

Hilppa Gregow, Heli Peltola,
Mikko Laapas, Seppo Saku ja
Ari Venäläinen

Kovien tuulten, suurten lumikuormien ja roudan esiintymien ja vaikutukset metsien tuhoriskeihin Suomessa nyky- ja muuttuvassa ilmastossa

Seloste artikkelista: Gregow, H., Peltola, H., Laapas, M., Saku, S. & Venäläinen, A. 2011. Combined occurrence of wind, snow loading and soil frost with implications for risks to forestry in Finland under the current and changing climatic conditions. *Silva Fennica* 45(1): 35–54.
<http://www.metla.fi/silvafennica/full/sf45/sf451035.pdf>

Meneillään olevan ilmaston lämpenemisen myötä Suomessa oletetaan tapahtuvan muutoksia erityisesti maan routaisuudessa, mutta osin myös tuulisuudessa ja erilaisten lumikuormien esiintymisessä. Tässä työssä tarkasteltiin päivittäisiä roudan syvyksiä, tuulennopeuksia, lumikuormia ja niiden muutoksia useiden globaalien ilmastomallien ja LARS-WG-säägeneraattorin avulla. Kasvihuonekaasujen päästöjen pohjana oli A1B-päästöskenaario (CMIP3-malliajot), jonka mukaan haitallisimpien kasvihuonekaasujen, hiilidioksidin ja metaanin, päästöjen arvioidaan nousevan nykyiseltä tasoltaan vielä 2050-luvulle asti ja vasta sen jälkeen kääntyvän laskuun. Vertailut nyky- ja muuttuvan ilmaston välillä tehtiin siten, että tulevaisuuden projektiota 2046–2065 ja 2081–2100 verrattiin perusjaksoon 1971–2000. Nykyilmaston lämpötilahavaintojen perusteella laskettua lumettoman maan routaa tarkasteltiin myös vertaamalla perusjaksoa 1971–2000 kauteen 1980–2009. Lisäksi tarkasteltiin havaittua tuulisuutta ja havaitun tuulennopeuden, lämpötilan

ja sateen perusteella laskettua lumikuormaa perusjaksolla.

Nykyilmaston tarkastelut tehtiin Helsinkiin, Kauhavalle, Jyväskylään, Joensuuhun, Kajaaniin, Rovaniemelle ja Sodankylään. Perusjakson laskennallisia lumikuormia ja tuulennopeuksia tarkasteltiin mm. 2-, 5- ja 10-vuoden toistuvuuksien osalta. Puiden ankkuroitumiseen vaikuttavien roudan syvyyksien muutoksia tutkittiin myös eri puolilla Suomea. Lisäksi tehtiin laskelmia erilaisten tuulennopeuksien, lumikuormien ja roudansyvyuden samanaikaisesta esiintymisestä.

Ilmaston muutostarkasteluissa käytettyjen ilmastomallien erotuskyky oli luokkaa 200–300 km. Ilmastonmuutoksen vaikutusta tuulisuuteen tutkittiin ilmanpaine-erosta johdettua tuulta (nk. geostrofinen tuuli) hyödyntäen. Sen avulla arvioitiin sekä keskimääräistä maanpinnan läheistä todellista tuulta että puuskatuulia ja näiden frekvenssijakaukia. Ilmastonmuutoksen vaikutusta arvioitaessa tutkittiin muutoksia erikseen maan etelä-, keski-, itä- ja pohjoisosassa.

Nykyilmastossa nuorissa kasvatusmetsissä (eritoten ylitheydessä kärsineissä männiköissä ja koivikoissa) lumituhoja saavat aikaan jo 10–25 kg m⁻² esiintyvät lumikuormat. Tässä työssä saatujen tulosten mukaan ko. suuruusluokan lumikuormat ovat perusjaksolla yleisiä, mutta tällöin myös routa on niin syvä, että puut ovat tukevasti ankkuroituneet. Lisäksi tällöin tuuli on yleensä heikkoa tai kohtalaista eli käytännössä alle 8 m s⁻¹. Toisaalta lumen taakka yksistään aiheuttaa riskin rungon katkeamiselle tai taipumiselle. Perusjaksolla keskimäärin viiden vuoden välein esiintyy maamme etelä-, länsi- ja keskiosan sisämaassa sekä pohjoisen Suomen länsiosassa 15–17 m s⁻¹ tuulia (perustuu havaittuihin kymmenen minuutin keskituuliin, puuskissa arviolta 25–28 m s⁻¹) ja noin 20–24 kg m⁻² lumikuormia. Itäisessä Suomessa ja Itä-Lapissa vastaavat arvot ovat 13–15 m s⁻¹ (25–26 m s⁻¹) ja 22–29 kg m⁻². Suurin riski roudattomaan aikaan voimakkailla tuulilla, jotka

kaatavat puita (alttein pinnallisen juuriston omaava kuusi), on eteläisessä ja läntisessä Suomessa, mutta toisaalta myös Länsi-Lapissa. Suurten lumikuormien esiintyminen vähärouhtaisena aikana korostuu sen sijaan maan keski- ja itäosassa. Näillä alueilla heikosti ankkuroituneet puut (puulajista riippumatta) ovat siten herkemmin alttiita kaatumaan myös lumikuormien takia. Tässä työssä analysoidun tutkimusaineiston mukaan maamme keskiosissa voimakkaat, yli 11 m s^{-1} tuulet puhaltavat tyypillisesti luoteen suunnalta, kun taas etelä-, länsi- ja pohjoisosassa ne puhaltavat etelä- ja länsisuunnasta.

Tehdyt laskelmat osoittavat, että ilmastonmuutoksen myötä riski puiden kaatumiselle ja katkeamiselle kasvaa Suomessa tulevaisuudessa. Samalla kun maan routaisuus vähenee Lounais-Suomesta alkaen, suurehkojen lumikuormien riski kasvaa maamme etelä-, itä- ja pohjoisosissa vuosisadan puoliväliin asti, minkä jälkeen riski pienenee. Roudan ja lumikuormien samanaikaiset muutokset yhdistettynä mahdollisiin tuulisuuden muutoksiin (jälkimmäiset yksistään keskimäärin vähäisiä) osoittavat sen, että maan etelä-, keski- ja itäosassa puiden kaatumisriski voi kasvaa merkittävästikin. Huomioitavaa on kuitenkin se, että keskimääräisarvojen tarkastelu ei kerro koko totuutta tuulisuudesta, mitä tulisikin tutkia jatkossa tarkemmin. Ilmastollisten riskien vaikutus on riippuvainen myös metsän rakenteesta (mm. puulaji, puuston koko ja tiheys), metsänhoidosta ja kasvupaikan ominaisuuksista, joita tässä työssä ei tarkasteltu lähemmin. Vaikka tutkimuksen tulokset ovat vasta alustavia, ne ovat kuitenkin hyödyllisiä metsiin kohdistuvia ilmatoriskejä arvioitaessa. Aiheen mahdollisissa jatkotutkimuksissa tutkimusmenetelmiä tulisi edelleen kehittää ja hyödyntää mm. hienohilaisia ilmastomalleja sekä uusimpia tulevaisuutta kuvaavia ilmastomuutoskenaarioita (CMIP5-malliajot).

■ Hilppa Gregow, Mikko Laapas, Seppo Saku ja Ari Venäläinen, Ilmatieteen laitos; Heli Peltola, Itä-Suomen yliopisto, metsätieteiden osasto. Sähköposti hilppa.gregow@fmi.fi

Markku Larjavaara

Poikkileikkausmassaan perustuva uusi menetelmä maapuiden inventointiin

Seloste artikkelista: Larjavaara, M. & Muller-Landau, H.C. 2011. Cross-section mass: an improved basis for woody debris necromass inventory. *Silva Fennica* 45(2): 291–298. <http://www.metla.fi/silvafennica/full/sf45/sf452291.pdf>

Kiinnostus Suomen metsien lahoppuustoon on lisääntynyt viime vuosikymmeninä, koska lahoppu on elinehto monille eliölajeille. Kaatuneiden lahoppuiden eli maapuiden yleisimmät inventointimenetelmät voidaan jakaa koealaperusteiseen otantaan ja linja-leikkaus-otantaan. Koealaperusteisessa otannassa tyypillisesti mitataan maapuiden pituudet ja läpimitat poikkileikkausalan arvioimiseksi ja oletetaan tietynlainen kapeneminen tilavuuden laskemiseksi. Linja-leikkaus-otanta taas perustuu informaatioon maapuusta kohdassa, jossa se leikkaa inventoidun linjan. Normaalisti linja-leikkaus-otannassa mitataan maapuun läpimitta leikkauskohdassa poikkileikkausalan, a (m^2), laskemiseksi ja lasketaan tilavuus pinta-alaa kohden, V (m^3/m^2), kaavalla:

$$V = \frac{\pi}{2L} \sum a \quad (1)$$

jossa L on linjan pituus (m). Maapuiden pituutta ei linja-leikkaus-otannassa mitata koska pidemmällä maapuilla on suurempi todennäköisyys kohdata linja.

Viime vuosina kiinnostus aihepiiriin on lisääntynyt entisestään, sillä lahoppuusto varastoi hiiltä ja vaikuttaa siten ilmakehän hiilidioksidipitoisuuteen. Varaston suuruuden määrittämiseksi on tarpeellista tietää lahoppuuston kuivamassa pinta-alaa kohden. Tämä kuivamassa on normaalisti laskettu kertomalla tilavuus tiheydellä (kg/m^3). Tiheys on arvioitu tyypillisesti pienten näytteiden perusteella, joiden tilavuus on määritetty upottamalla ne veteen. Työn säästämiseksi valtaosalle maapuista tiheys on normaalisti arvioitu näytettä ottamatta joko tiheyden keskiarvon perusteella tai lisäinformaatiota, kuten laholuokkia hyväksi käyttäen.

Perinteinen menetelmä, jossa tilavuus kerrotaan tiheydellä, antaa harhattomia tuloksia, mikäli sekä tilavuus että tiheys ovat harhattomasti määritetty. Käytännössä poikkileikkausala, a , määritetään yleensä läpimitan perusteella olettaen että poikkileikkaus on pyöreä ja onteloton. Tämä oletus johtaa usein merkittävään harhaan ja monet tutkijat ovatkin käyttäneet menetelmiä, joissa he ovat tarkkuutta lisätäkseen valokuvanneet maapuista sahaamiaan kiekkoja ja arvioineet tätä kautta tarkan poikkileikkauspinta-alan. Tämän kaltaiset menetelmät ovat hyvin työläitä ja käytännössä mahdottomia pitkälle lahonneille maapuille, joiden koostumus on sahanjauhomainen.

Perinteisen menetelmän tilavuuden arviointi perustuu poikkileikkauspinta-alan ja tiheyden tulon eli pohjimmiltaan massaan maapuun pituusyksikköä kohden, jota kutsumme poikkileikkausmassaksi, c (kg/m). Siihen perustuen massa pinta-alaa kohden, M (kg/m³), saadaan kaavasta:

$$M = \frac{\pi}{2L} \sum c \quad (2)$$

Poikkileikkausmassa voidaan arvioida suoraan sahaamalla esim. muutaman senttimetrin paksuinen kiekko, mittaamalla sen tuorepaksuus, ja kuivamalla ja punnitsemalla lopuksi sen kuivamassa. Jos kiekko on liian suuri kuivattavaksi, voi kiekon tuoremassan ensin punnita maastossa ja halkaista kirveellä kuivattava sektori kosteuspitoisuuden ja koko kiekon kuivamassan arvioimiseksi.

Esittämässämme uudessa poikkileikkausmassaan perustuvassa menetelmässä poikkileikkauksen epäsäännöllinen muoto ja ontelot eivät tuota ongelmia. Jopa sahanjauhomaistenkin maapuiden osuus saadaan helposti arvioitua pussittamalla normaalia kiekkoa paksumpi näyte ja arvioimalla näytteen paksuus maapuuhun syntyneen aukon perusteella ottaen huomioon myös sahanterän paksuus. Myös poikkileikkausmassaan perustuvassa menetelmässä on usein järkevää ottaa näyte vain murto-osasta maapuita. Tällöin poikkileikkausmassa voidaan arvioida valtaosalle maapuista niiden läpimitan perusteella esim. olettaen poikkileikkausmassan olevan verrannollinen läpimitan neliöön. Aivan kuten perinteisessäkin menetelmässä, voidaan poikkileikkausmassaan perustuvassa menetelmässä hyö-

dyntää lisäinformaatiota, kuten laholuokkia tai ns. ”puukkotestiä”. Poikkileikkausmassaan perustuvaa menetelmää voidaan käyttää yhtä luontevasti koealaperusteisessa otannassa kuin linja-leikkausotannassakin. Tällöin saadaan maapuun massa sen pituuden ja keskimääräinen poikkileikkausmassan tulona.

Suosittelen poikkileikkausmassaan perustuvaa menetelmää kaikkiin inventointeihin, joissa on tavoitteena määrittää maapuiden massa pinta-alaa kohden.

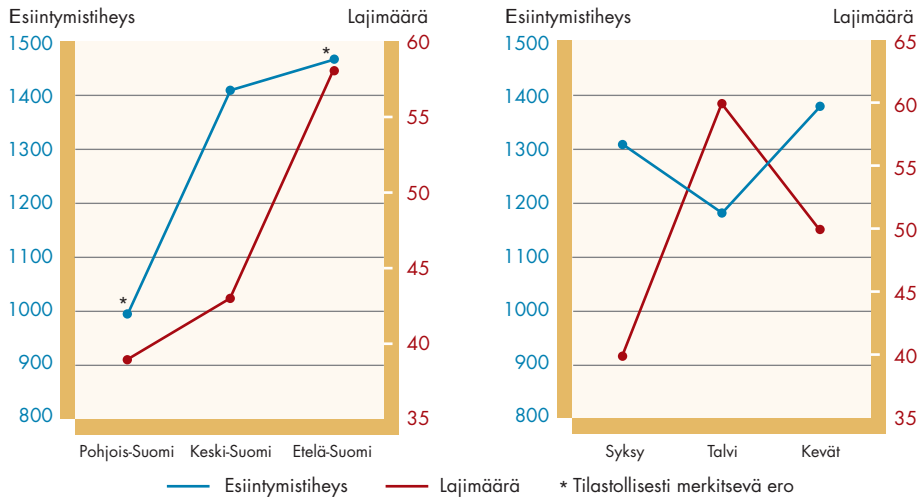
■ Markku Larjavaara, Smithsonian Tropical Research Institute, Panama & Helsingin yliopisto, metsätieteiden laitos. Sähköposti markku.larjavaara@gmail.com

Eeva Terhonen ja Risto Kasanen

Leveysasteen, vuodenajan ja neulasen iän vaikutus männyn neulasten sienilajistoon Suomessa

Seloste artikkelista: Terhonen, E., Marco, T., Sun, H., Jalkanen, R., Kasanen, R., Vuorinen, M. & Asiegbu, F. 2011. The effect of latitude, season and needle-age on the mycota of Scots pine (*Pinus sylvestris*) in Finland. *Silva Fennica* 45(3): 301–317. <http://www.metla.fi/silvafennica/full/sf45/sf453317.pdf>

Tutkimuksessa tarkasteltiin maantieteellisen sijainnin, vuodenaikojen vaihtelun sekä neulasen iän vaikutusta männyn oireettomien neulasten sienilajiston runsauteen ja lajimäärään. Männyn ensimmäisen ja toisen vuoden neulasia kerättiin 27 eri puusta kolmelta eri koealueelta (Pohjois-, Keski- ja Etelä-Suomesta). Neulaspareja kerättiin 10 jokaisena vuodenaikana: syksyllä (lokakuu 2006), talvella (helmikuu 2007) ja keväällä (huhtikuu 2007). Yhteensä neulaspareja kerättiin satunnaisotannalla 810 kappaletta. Neulasparin toinen neulanen asetettiin kokonaisuena elatusalus-



Kuva 1. Eristettyjen sienien luku- ja lajimäärä (kpl) eri koealoilla ja vuodenaikoina.

talle (2 % MEA) ja toinen leikattiin viiteen osaan. Saadut puhdasviljelmät jaoteltiin omiin ryhmiinsä morfologisten tuntomerkkien perusteella. Sienten rihmastoista eristetyistä DNA-näytteistä monistetettiin polymeerasiketjureaktiolla (PCR) sienten perimän ITS-alueita, johon tunnistaminen perustui. Vuodenajan, neulasen iän ja leveysasteen (kiinteät selittävät tekijät) yhteisiä vaikutuksia sienten esiintymiseen testattiin tilastollisesti lineaarisella sekamallilla. Satunnaiset selittävät tekijät mallissa olivat koeala, koepuu ja neulaspari. Eri alueille ja vuodenaikojille laskettiin diversiteetti-indeksit: Shannon-Wiener, Fisher's α , Chao-1 ja Chao-2. Sienilajien esiintymisen samankaltaisuudet eri alueiden ja vuodenaikojen välillä laskettiin käyttämällä Morisita-Horn ja Bray-Curtis indeksejä.

Yhteensä 1 620 neulasesta eristettiin 3 868 sientä, jotka ryhmiteltiin 68 morfologisesti erilaiseen ryhmään. Suurimmaksi osaksi sienet (65 %) kuuluivat koteloseniiniin ja vain 0,03 % ryhmiteltiin kantasiiniin. Valtaosa männyn neulasista eristetyistä sienistä kuului luokkaan Leotiomycetes. Yleisin laji oli *Horomonema dematioides*, jota eristettiin 21 % neulasista. Myös yleisesti tavattu männyn neulasendofyytti *Lophodermium pinastri* oli runsaslukuinen.

Diversiteetti-indeksien mukaan sienilajisto oli suhteellisen monipuolinen. Chao-1 indeksin mukaan

lajimäärä oli kuitenkin aliarvioitu. Diversiteetti-indeksit olivat korkeimmat Etelä-Suomessa ja keväällä. Samankaltaisimmat sienilajistot löydettiin Keski- ja Etelä-Suomen väliltä. Neulasen ikääntyessä myös sienten ja lajien lukumäärä lisääntyi, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkittävä. Suurempia eroja neulasten välillä olisi todennäköisesti löytynyt, jos vanhempia neulasia olisi lisätty tutkimukseen, sillä ensimmäisen ja toisen vuoden neulasten fyysikaalinen ero on hyvin pieni. Vuodenaikojen vaihtelulla ei todettu olevan tilastollisesti merkittävää vaikutusta sienilajien esiintymiseen (kuva 1). Sienten esiintymistiheydet vähenivät talvella, lisääntyen taas keväällä (kuva 1). Toisaalta lajien lukumäärä taas lisääntyi talven aikana (kuva 1). Sienieristysten lukumäärä syksyllä, talvella ja keväällä olivat 1 308, 1 180 ja 1 380 (kuva 1). Vaihtelut esiintymistiheydessä eri vuodenaikojen välillä olivat suhteellisen samoja eri leveysasteilla. Vaikuttaa siltä että sienten kolonisaatioon vaikuttaa sään ohella monia eri tekijöitä, kuten ravinteiden niukkuus, lajien välinen kilpailu ja lämpötila. Lajimäärät ja niiden runsaudet lisääntyivät Pohjois-Suomesta etelään siirryttäessä (kuva 1). Pohjois-, Keski- ja Etelä-Suomesta kerätyistä neulasista eristettiin yhteensä 994, 1 408 ja 1 466 sienikasvustoa (kuva 1). Tilastollisesti merkitsevä ero sienilajien esiintymistiheydessä löydet-

tiin Pohjois- ja Etelä- Suomen väliltä (kuva 1). Tu-
lostemme mukaan leveysasteen kasvaessa sienilaji-
en lukumäärä ja esiintymistiheys vähenevät. Tämä
viittaa siihen, että oireettomien männyn neulasten
sienilajien esiintymiseen vaikuttavat leveysasteiden
erilaiset ympäristötekijät.

■ Eeva Terhonen, Teresa Marco, Hui Sun, Risto Kasanen ja
Fred Asiegbu, Helsingin yliopisto, metsätieteiden laitos;
Risto Jalkanen, Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen toimi-
paikka; Martti Vuorinen, Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen
toimipaikka. Sähköposti eeva.terhonen@helsinki.fi

Marjut Turtiainen, Kauko Salo ja
Olli Saastamoinen

Mustikan ja puolukan satojen ja talteenottoasteiden vaihtelu Suomessa

Seloste artikkelista: Turtiainen, M., Salo, K. & Saastamoinen,
O. 2011. Variations of yield and utilisation of bilberries (*Vac-
cinium myrtillus* L.) and cowberries (*V. vitis-idaea* L.) in Finland.
Silva Fennica 45(2): 237–251.
<http://www.metla.fi/silvafennica/full/sf45/sf452237.pdf>

Tähän mennessä Suomessa on esitetty vain kar-
keita arvioita luonnonmarjojemme talteenotto-
asteista. Keskeisenä syynä tähän on se, että eri luon-
nonmarjalajien kokonaissadoista ja niiden vuosit-
taisista vaihteluista on ollut vain niukasti tutkittua
tietoa.

Tällä tutkimuksella oli kolme tavoitetta:

- 1) Mustikan ja puolukan keskinkertaisen satovuoden
valtakunnalliset ja alueelliset kokonaissadot, jotka
oli aiemmin estimoitu alueellisia satomalleja ja
empiirisiä aineistoja hyväksi käyttäen, kalibroitiin
erilaisille (runsas ja niukka) satovuosille hyödyntäen
Metsäntutkimuslaitoksen v. 1997–2008 keräämää
marjainventointiaineistoa;
- 2) Mustikan ja puolukan valtakunnalliset talteenot-
toasteet laskettiin vuosille 1997–1999 hyödyntäen

Joensuun yliopistossa (nyk. Itä-Suomen yliopisto)
kyseisinä vuosina kerättyä valtakunnallista luon-
nonmarjojen talteenoton aineistoa sekä kyseisille
vuosille kalibroituja kokonaissatoja; sekä

- 3) molempien marjalajien alueelliset talteenottoasteet
laskettiin vuodelle 1997 (kyseisenä vuotena luon-
nonmarjojen talteenottoaineisto oli kattavin, mikä
mahdollisti myös alueellisen tarkastelun)

Laskelmien mukaan mustikan kokonaissato vaihte-
li v. 1997–2008 92 ja 312 milj. kg:n välillä. Puolu-
kan sadot vaihtelivat 129 ja 386 milj. kg:n välillä.
Laskelmissa huomioitiin kangasmetsien ja soiden
sadot, mutta avotuntureiden sadot eivät ole niissä
mukana.

Sadoiltaan erilaisina vuosina 1997–1999 musti-
koita poimittiin suhteellisesti ottaen varsin tasais-
esti 5–6 % valtakunnallisesta vuotuisesta kokonaissa-
dosta. Puolukan talteenottoaste oli myös varsin va-
kaa vaihdellen 8 ja 10 prosentin välillä.

Erittäin hyvänä satovuotena 1997 mustikan ja
puolukan talteenottoasteet olivat korkeimmat Itä-
Suomessa ja Oulu-Kainuun alueella (mustikalla n.
9 % ja puolukalla n. 12 %). Lapissa poimittiin vain
muutama prosentti ko. marjalajien kokonaissadois-
ta.

Tutkimustuloksia tarkasteltaessa on syytä huomi-
oida ainakin pari seikkaa. Ensinnäkin, kokonaissato-
jen kalibroinnissa hyödynnettiin 12 vuoden marjain-
ventointiaineistoa (v. 1997–2008). Voidaan kysyä,
oliko aineistossa edustettuina sekä erittäin runsaat
että erittäin heikot mustikan ja puolukan satovuodet
(satojen ääripäät). Ts. ovatko tutkimuksessa esite-
tyt kokonaissatojen vaihteluvälit aivan todellisuutta
vastaavia vai voisiko vuosien väliset vaihtelut olla
vieläkin suurempia? Tämän selvittämiseksi tarvittai-
siin vieläkin pidempi aikasarja pysyvillä marjakoe-
aloilla. Alueellisella tasolla kokonaissatojen vaih-
teluiden tarkempi selvittäminen edellyttäisi myös
koelaverkoston tihentämistä.

Toiseksi on syytä muistaa, että tutkimustulok-
set kuvaavat talteenoton osalta viime vuosituhan-
nen lopun tilannetta, ts. aikaa, jolloin ulkomaalaisia
marjanpoimijoita oli vasta vähän Suomessa. Viime
vuosina ulkomaalaiset poimijat ovat poimineet yhä
suuremman osan kauppaan tulevasta luonnonmarja-
määrästä (erilaisten arvioiden mukaan ainakin puo-
let, jopa enemmänkin). Talteenoton nykytilan ja tä-

mänhetkisten talteenottoasteiden selvittämiseksi tarvittaisiinkin kattava valtakunnallinen tutkimus paitsi suomalaisten myös ulkomaalaisten luonnonmarjojen poiminnasta.

■ Marjut Turtiainen ja Olli Saastamoinen, Itä-Suomen yliopisto, metsätieteiden osasto; Kauko Salo, Metsäntutkimuslaitos, Joensuun toimipaikka. Sähköposti marjut.turtiainen@uef.fi