

Maija Salemaa, Tiina M. Nieminen, John Derome ja Heljä-Sisko Helmisaari

Kasvipeitteen palauttaminen elvyttää saastuneen metsämaan

Maaperän kunnostustarve Suomessa

Maaperän saastuminen on vakava ympäristöongelma, joka kohdistuu myös metsämaille. Saastuneessa maaperässä on ihmisen toiminnan seurauksena ympäristölle vahingollisia aineita liian suurina pitoisuuksina. Tavallisimpia saastuttavia aineita ovat mineraaliöljy, raskasmetallit ja klooratut hiilivedyt. Suomessa ympäristöhallinnon ylläpitämään tietojärjestelmään on kirjattu noin 17 600 sellaista maa-aluetta, joiden maaperä voi olla pilaantunut tai niillä on havaittu haitta-aineita. Raskasmetallien saastuttamia metsämaita sijaitsee tavallisimmin metallisulattojen, kaivoksien ja terästehtaiden lähiympäristössä. Metsäisille alueille perustettujen ampumaratojen on todettu aiheuttaneen maaperän pilaantumista lyijypitoisten haulien ja luotien kertyessä maahan. Myös taimitarhat, puutuoteteollisuuden toimialat kuten sahat, kyllästämöt ja lastulevy- ja vaneriteollisuus ovat kuormittaneet paikallisesti metsämaita päästämällä ympäristöön haitallisia torjunta- ja lahonsuoja-aineita sekä liimoja. Toimialojen mukaisessa luokittelussa maaperää mahdollisesti pilaavasta toiminnasta 6 % on metalliteollisuutta, 4,5 % taimi- ja kauppapuutarhoja sekä 5,5 % puutuoteteollisuutta.

Metsämaiden saastuminen voi vaikuttaa haitallisesti ihmisten terveydentilaan etenkin jos niitä käytetään asuin- ja virkistysalueina tai niiltä leviää haitallisia aineita läheisille viljelysmaille. Maaperän saastuminen on erityisen vakavaa, jos sieltä huuhtoutuu epäpuhtauksia pohjavesiin. Saastu-

neiden maiden kunnostus on vaikea tehtävä, jossa haitalliset aineet pyritään poistamaan tai sitomaan vaarattomaan muotoon. Tavoitteena on vähentää ihmisten, eläinten ja kasvien altistumista saasteiden vaikutuksille sekä estää haitallisten aineiden siirtyminen eteenpäin ravintoketjuissa ja kulkeutuminen pohjaveteen.

Vaihtoehtona paikan päällä tehtävä kunnostus

Tavallisin saastuneen maaperän kunnostusmenetelmä on ollut saastuneiden maamassojen poisto ja korvaaminen puhtaalla maa-aineksella. Jos pois kaivettu maa on lievästi saastunutta, se hyödynnetään sellaisenaan pääasiassa kaatopaikkojen peittomaana. Maa-aineksen kaivuu ja siirto tekevät menetelmästä kalliin, ja kustannukset nousevat varsinkin puhdistusta vaativien maamassojen osalta.

Metsämaata kunnostettaessa pintamaan poistaminen edellyttää usein myös puuston kaatamista, minkä lisäksi maaperän rakenne ja siihen varastoituneet siemenet tuhoutuvat. Mikäli puita jätetään kasvamaan, pintamaan poistaminen vaurioittaa niiden juuria ja heikentää veden ja ravinteiden ottoa. Niinpä puiden paikalle jättäminen johtaa usein niiden pystyyn kuivumiseen ja kuolemiseen.

Viime aikoina on kehitetty monia kunnostusmenetelmiä, joissa pintamaata ei poisteta, vaan hoitotoimenpiteet tehdään paikan päällä. Kasvien avulla tehtävä ympäristön elvyttäminen eli fyto-



Kuva 1. Harjavallan metallisulattojen läheisyydessä saastuneen metsämaan pintaa peittää hajoamattomasta neulaskarikkeesta muodostunut kerros. Puiden ja varpujen istuttaminen kompostiseoksella katetuille koeruuduille loi vihreitä saarekkeita muuten kasvipeitteettömään metsämaahan.

aatio on yksi mahdollisista menetelmistä. Esimerkiksi saasteiden tai kulumisen vuoksi paljastuneelle metsämaalle voidaan palauttaa kasvipeite lisäämällä maanparannusaineita tai lannoitteita ja istuttamalla tai kylvämällä kestäviä kasvilajeja. Kasvipeite sitoo haitallisia aineita, pidättää niitä maaperään ja vähentää niiden leviämistä ympäristöön huuhtoutumalla tai pölynä. Kasvillisuuden kariketuoannon elpyminen vilkastuttaa maaperän mikrobitoimintaa ja tervehdyttää pitkällä aikavälillä koko ekosysteemiä.

Kasvipeite ei palaudu helposti alueille, joilta se on tuhoutunut jo kymmeniä vuosia sitten. Syynä saattaa olla pula itämiskykyisistä siemenistä, itiöistä ja maavarren kappaleista, joista kasvu voisi alkaa. Usein myös kuivuus ja pohjoisessa ankara ilmasto rajoittavat kasvillisuuden luontaista palautumista. Saastuneessa maaperässä myrkylliset aineet voivat tappaa nuoret taimet ennen kuin niiden juuret ulottuvat syvemmälle puhtaampiin maakerroksiin. Kasvualustan parantaminen onkin useimmiten välttämätöntä kasvipeitteen palauttamiseksi saastuneille alueille. Tämä edistää myös kasvillisuuden luontaista palautumista ympäristöstä leviävistä siemenistä.

Raskasmetallien kuormittamat metsät Harjavallassa

Metsäntutkimuslaitos on pitkään seurannut Harjavallan mäntykankaiden tilaa, ja selvittänyt ilmansaasteiden vaurioittamien metsien kunnostamismahdollisuuksia.

Raskasmetallit ja rikkidioksidi ovat saastuttaneet Harjavallan sulattojen ympäristöä vuosikymmenien ajan. Vaikka sulattojen päästöt ovat huomattavasti pienentyneet 1990-luvun alusta lähtien, pitkään jatkuneella kuormituksella on edelleenkin haitallisia vaikutuksia lähimetsien maaperään, puustoon ja aluskasvillisuuteen. Laskeuman pienentyminen viimeisen 10 vuoden aikana on kuitenkin alkanut tuottaa merkkejä aluskasvillisuuden toipumisesta 3–4 km päässä sulatoista. Vuoden 2007 inventointituloksien mukaan tämä näkyy varsinkin jäkälien ja varpujen peittävyuden vähittäisenä lisääntymisenä.

Harjavallan sulattojen lähimetsien männyt ovat harsuuntuneita ja kitukasvuisia, niiden hienojuurten kuolleisuus on suurta ja aluskasvillisuus on tuhoutunut paikoin lähes kokonaan. Metsämaan pintaa peittää paksu, hajoamattomasta neulaskarikkeesta muodostunut kerros (kuva 1), sillä maaperän suu-

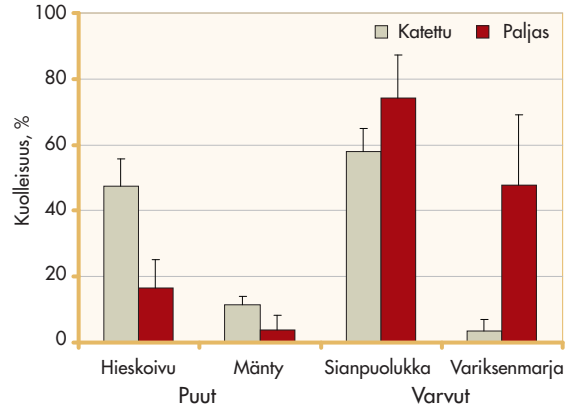
ret kupari- ja nikkelimäärät estävät hajottajaeliöstön normaalin toiminnan ja ravinteiden vapautumisen karikkeesta. Maaperän humuskerrokseen vuosien kuluessa kertyneet raskasmetallit ovat syrjäyttäneet ravinteita, kuten kalsiumia, magnesiumia ja kaliumia, maahiukkasten pinnoilta. Kasvipeitteeton maa pölyää ja metallipitoiset hiukkaset leviävät tuulen mukana ympäröivään luontoon ja lähiseudun asuinalueille. Mäntyjen latvustot keräävät pölyä, ja niistä sateen mukana huuhtoutuva kupari- ja nikkeli-laskeuma on lähellä sulattoja selvästi suurempi kuin etäämmällä kasvavissa männiköissä. Vaikka metsämaasta löytyy eläviä kanervan, juolukan, koivun ja männyn siemeniä, pintamaan myrkyllisen korkeat raskasmetallipitoisuudet ja kuivuus estävät uusien taimien juurtumisen.

Harjavallan metsien lannoitus- ja kalkituskokeet

Metsäntutkimuslaitos perusti vuonna 1992 Harjavallan sulattojen lähimänniköihin 0,5–8 km etäisyyksille pitkäaikaisia lannoitus- ja kalkituskokeita, joiden tavoitteena oli raskasmetallikuormituksen aiheuttaman ravinne-epätasapainon korjaaminen. Kalkitus ja kalkkia sisältäneet lannoituskäsittelyt pienensivät vaihtuvan kuparin ja nikkelin pitoisuuksia maan orgaanisessa kerroksessa, kun taas kalsiumin ja magnesiumin pitoisuudet kohosivat. Vastaavat muutokset voitiin havaita myös 20 cm syvyydestä kerätyistä vajovesinäytteistä. Lannoitus lisäsi puiden kasvua eniten ja pitkäaikaisimmin lähellä sulattoja, missä puille käyttökelpoisten ravinteiden puute on suurin. Sen sijaan kauimpana sulatoista sijaitsevassa metsikössä annetuista ravinteista vain tyyppi lisäsi merkittävästi puiden kasvua. Lannoitus tai kalkitus eivät kuitenkaan elvyttäneet aluskasvillisuutta. Tämä oli yksi syy kasvipeitteen palauttamiskokeen aloittamiselle vuonna 1996.

Kasvipeitteen palautuskoe lähellä sulattoja

Sulattojen välittömässä läheisyydessä (0,5 km) toteutetussa kunnostuskokeessa (1996–2005) saastuneen metsämaan pinnalle levitettiin orgaanista kateeta. Kateaineessa oli puolet pääkaupunkiseudun kom-



Kuva 2. Istutettujen puuntaimien ja varpujen keskimääräinen kuolleisuus (+ keskiarvon keskiarvo) kompostiseoksella katetuilla ja paljaille koeruuduilla seurantajakson 1996–2005 lopussa.

postoitua kotitalous- ja puutarhajätettä ja puolet sahalta saatua puulastua. Kompostiseoksen pH oli 6,3 ja hiili-typpisuhde 16:1. Metsämaan pinnalle rakennettiin näin uusi orgaaninen kerros, jonka tarkoitus oli elvyttää maan mikrobitoimintoja ja mahdollistaa istutettujen puiden taimien ja varpupistokkaiden säilyminen elossa. Istutettujen kasvien lisäksi kokeessa tutkittiin kasvillisuuden luontaista palautumista.

Tutkimusalueelle perustettiin yhteensä 36 koeruutua (kukin 5 x 5 m), joista puolet katettiin 5 cm:n kerroksella kompostiseosta ja puolet jätettiin paljaksi. Hieskoivun ja männyn taimia sekä sianpuolukan ja variksenmarjan juurrutettuja pistokkaita istutettiin koeruuduille kompostiseoksella täytettyihin istutuskuoppiin. Kutakin lajia istutettiin kuudelle koeruudulle siten, että kolme ruutua oli katettu kompostiseoksella ja kolme oli paljaita. Yhteensä kutakin kasvilajia istutettiin 294 kappaletta. Kokeessa oli mukana myös koeruutuja, joille ei istutettu kasveja, mutta jotka oli joko peitetty kompostiseoksella tai joihin oli tehty kompostiseoksella täytettyjä istutuskuoppia. Vertailuruudut olivat täysin käsittelemättömiä.

Kasvillisuuden kehittymistä koeruuduille seurattiin kymmenen vuoden seurantajaksona. Variksenmarjoista vain 4 % kuoli katetuilla, mutta 48 % paljaille ruuduilla, joissa kompostiseosta oli vain istutuskuopissa (kuva 2). Yli puolet sianpuolukan pis-



Kuva 3. Variksenmarja levisi hyvin ja peitti maan pinnan kymmenen vuoden seurantajaksolla. Katetuille koeruuduille levisi runsaasti kasvillisuutta myös luontaisesti.

tokkaista kuoli kahden ensimmäisen vuoden aikana molemmissa käsittelyissä. Tämän jälkeen elossa säilyneet pistokkaat kasvoivat ja levisivät hyvin. Mäntyntaimien kuolleisuus oli pientä (alle 12%) kummassakin käsittelyssä, kun taas koivun kuolleisuus oli suurempi katetuilla (48%) kuin paljailla ruuduilla (17%). Rusakot kävivät syömässä koivun taimia tutkimusalueella. Varsinkin katetuilla ruuduilla kasvavat koivut näyttivät maittavan niille hyvin, mikä lisäsi koivun kuolleisuutta.

Puiden taimet säilyivät varpuja paremmin elossa koko aineiston tarkastelussa. Toisaalta varpujen kasvullinen leviäminen mahdollisti kasvipeitteen nopean kehittymisen paljaan maan pinnalle (kuva 3). Kompostiseoksen lisääminen istutuskuoppaan todennäköisesti paransi sekä puiden että varpujen selviytymistä ensimmäisten vuosien ajan, minkä jälkeen ne pystyivät kasvattamaan juuria puhtaampiin maakerroksiin. Puuvartisten kasvien selviytymistä saastuneessa ympäristössä saattoi parantaa niiden taipumus kerätä raskasmetalleja juuriin ja varsinkin rajoittaa niiden pääsyä lehtiin. Raskasmetalleja kertyy puiden ja varpujen sienijuuriin eli mykorritsoihin.

Katetuille koeruuduille levisi tehokkaasti luontaisesti kasvillisuutta, etenkin pioneerilajeja kuten hors-

maa, voikukkaa ja heiniä. Niille ilmestyi runsaasti myös puiden sirkkataimia, joista osa oli jo vakiintunut kymmenen vuoden seurantajakson lopussa (kuva 3). Ensimmäisenä syksynä kateaineessa kasvoi myös runsaasti pulkkosieniä. Sen sijaan paljaat vertailuruudut pysyivät kasvipeitteettöminä koko seurantajakson ajan.

Myös koalueen huonokuntoinen mäntytuusto kasvatti nopeasti hienoitujaan kompostiseokseen, jota oli lisätty maan pinnalle ja istutuskuoppiin. Ektomykorritsallisten juurenkärkien määrä oli huomattavasti suurempi kompostiseoksen muodostamassa kerroksessa kuin saastuneen maan humuskerroksessa.

Johtopäätökset

Raskasmetalli- ja rikkilaskeuman pienentyminen Harjavallan metallisulattojen lähimetsissä mahdollisti saastuneen metsämaan kunnostuksen. Kymmenen vuotta kestänyt seuranta osoitti, että kotimaiset puuvartiset kasvit ovat melko kestäviä raskasmetalleille, ja ne selviytyvät myös vaihtelevissa sääoloissa. Etenkin variksenmarja ja mänty sopivat hyvin

kuivien mäntykankaiden kunnostamiseen. Oleellista koko metsäekosysteemin tervehtymiselle on puhtaan orgaanisen kerroksen rakentaminen kasvien juurtumisalustaksi. Saastuneen metsämaan ekologinen kunnostus kotimaisten kasvilajien ja kompostoidun kateaineen avulla on suhteellisen halpa ja ympäristöystävällinen keino palauttaa kasvipeite ja siten vähentää raskasmetallipölyn leviämistä ympäristöön. Samaa menetelmää voidaan hyvin soveltaa myös kuluneiden virkistysalueiden ja puistometsien aluskasvillisuuden palauttamiseksi, kunhan ihmisten liikkuminen ohjataan jatkossa poluille, pois kulumisherkästä varvikosta.

Kirjallisuutta

- Helmisaari, H.-S., Salemaa, M., Derome, J., Kiikkilä, O., Uhlig, C. & Nieminen, T.M. 2007. Remediation of heavy metal-contaminated forest soil using recycled organic matter and native woody plants. *Journal of Environmental Quality* 36: 1145–1153.
- Kiikkilä, O., Derome, J., Brügger, T., Uhlig, C. & Fritze, H. 2002. Copper mobility and toxicity of soil percolation water to bacteria in a metal polluted forest soil. *Plant and Soil* 238: 273–280.
- Mälkönen, E., Derome, J., Fritze, H., Helmisaari, H.-S., Kukkola, M., Kytö, M., Saarsalmi, A. & Salemaa, M. 1999. Compensatory fertilization of Scots pine stands polluted by heavy metals. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 55: 239–268.
- Nieminen, T. M. 2005. Response of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) to a long-term Cu and Ni exposure. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 942. 63 s.
- Salemaa, M. 2003. Response of the understorey vegetation of boreal forests to heavy metal loading. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 905. 43 s.

■ FT Maija Salemaa, FT Tiina M. Nieminen ja MMT Heljä-Sisko Helmisaari, Metsäntutkimuslaitos, Vantaan toimintayksikkö; MMT John Derome, Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen toimintayksikkö
Sähköposti majja.salemaa@metla.fi