

Madonluvat kuusikoille? – Varautuminen tulevaisuuden kuusituhoihin (SPRUCERISK)

Päivi Lyytikäinen-Saarenmaa (UEF)

Mikko Peltö-Arvo (HY/UEF)

Henry Schneider & Tiina Törmänen (Tapio)

Roope Näsi (Paikkatietokeskus, Maanmittauslaitos)

Henna Höglund (Metsäkeskus)

Kouluttajat:

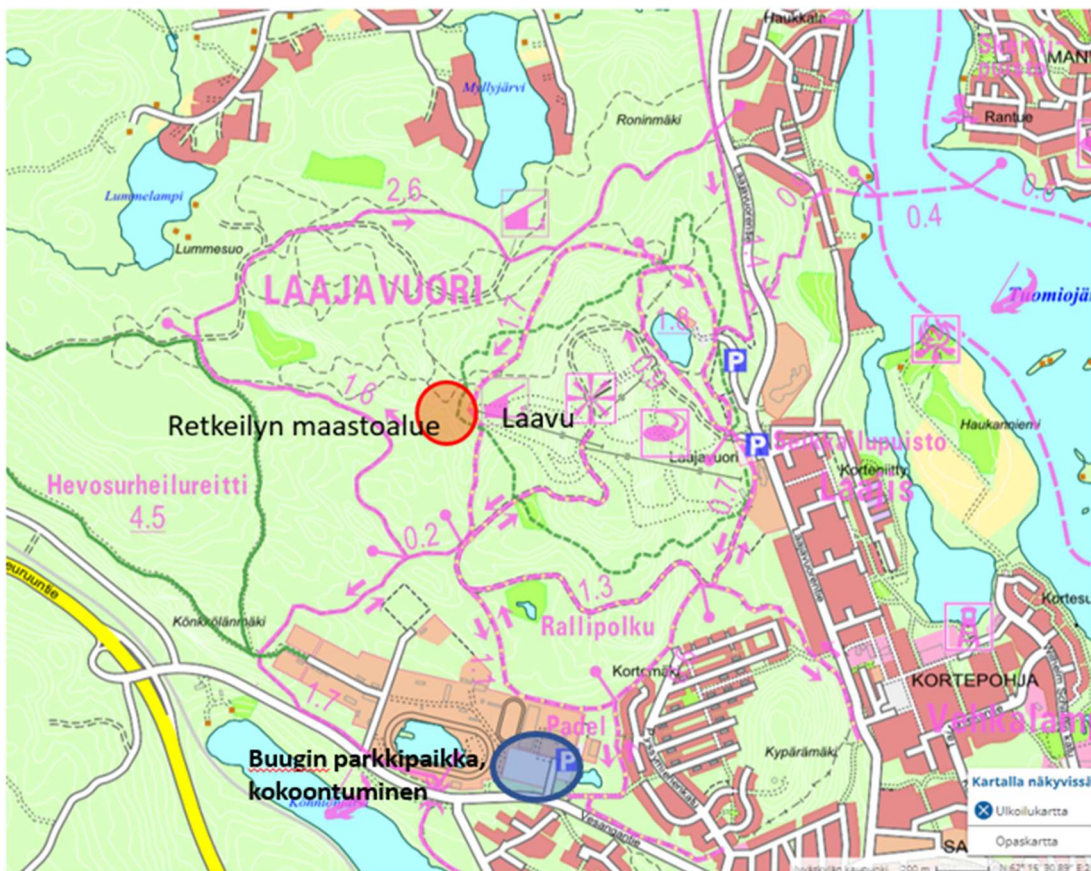
Varpu Kuutti (Tapio)

Henna Höglund (Metsäkeskus)



Ohjelma 8.6.2023

- 13:00** **Kokoontuminen Buugin parkkipaikalle ja siirtyminen maastoon yhdessä**
Parkkipaikka löytyy osoitteesta Sykeraitti 7-9, Jyväskylä
- 13:05** **Tervetuloa Laajavuoreen! SRUCERISK-hankkeen esittely**
Henna Höglund, Metsäkeskus; Varpu Kuutti, Tapio Oy; Reijo Puttonen, Lassi Savolainen ja Arto Vuorinen, Jyväskylän kaupunki
- 13:20** **Kirjanpainajatuhon eri vaiheiden tunnistaminen maastossa**
Kirjanpainaja kaupunkimetsissä, laki metsätuhojen torjunnasta
- 15:00** **Kahvit Laajavuoren takarinteen alla laavulla**
Laajiksen toimitusjohtaja Lasse Niivuori ja rinnepäällikkö Pasi Kuhmonen kertoo alueen yrittäjänäkökulmaa kirjanpainajatuhoihin.
Keskustelua yleisesti aiheesta kahvikupin kera.
- 16:00** **Päätös**



Kuva 1. Karttakuva alueesta, jossa retkeily tapahtuu.

Mikä on SPRUCERISK-hanke?

SPRUCERISK-hankkeessa kehitetään metsätuhojen riskien ennakointijärjestelmä, jonka avulla metsätalouden harjoittaminen voidaan sopeuttaa Suomen muuttuvaan ilmastoon. Kehitettävät menetelmät integroidaan metsätalouden tietojärjestelmiin.

Laajoja metsätuhoja voi tapahtua myös Suomessa, koska Keski-Euroopassa ja Ruotsissa kaarnakuoriaistuhot ovat jo vakavat. Kaukokartoitus ja riskimallien laadinta ovat kustannustehokkaita menetelmiä varautumisessa metsätuhoihin. Hankkeen tavoitteita ovat:

- Kehitetään kaukokartoitukseen perustuva kuusituhojen vakavuusasteen luokittelumenetelmä ja stressitilan varhaisvaroitus.
- Kehitetään paikkaan sidottuja tuhonaiheuttajien tiheysestimaatteja ja leviämisen malleja sekä riskiindekseihin perustuvia metsikkö- ja maisematason riskimalleja.
- Integroidaan tuhotieto metsän kehityksen, hiilitaseen ja taloudellisen arvon malleihin, joita käytetään hiilipolitiikan ja metsätaloudellisen päätöksenteon tukena.
- Vahvistetaan metsäekosysteemin hiilinieluja tuhojen riskinhallinnan, varhaisvaroituksen ja kestävien metsänhoitomenetelmien avulla.
- Tehdään kehitystyön lopputuotteina suomalaisille metsänomistajille ja yrityksille suunnatut neuvontapalvelut ja koulutetaan metsäammattilaisia metsänterveyden edistämiseen.

Hankkeessa luodaan menetelmiä ja käytäntöjä, joilla parannetaan metsiemme ilmastokestävyyttä metsien terveyden näkökulmasta. Tulokset edistävät ilmastonmuutokseen sopeutumista luomalla menetelmiä, joilla voidaan nopeasti reagoida kuusikoiden tuhoriskien muutoksiin. Tuhojen hillintä vahvistaa kuusikoiden elinvoimaa ja hiilensidontakykyä. Hankkeessa tuotettavat paikkatietoaineistot, mallit, toimintatavat, ohjeet ja neuvontamateriaalit mahdollistavat metsäalan toimijoiden kustannustehokkaan toiminnan ja yhteistyön kuusikoiden terveyttä edistävien toimenpiteiden kohdentamiseksi.

Hanke toteutetaan Itä-Suomen yliopiston johdolla yhteistyössä Maanmittauslaitoksen Paikkatietokeskuksen, Luonnonvarakeskuksen, Suomen metsäkeskuksen ja Tapion kanssa vuosien 2021-2023 aikana. Hanketta rahoittaa Maa- ja metsätalousministeriö, Hiilestä kiinni -ohjelma.

Kirjanpainaaja (*Ips typographus* L.) pähkinänkuoressa

- Kaarnakuoriainen, 4.2-5.5 mm pitkä, musta tai tummanruskea, nuorena vaaleanruskea (Kuva 2)
- Nilassa elävät toukat ja kotelot valkeita, tavataan paksun kuoren (5-20 mm) alta
- Moniaviainen, 2-4 emokäytävää samasta pariutumiskammista
- Emokäytävien pituus noin 10 cm, toukkakäytävät emokäytävän molemmin puolin (Kuva 2)
- Parveilee huhti-toukokuussa, kun ilman lämpötila ylittää noin +18° C - +20° C
- Talvehtii kuusen tyvikaarnan alla tai karikkeessa
- Iskeytyy tuulenkaatoihin, kuorelliseen puutavaraan ja heikentyneisiin pystypuihin
- Joukkoesiintymän aikana terveet kuuset vaarassa, noin 2500-5000 yksilöä tappaa puun
- Terve kuusi yrittää torjua kirjanpainaajat pihkanvuodolla, suuri kuoriaistiheys murtaa puun kestävyys
- Tyypillinen tuholaisku sisältää 5-30 kuollutta kuusta ja niiden ympärillä olevien, oireilevien puiden vyöhykkeen
- Kuljettaa sinistäjäsiemeniä, jotka pilaavat puun ja alentavat puutavaran arvoa



Kuva 2. Kirjanpainajan nuoria aikuisia (vas.) ja syömäkuvioita tuoreella tuulenkaadolla (oik.).

- Pystyy jo Suomen nykyisissä olosuhteissa tuottamaan kaksi sukupolvea kesässä, jos tehoisa lämpösumma ylittää 1500 astepäivää
- Iskeytyy myös nuorempaan kehitysluokkaan joukkoesiintymän aikana, normaalisti varttuneen kuusimetsän tuholainen. Lämpimät ja kuivat kesät edistävät joukkoesiintymiä.
- Kuusitukin arvo noin 75 €/m³, tuhon jälkeen arvo noin 5 €/m³
- Kirjanpainajatuhojen taloudellinen menetys Suomessa noin 5-12 milj. €/v (Hantula ym. 2023)

Kuusten terveydentilan ja kaarnakuoriaisvioletuksen arviointi silmävaraisen arvioinnin avulla

Puuston kunnan ja mahdollisten kaarnakuoriaisten esiintymisen arviointi tehdään ulkoisten oireiden perusteella (kts. Kuva 3). Tavoitteena saada lyhyessä ajassa näkemys metsän terveydentilasta, sen muutoksista ja tuhohyönteisten (tai sienitautien) paikallisesta levinneisyydestä. Toimenpide voi toimia alustavana arviona tulevalle yksityiskohtaisemmalle tuhoinventoinnille, tuottaa tietoa päätöksenteon tueksi sekä tuottaa maastotietoa kaukokartoituksen avuksi.

Iskeymät - Iskeymä- ja uloslentoaukkojen halkaisija noin 3 mm, aukot usein pihkoittuneita

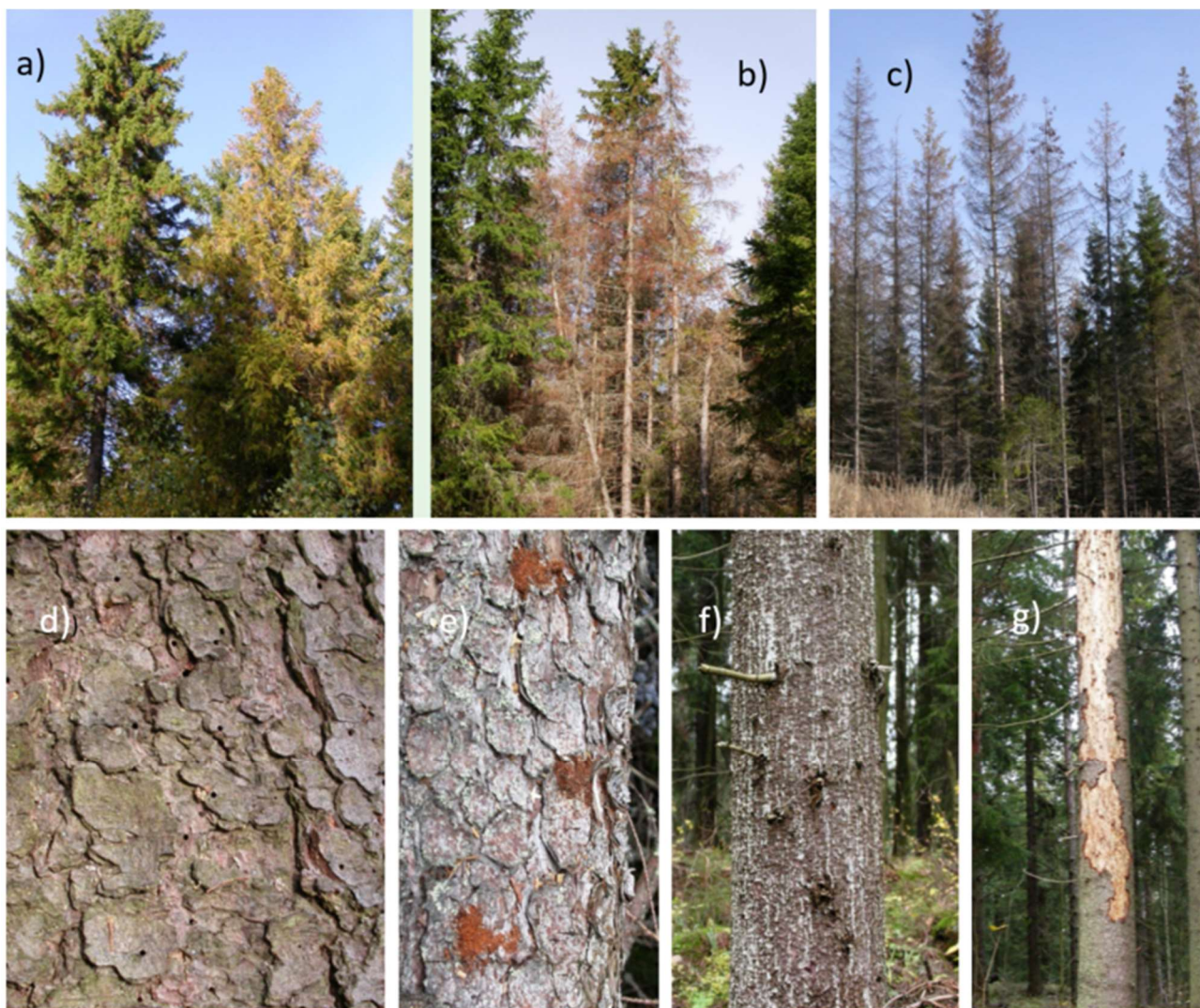
Purukasat - Iskeytynyt kuoriainen työntää kaivautuessaan purua ulos. Purun väri on kullekin lajille tyypillistä. Kirjanpainajan puru on kanelinruskeaa

Pihkanvuoto - Puu yrittää pihkanvuodolla tukahduttaa kuoriaiset. Pihkanvuoto ei aina kerro korkeaa kuoriaisen tiheyttä nilassa, sillä tilanne riippuu puun kunnosta

Kaarnavauriot - Selkeä kaarnavaurio on aina merkki vakavasta tilanteesta. Kaarna voi irrota hyvinkin nopeasti. Tilanne voi muuttua ratkaisevasti 2-3 kk aikana

Latvuksen harsuuntuneisuus - Harsuuntuneisuus kertoo puun heikosta terveydentilasta. Harsuuntuneisuuden voimakkuus korreloi ongelman vakavuuden kanssa. Kuusella tarkastellaan latvuksen ylempää puolikasta, vakavuusluokitus usein 25 % välein

Latvuksen värioireet - Runkotuholaiset muuttavat latvuksen värin katkaistaessaan nesteen kuljetuksen nilassa: vihreä → keltainen → punaruskea → kuollut (harmaa). Värinmuutos merkitsee lähes aina sitä, että kuusi kuolee kaarnakuoriaisten takia. Värinmuutoksen näkee parhaiten loppukesällä



Kuva 3. Kirjanpainajan aiheuttaman kuusen terveydentilan muutoksen arvioinnissa tarkasteltavat oireet ovat latvuksen värioireet a) terve vihreä ja oireileva kellertävä, b) oireileva punertava ja c) kuollut harmaa. Latvusoireisiin kuuluu myös neulasten harsuuntuneisuus. Rungon oireita ovat d) kirjanpainajan iskeymät, e) kirjanpainajan tuottama puru, f) pihkanvuodot ja g) kaarnavauriot.

Kirjanpainajaan voi tutustua myös uusitun kirjanpainajaoppaan ja verkkokurssin avulla, jotka löytyvät Metsäkeskuksen sivuilta.

Kirjanpainajaopas, Kirjanpainaja kuusikossa: ennakointi, hallinta ja torjunta.

(<https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/document/kirjanpainajatuhon-torjuntaopas.pdf>)

Verkkokoulutuksen linkki: <https://www.metsakeskus.fi/fi/ajankohtaista/koulutukset-ja-tapahtumat/verkkokoulutukset#anchor-metsatuhot-kirjanpainaja-kuusikossa-ennakointi-hallinta-ja-torjunta>

Kirjanpainaja kaupunkimetsissä

Kaupunkien taajamametsät ovat herkkiä ekosysteemejä liikenteen, ihmistoiminnan, rakennusten keräämän lämmön ja asutuksen aiheuttaman rasituksen vuoksi. Lähiseutujen asukkaille taajamametsät tarjoavat virkistystä, terveyden ylläpitoa, monipuolisia luontokokemuksia, marjastus- ja sienestysmahdollisuuksia ja esteettisiä elämyksiä. Taajamametsistä saatavat hyödyt ovat usein aineettomia, mutta kaupunki voi myös toteuttaa tarpeellisia hakkuita ja saada hakkuutuloja.

Taajamametsien terveydentilan ylläpito ja tuhojen ennakointi (Blomqvist ym. 2018) on oleellista, jotta puusto säilyisi elinvoimaisena ja asukkaiden olisi turvallista ja viihtyisää liikkua metsissä.

Jyväskylän kaupungin taajamametsissä on havaittu kirjanpainajan aiheuttamaa vaurioitusta ja kuusen kuolleisuutta paikoin jo enenevissä määrin. (Kuva 4).



Kuva 4. Kirjanpainajan tappamia kuusia Laajavuoren alueella.

Kaupunki metsissä puusto on pääosin järeää, monesti kuusivaltaista metsää, missä riski kirjanpainajan epideemisestä kannasta ja joukkoesiintymän laajenemisesta on huomattava. Kuusen menestymisen edellytykset heikkenevät Suomen eteläosissa jo ilmastonmuutoksen ja sen lieveilmiöiden takia, mistä syystä harkinta mahdollisista hoitotoimenpiteistä esim. asteittaisen puulajivalikoiman muutoksen kautta olisi perusteltua.

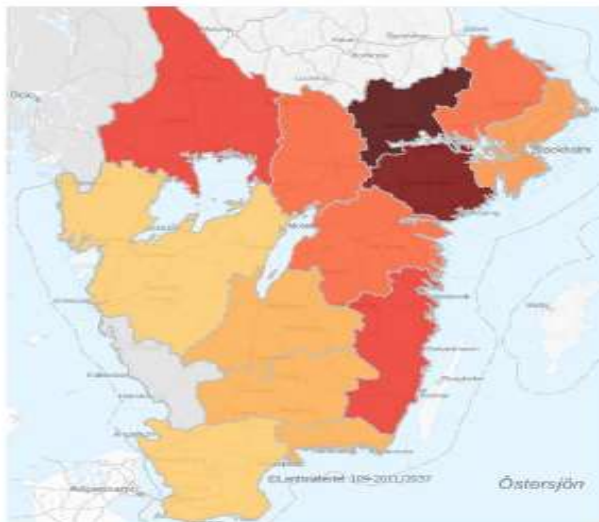
Kirjanpainajatuhot Ruotsissa

Ruotsissa Gudrun- ja Per -rajuilmat käynnistivät laajamittaiset kirjanpainajatuhot vuosien 2006-2009 aikana, jolloin kaarnakuoriaisen johdosta kuusen kuolleisuus oli yhteensä 3.5 milj. m³. Vuoden 2018 kuivuus ja kuumuus käynnisti entistäkin laajemmat kirjanpainajatuhot. Raportoitu tuhohyönteisen takia menetetty kuusen määrä on kuluvaan vuoteen mennessä jo noin 32 milj. m³. Taloudelliselta arvoltaan tämä tappio on arviolta noin 14 miljardia SEK (noin 1,35 miljardia €). Tämä on enemmän kuin kaarnakuoriaisten takia kuolleen kuusipuun määrä aikaisemman 60 vuoden jakson aikana

yhteensä. Viime vuonna kirjanpainaaja tappoi 5 milj. m³ kuusipuuta. Joukkoesiintymä jatkuu edelleen hyvin voimakkaana ja uudelleen toistuva kuuma kesä toisi katastrofaalisen tilanteen Ruotsin metsiin (<https://www.skogsstyrelsen.se/nyhetslista/fem-miljoner-kubikmeter-dodades-av-granbarkborren-2022/>). Kirjanpainaajan tuhoalueet ovat keskittyneet eteläiseen ja kaakkoiseen osaan maata, mutta tuhot ovat leviämässä kohti pohjoista (Kuva 5). Vuonna 2018 havaittiin tuholaisen toinen sukupolvi jo maan pohjoisosissa. Yksi merkittävimmistä kaarnakuoriaistuhojen syistä Ruotsissa on ollut kuusen istuttaminen liian kuiville kasvupaikoille, missä kuusten pihkaan perustuva puolustus heikkenee. Kirjanpainaajan ja kuivuuden yhteisvaikutuksen vuoksi kuusen kuutiotilavuus on laskenut koko maassa niin, että nyt mänty on tilavuuden perusteella yleisin puulaji (<https://www.slu.se/ew-nyheter/2023/5/tre-trender-i-den-svenska-skogen-enligt-slu-riksskogstaxeringen/>).

Ruotsissa toteutettiin vuosina 2020-2022 yhteistyöprojekti 'Stoppa borrharna' <https://www.skogsstyrelsen.se/stoppaborrarna>, joka oli yli 20 metsäalan organisaation, yrityksen ja viranomaisten välinen suurhanke. Hanketta johti Skogsstyrelsen. Hankkeen tavoitteena oli yhteistyön ja lisääntyvän toiminnan kautta rajoittaa kirjanpainaajan esiintymistä ja hillitä tuhojen etenemistä, luonnonhoitoa vaarantamatta. Toiminnan painopistealoja olivat mm. tiedon levittäminen metsänomistajille, tuhojen torjunta yhteisten resurssien avulla, tuhopuun poiston ja puutavaran kuljetuksen logistiikan tehostaminen sekä tuholaispopulaatioiden tilanteen valvonta ja inventointi. Hanke tarjosi tietoportaalissaan ajantasaisen tiedon kirjanpainaajan populaatioiden muutoksista, maan eri alueiden riskikarttoja, tietoiskuja, koulutusmateriaalia ym. tietoa tuholaisesta ja sen hallinnasta. Neuvonnassa suositeltiin myös kiertoajan lyhentämistä riskialueilla ja luontaisten vihollisten habitaattien suosimista. Stoppa borrharna -hanke on nyt päättynyt, mutta se aktivoi lukuisia uusia yhteistyön muotoja ja hankkeita metsätalouden sopeutumisessa yhä lisääntyviin kirjanpainaajatuhoihin.

**STOPPA
BORRARNÄ**



Kartan visar fördelningen av skadad skog mellan olika län, beräknat i kubikmeter per hektar. Ju mörkare färg, desto mer omfattande angrepp. Karta: Skogsstyrelsen.

Kuva 5. Kirjanpainaajan tuhoalueet Ruotsissa vuonna 2021. Kuva: Skogsstyrelsen.

Kirjanpainajatuhojen monitorointi kaukokartoituksen keinoin

Kirjanpainajan runsastuminen lämpimien ja niukkasateisten kesien sekä myrskytuhojen seurauksena vaikuttaa sekä talousmetsien että taajamametsien terveydentilaan. Hankkeen tutkimuksissa todettiin, että droonien ja spektrisensorien keräämästä datasta voidaan maastohavaintojen perusteella kouluttaa koneoppimismalleja, jotka tunnistavat kirjanpainajan tappamia tai vahingoittamia yksittäisiä puita (Näsi ym. 2015, 2018).

Metsänhoidollisten toimenpiteiden toteuttamisen kannalta olisi etu, jos kirjanpainajan kolonisoimat puut ja alkavat metsätuhot havaittaisiin mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. SPRUCERISK-hankkeessa eräänä tärkeänä tavoitteena onkin tutkia, miten aikaisin ja millaisilla sensoreilla tämä olisi optimaalisinta toteuttaa. Hankkeessa selvitetään myös ESA:n avoimien Sentinel-2 satelliittikuva-aineistojen suorituskykyä kirjanpainajatuhojen monitoroinnissa ja tunnistamisessa Suomen olosuhteissa. Sentinel-2 kuvien pikselikoko on parhaimmillaankin 10m*10m:n luokkaa, jolloin yksittäisten puiden tunnistaminen ei ole mahdollista. Pienehköt läheisten kuusien muodostamat tuholaukut jo havaitaan. Hankkeessa onkin kehitetty menetelmiä, joissa tarkan drooniaineiston perusteella on luotu metsän terveystkartat kaikista havaituista tutkimusalueen puista ja muodostettu näistä opetusaineistoa satelliittipikseleille. Näin saatiin riittävästi opetusaineistoa



Kuva 6. Vasemmalla Sentinel-2 satelliittikuva elokuulta 2020 ja oikealla maastohavaintojen sekä drooni- ja satelliittiaineiston perusteella muodostettu kartta metsän terveydestä Ruokolahden koealueella. Vihreät sävyt kuvaavat terveempää metsää, keltaiset heikentyneitä ja punaiset kuolleiden puiden keskittymiä. Avoimet alueet, kuten järvet, pellot ja tiet, on jätetty luokittelusta pois. Kuva: Madeleine Östersund

koneoppimismalleille, joiden avulla useiden kymmenien neliökilometrien kokoisista tutkimusalueen metsistä saatiin tuotettua metsän terveyttä kuvaava kartta (Kuva 6).

Lisää aiheesta:

Aalto, J., Pirinen, P., Kauppi, P. E., Rantanen, M., Lussana, C., Lyytikäinen-Saarenmaa, P., & Gregow, H. 2021. High-resolution analysis of observed thermal growing season variability over northern Europe. *Climate Dynamics*. <https://doi.org/10.1007/s00382-021-05970-y>

Blomqvist, M., Kosunen, M., Starr, M., Kantola, T., Holopainen, M. & Lyytikäinen-Saarenmaa, P. 2018. Modelling the predisposition of Norway spruce to *Ips typographus* L. infestation by means of environmental factors in southern Finland. *European Journal of Forest Research*. <https://doi.org/10.1007/s10342-018-1133-0>

Hantula, J., Ahtikoski, A., Honkaniemi, J., Huitu, O., Härkönen, M., Kaitera, J., Koivula, M., Korhonen, K.T., Lindén, A., Lintunen, J., Luoranen, J., Matala, J., Melin, M., Nikula, A., Peltoniemi, M., Piri, T., Räsänen, T., Sorsa, J.-A., Strandström, M., Uusivuori, J. & Ylioja, T. 2023. Metsätuhojen kokonaisvaltainen arviointi: METKOKA-hankkeen loppuraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 46/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 140 s.

Lehtonen, I., Venäläinen, A. & Gregow, H. 2020 Ilmastomuutoksen vaikutukset Suomessa metsänhoidon näkökulmasta. Ilmatieteen laitoksen raportteja. Raportteja - Rapporter - Reports 2020:5. <http://hdl.handle.net/10138/319348>

Venäläinen, A., Lehtonen, I., Laapas, M., Ruosteenoja, K., Tikkanen, O.-P., Viiri, H., Ikonen, V.P., Peltola, H. 2020. Climate change induces multiple risks to boreal forests and forestry in Finland: A literature review. Global Change Biology 2020; 26: 4178–4196. <https://doi.org/10.1111/gcb.15183>

Junttila S, Näsi R, Koivumäki N, Imangholiloo M, Saarinen N, Raisio J, Holopainen M, Hyyppä H, Hyyppä J, Lyytikäinen-Saarenmaa P, Vastaranta M, Honkavaara E. 2022. Multispectral Imagery Provides Benefits for Mapping Spruce Tree Decline Due to Bark Beetle Infestation When Acquired Late in the Season. Remote Sensing 14(4):909. <https://doi.org/10.3390/rs14040909>

Kanerva, H.; Honkavaara, E.; Näsi, R.; Hakala, T.; Junttila, S.; Karila, K.; Koivumäki, N.; Alves Oliveira, R.; Pelto-Arvo, M.; Pölönen, I.; Tuviala, J.; Östersund, M.; Lyytikäinen-Saarenmaa, P. 2022. Estimating Tree Health Decline Caused by Ips typographus L. from UAS RGB Images Using a Deep One-Stage Object Detection Neural Network. Remote Sensing 14, 6257. <https://doi.org/10.3390/rs14246257>

Näsi, R., Honkavaara, E., Blomqvist, M., Lyytikäinen-Saarenmaa, P., Hakala, T., Viljanen, N., Kantola, T. & Holopainen, M. 2018. Remote sensing of bark beetle damage in urban forests at individual tree level using a novel hyperspectral camera from UAV and aircraft. Urban Forestry & Urban Greening 30, 72-83. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.01.010>

Näsi, R., Honkavaara, E., Lyytikäinen-Saarenmaa, P., Blomqvist, M., Litkey, P., Viljanen, N., Kantola, T., Tanhuanpää, T., & Holopainen, M. 2015. Using UAV -based photogrammetry and hyperspectral imaging for mapping bark beetle damage at tree-level. Remote Sensing 7, 15467-15493; doi:10.3390/rs71115467

Suomen metsäkeskus 2022. Kirjanpainaja kuusikossa: ennakointi, hallinta ja torjunta. 24 s. <https://mappi.metsakeskus.fi/catalog/Mappi/r/932/viewmode=infoview>

Tapio Oy 2023. Metsänhoidon suositukset. <https://metsanhoidonsuosituksesi.fi/fi>

Lisätietoja

Päivi Lyytikäinen-Saarenmaa, Itä-Suomen yliopisto, p. 040 825 4465, paivi.lyytikainen-saarenmaa@uef.fi

Jussi Lintunen, Luonnonvarakeskus, p. 029 532 2569, jussi.lintunen@luke.fi

Eija Honkavaara, Paikkatietokeskus, Maanmittauslaitos, p. 040 192 0835, eija.honkavaara@nls.fi

Henna Höglund, Suomen metsäkeskus, p. 050 514 6542, henna.hoglund@metsakeskus.fi

Tiina Törmänen, Tapio, p. 050 466 4510, tiina.tormanen@tapio.fi



Materiaalipaketin kuvat: Mikko Pelto-Arvo, Päivi Lyytikäinen-Saarenmaa ja Madeleine Östersund