keskuudessa.

Hankkeessa selvitettiin myös hakkuukonepohjaisen lahotiedon käyttöä ja jakelua erilaisissa metsänkasvatuksen ja puunkorjuun sovellustilanteissa. Juurikäypään pitkäjänteisen torjunnan kannalta on selvää, että automatisoitu lahotiedon kerääminen, keskitetty ja pitkäaikainen tallentaminen sekä laaja jakelu takaisivat tiedon mahdollisimman tehokkaan käytön juurikäypään torjunnassa. Tällä hetkellä paikkatieto hakattujen metsiköiden lahotilanteesta ei välttämättä siirry puun ostajalta metsänomistajalle, koska siihen ei ole toimintamalleja eikä sovelluksia. Tällöin tämä tieto, eikä myöskään mahdollinen torjuntatoimenpidetieto siirry tuleville sukupolville tai muissa tilanvaihdoksissa, vaikka se olisi tärkeää pitkäjänteiselle juurikäypään torjuntatyölle. Lahotiedon keräämistä, tallentamista, jakelua ja lahotietoon perustuvaa neuvontaa tulisikin edistää hakemalla ratkaisuja, jotka takaisivat tietojen periytymisen sekä tehokkaan ja laajan käytön neuvonnassa ja tutkimuksessa. Lahotieto voidaan myös nähdä osana laajempaa hakkuukonetiedon keräämistä ja hyödyntämistä.

Juurikäypä tulisi huomioida nykyistä aktiivisemmin metsänhoidon eri vaiheissa. Kuusenjuurikäypään tartuttamissa kuusikoissa tulisi suosia uudistamista männylle tai lehtipuulle erityisesti niissä osissa metsikköä, joissa juurikäypää havaitaan hakkuun yhteydessä. Kiertoajan hiilivaraston maksimoimiseksi suositellaan joissakin tapauksissa koivun istuttamista lahoalueille. Kehitetyn suunnittelumenetelmän soveltaminen käytännön metsätaloudessa hidastaisi kuusenjuurikäypään leviämistä, tuottaisi metsänomistajille taloudellisia hyötyjä sekä edistäisi metsiemme puuston monipuolistamista. Tarkempi riskitieto juurikäypään esiintymisestä hyödyttää metsäammattilaisia ja metsänomistajia taloudellisten vaikutusten ennakkoinnissa.



Metsäkeskus



Juurikäävät ovat haaste metsätaloudelle ja metsien ilmasto-vaikutuksille.

Johdanto

Suomessa esiintyy kaksi juurikääpäälajia: kuusenjuurikääpä ja männynjuurikääpä. Juurikäävät aiheuttavat kuusimetsissä merkittäviä taloudellisia tappioita lahottamalla kuusirunkojen tyviosaa (Kuva 1). Tämän lisäksi ne heikentävät hiilivarastojen pysyvyyttä ja altistavat metsiä muille tuhoille. Kuusen tyvilaho johtuu useimmiten kuusenjuurikäävästä.



Kuva 1. Kuusenjuurikäävän lahottamia kuusikantoja. Suomessa esiintyy myös männynjuurikääpä, joka aiheuttaa tyvilahoa myös kuusella.

TyviTuhon tavoitteina oli:

- Kehittää lahontunnistusalgoritmi tyvilahon vaivaamien kuusirunkojen havaitsemiseksi hakkuukonetiedon perusteella ja laatia pelisäännöt näin kerätyn lahotiedon saattamiseksi laajasti ja avoimesti hyödynnettäväksi.
- Kehittää lahotietoon pohjautuen metsänsuunnittelutyökalu, joka tuottaa kuusenjuurikäävän tartuttamalle metsikölle uudistussuunnitelman, joka vähentää lahon osuutta metsikössä ja tuottaa mahdollisimman korkean taloustuloksen tai hiilidioksidin nettopoistuman.
- Selvittää, millä puulajeilla saadaan samanaikaisesti paras taloustulos ja korkein hiilidioksidin nettopoistuma maisematasolla, kun alueella on kuusenjuurikäävän tartuttamia kuusikoita.
- Kartoittaa juurikäävän esiintymistodennäköisyyttä Etelä-Suomessa kehittämällä tilastollinen malli kuusen tyvilahon esiintymisen todennäköisyydelle ja julkaisemalla mallin pohjalta lahoriskikartta.
- Kehittää uusi viestintä- ja neuvontakonsepti juurikääpä koskevan tiedon ja osaamisen saattamiseksi tiedon tarvitsijoille.

Aineisto

Hankkeessa oli käytössä mittava hakkuukone-pohjainen lahotietoaineisto.

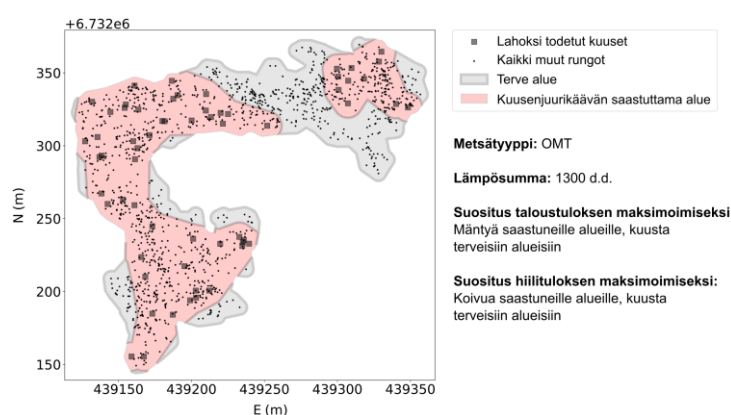
Hankkeessa hyödynnettiin noin 20 miljoonasta rungosta ja 15 000 korjuulohkosta koostuvaa hakkuukonepohjaista aineistoa sovellusten kehittämisessä ja analysoinnissa. Lisäksi kenttäkokeilla kerättiin pienempi aineisto lahontunnistusalgoritmin tarkkuuden arvioimiseksi. Lahontunnistusalgoritmi perustui runkokohtaisen katkonta- ja puutavaralajitiedon tulkitsemiseen. Metsänsuunnittelutyökalu perustui koneoppimiseen, tilastolliseen mallintamiseen ja metsäsimulaatioihin. Riskimalli perustui tilastolliseen mallinnukseen ja kattavaan paikkatietoanalyysiin. Hankkeessa päivitettiin juurikäävän torjuntaopas ja toteutettiin verkkokurssi juurikäävästä. Hankkeen tuloksia ja juurikäävän torjuntaan ja riskeihin liittyvää tietoa viestitettiin monipuolisesti hankkeen kuluessa.

Tulokset, niiden vaikuttavuus ja johtopäätökset

Hakkuiden yhteydessä kerättävän puukohtaisen lahotiedon perusteella voidaan tehdä metsänkäsittely-suosituksia, jotka edistävät metsien terveyttä ja monimuotoisuutta.

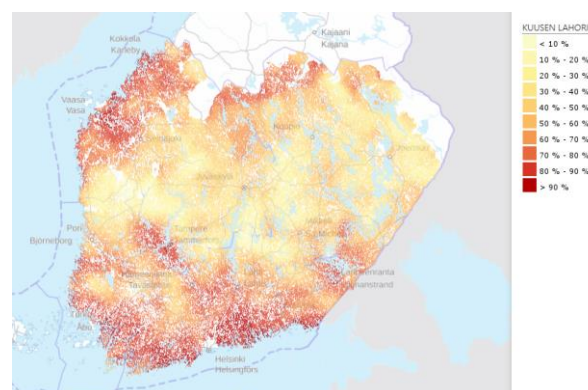
Juurikäävän esiintymisen riski kartoitettiin Suomessa onnistuneesti.

Hakkuukonetiedon hyödyntämiseen perustuvan lahotunnistusalgoritmin todettiin toimivan luotettavasti. Metsänsuunnittelumenetelmä suosittaa kuusenjuurikäävän torjumiseksi ja taloustuloksen maksimoimiseksi kuusenjuurikäävän saastuttamien MT-metsiköiden uudistamista männylle ja OMT-metsiköiden uudistamista siten, että lahotiedon paljastamat saastuneet alueet uudistetaan männylle ja loppuosa metsiköstä kuuselle (Kuva 2). Hiilituloksen maksimoimiseksi suositellaan mm. koivua. Puulajisuositukset täytyy kuitenkin punnita tapauskohtaisesti, mikäli alueella on esimerkiksi männynjuurikääpää tai merkittävä hirvipopulaatio. Menetelmä tuottaa taloushyötyjä sekä monipuolistaa metsiköiden puulajivalikoimaa.



Kuva 2. Esimerkki metsänsuunnittelu-työkalun antamasta uudistussuosituksesta kuusenjuurikäävän saastuttamalle metsikölle.

Maisematasolla kuusenjuurikäävän vaivaamissa kuusikoissa parhaan puulajin valitsemisessa on otettava huomioon lämpösumma, juurikäävän vaivaaman alueen osuus maisemasta sekä tartunnan vakavuuden aste. Kehitetty tyvilahon riskimalli osoittaa, että siellä missä metsää on historiallisesti käsitelty enemmän, on lahojen kuusien havaitsemisen todennäköisyys korkeampi. Ennustetta laadittaessa lahotiedon hyödyntäminen parantaa tulosten tarkkuutta merkittävästi. Riskimallin arviointi osoitti, että malliin perustuvalla riskikartalla kartoitettiin kuusen lahoriski ja siten juurikäävän esiintymisen riski Suomessa onnistuneesti (Kuva 3).



Kuva 3. Kuusen lahoriskikartta Luken Luonnonvaratietopalvelussa.

TyviTuho on tuonut juurikääpään liittyviä haasteita yhä laajempaan tietoisuuteen. Hanke on tuottanut työkaluja juurikääpätuhojen vähentämiseksi ja välttämiseksi sekä metsiemme puuston monipuolistamiseksi. Tämä palvelee maankäyttösektorin ilmastotoimenpidekokonaisuuden tavoitteiden saavuttamista siten, että hiilivarastojen pysyvyys sekä metsiemme häiriönsietokyky ja sopeutuminen ilmastomuutokseen vahvistuvat. Tuotetut juurikääpätuhojen tunnistamisen ja torjunnan neuvonta- ja koulutusmateriaalit sekä työkalut tukevat tietoisuutta ilmastotoimien tueksi.

Kuusenjuurikäpä on kasvava ongelma tulevaisuudessa. Hakkuukonepohjainen lahotieto olisi avain sienien vaikutusten pienentämiseksi.

Lahotieto tulisi saattaa laajasti hyödynnettäväksi.

Tulevaisuuden haasteet

Kuusenjuurikäpä hyötyy muuttuvasta ilmastosta – kasvukauden pidetessä itiötartunnan riski jatkuu pidempään ja sienien kasvu puissa jatkuu pidempään. Samaan aikaan kuusen kasvuolosuhteet Suomessa heikentyvät, mikä altistaa puita myös muille tuhonaiheuttajille. Hakkuukonepohjainen lahotieto mahdollistaisi sekä juurikäävän kustannustehokkaan torjumisen että juurikääpäriskien ennakoimisen, mutta tieto ei ole vielä laajasti hyödynnettävissä.

Toimintasuositukset

- Juurikäävän esiintyminen metsiköissä huomioidaan uudistamispäätöksissä sekä myöhemmissä metsänhoidon vaiheissa. Lahon huomioiminen edistäisi metsien terveyttä, ilmastomuutoksen hillintää ja metsänhoidon sopeutumista ilmastomuutokseen, josta juurikäpä hyötyy.
- Hakkuukonepohjaisen lahotiedon laajempaa jakelua ja käyttöä edistetään siten, että se tukee metsänomistajaneuvontaa, uusien palveluiden syntymistä ja tutkimusta. Ensi vaiheessa puukaupan yhteydessä varmistetaan, että lahotieto siirtyy myös metsänomistajalle, ja että sitä voidaan käyttää tilakohtaisessa metsänomistajaneuvonnassa ja tutkimuksessa. Lahon havaitsemiseksi hakkuun yhteydessä pyritään kehittämään kuljettajaa tukevia sovelluksia ja parannetaan lahotiedon sijaintitarkkuutta. Ensivaiheen jälkeen edistetään lahotiedon sekä metsän käsittelyä koskevan toimenpidetiedon ylisukupolvista säilyvyyttä ja keskitettyä saatavuutta.
- Kuusenjuurikäävän aiheuttaman tyvilahon vaivaamissa kuusikoissa suositaan uudistamista männylle tai lehtipuulle, erityisesti niillä alueilla, joilla lahoa havaittiin hakkuun yhteydessä. Puulajisuosituksissa huomioidaan kuitenkin paikalliset olosuhteet, kuten männynjuurikäävän esiintyminen ja hirvikanta. Metsikön tyvilahon vaivaamat alueet voidaan tunnistaa puukohtaisen hakkuukonetiedon perusteella.
- Metsäalan ammattilaiset hyödyntävät lahotiedon perusteella laadittua riskikarttaa juurikääpäriskien ennakoimiseksi ja huomioimiseksi. Riskikarttaa tarkennetaan uuden, alati kertyvän hakkuukonetiedon perusteella, jolloin tilannekuva juurikäävän esiintymisestä tarkentuu jatkuvasti.

Tarkempi lukeminen

TyviTuho-hankkeen loppuraportti

Opas [Juurikääpätuhojen tunnistaminen ja torjunta \(metsakeskus.fi\)](#), ruotsiksi

Juurikäpä Metsäkeskuksen [verkkokoulutuksessa](#), [YouTubessa](#) ja [Mättäällä -podcastissa, jaksot 8-11](#)

Anssi Ahtikoski, Juha Honkaniemi et al. (2024). Optimal species composition for stand establishment in root-rot infected forest areas. *New Forests*, 1-14.
<https://doi.org/10.1007/s11056-024-10046-w>

Eero Holmström, Henna Kainulainen et al. (2024). Automatic detection of root rot and resin in felled Scots pine stems using convolutional neural networks. *International Journal of Forest Engineering*, 35(2), 153-165.
<https://doi.org/10.1080/14942119.2024.2327247>