

Kimmo Tolonen ja Aki Pitkänen

Kulojen toistuvuus ja merkitys jääkauden jälkeisenä aikana Suomessa

Johdanto

Metsäpalo on ollut tärkein suurista häiriötekijöistä useimmissa pohjoisen havumetsävyöhykkeen ekosysteemeissä, ja sen on katsottu ylläpitävän monenmoisia ja paikasta riippuen erilaisia metsärakenteita. Kulohistorian ymmärtämisestä on tullut oleellinen kysymys paitsi metsäluonnon monimuotoisuuden säilyttämisen myös ilmaston dynamiikan ja ilmakehän hiilenkierron kannalta. Metsien luonnollisen häiriödynamiikan tunteminen on yksi avainkysymyksistä pyrittäessä kestävänsä metsänhoidon käytäntöihin. Kuitenkin Euroopan pohjoisten metsien kulohistoria tunnetaan huonosti muutamaa vuosisataa vanhemmilta ajoilta. Vallitsevat käsitykset esimerkiksi Fennoskandian metsien palodynamiikasta ja -historiasta pääosin perustuvat historiallisiin lähteisiin ja mäntyjen palokorotutkimuksiin, jotka parhaimmillaan tavallisesti ulottuvat vain noin 600 vuotta ajassa taaksepäin, jona aikana ihmisen vaikutus metsäpaloihin lienee ollut huomattava. Tässä artikkelissa esittelemme pitkän aikavälin metsäpalohistorian tutkimusmenetelmiä ja tuloksia, sekä uutta, kehittämällämme pienten suoaltaiden hiilikerrokseen perustuvalla menetelmällä saatua tietoa Suomen metsien palohistoriasta.

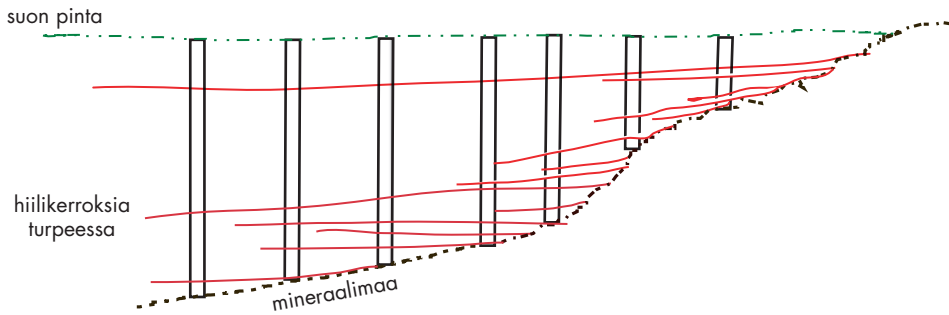
Kulohistorian tutkimusmenetelmistä

Historiallisten lähteiden mukaan metsäpalot ovat ol-

leet sangen yleisiä, mutta tietojen ylimalkaisuuden ja hajanaisuuden vuoksi niistä ei saa selvää käsitystä metsäpalojen esiintymisestä ajassa ja paikassa. Luotettavasti ja tarkasti palohistoriatietoja on alettu tallentaa vasta n. 1900-luvun alusta lähtien.

Mäntyjen (joskus muidenkin puulajien) tulen aiheuttamien vaurioiden ajoittamiseen puun vuosilustojen avulla perustuva palokoromenetelmä on kulohistorian tutkimuksissa menetelmänä ylivoimainen sekä ajallisessa tarkkuudessa, jossa toisinaan selviää kulon vuodenaikakin, että spatiaalisesti, koska palon laajuus voidaan useissa tapauksissa arvioida. Puuaineksen lahoamisen takia palokorojen avulla voidaan kulojen esiintymistä tutkia kuitenkin vain suhteellisen läheisessä menneisyydessä. Tutkimukseen sopiva puuainekes alkuaikana on vähissä 400–500 vuotta vanhemmalta ajalta, vaikkakin jonkin verran aineistoa löytyy joskus jopa 750 vuotta taaksepäin. Menetelmällä saadut tulokset osoittavat, että palot toistuvat Itä-Suomen kangasmetsissä jopa 30–40 vuoden välein kiihkeimpänä kaskiviljelyjaksona 1700-luvun alusta 1800-luvun puoliväliin. Kaskiviljelyseutujen ulkopuolelta, mm. Vienan Karjalasta ja Pohjois-Ruotsista saadut vastaavat tulokset kertovat keskimääräisen palovälän vaihdelleen viidenkymmenen ja noin sadan vuoden välillä paikasta riippuen viimeksi kuluneina vuosisatoina.

Pidemmän aikavälin tutkimuksiin voidaan käyttää järvisedimenttien (joskus myös soiden turpeen) ja kuloarkistoja. Ne pohjautuvat yleensä hiilihiukkasten määrän analysointiin järviliejusta tai turpeesta, mut-



Kuva 1. Useat pienet suoaltaat ovat tallentaneet ympäröivän metsän palohistorian ohuina hiilikerroksina. Koska palot etenevät yleensä vain muutamia metrejä suon pinnalla, ja suo on kasvanut laajuutta vuosituhansien mittaan, hiilikerroksien lukumäärä ja ikä vaihtelee siirryttäessä suon reunasta keskustaa kohti. Kun tutkitaan hiilikerrokset useista pisteistä suon reunasta keskustaan päin (pylväät kuvaavat mahdollisia kairauspisteitä) saadaan metsän palohistoria rekonstruoitua luotettavasti.

ta myös suon pinnan palamisessa syntyviä, suohon tallentuvia näkyviä hiilikerroksia voidaan käyttää palohistorian selvittämiseen. Vuosikerrallisten järvisedimenttien ns. liejulistoja alettiin Suomessa tutkia 1970-luvun puolivälistä lähtien jäädyttämällä sedimentti nopeasti joko hiilihappojäällä tai nestetyypellä. Näin saatua ajoituksellisesti tarkkaa sedimenttiarkistoa on sovellettu yksityiskohtaiseen maankäytön historian selvittämiseen muutamilla alueilla, mistä liejulistoja on löydetty. Vuosikerroksellisiin järviliejuihin perustuvat tutkimukset mm. Hämeestä ja Itä-Suomen alueelta osoittavat metsäpalojen lisääntyneen huomattavasti asutuksen leviämisen ja kaskiviljelyn alkamisen myötä. Hämeessä tämä muutos tapahtui jo n. 800–900 jKr, mutta Itä-Suomen alueella laajemmassa mitassa vasta 500–600 vuotta myöhemmin.

Menetelmällisten vaikeuksien vuoksi vesistöjen sedimenttiarkiston ajallinen tarkkuus ja yksittäisten kulojen tunnistaminen on tavallisesti melko rajallista ja palopaikan sijainti jää yleensä avoimeksi. Viimeksi mainittu on ratkaistu hiljattain kehittämässämme suoltaiden hiilikerrokseen pohjautuvassa menetelmässä. Menetelmällä saadaan selville palojen lukumäärä tutkittavista pienistä suoaltaista (ala 0,06–0,5 ha), ja siten voidaan arvioida kuinka usein ympäröivä metsä keskimäärin on palanut. Yksittäisiä paloja ei menetelmällä yleensä voi ainakaan tarkalleen ajoittaa, mutta täsmällisen ajoituksen tärkeys vähenee arvioidaessa jopa vuosituhansien pituisten ajanjaksojen kulovaljejä. Turvemenetelmän pätevyys voidaan testata

niin pitkälle ajassa taaksepäin kuin historialliset ja puulustoihin perustuvat palokorokronologiat samalla paikalla ulottuvat. Koska yhtäpitäviä tuloksia on saatu koskien muutamaa viimeksi kulunutta vuosisataa, voi olettaa turveallasmenetelmän olevan jokseenkin luotettava myös tätä vanhempien kerrosten osalta samassa altaassa.

Uusimmat tutkimustulokset

Siirrymme nyt tärkeimpiin turvekerroksista saatuihin tuloksiin, jotka koskevat vuosituhantista kulohistoriaa kolmella alueella: Oriveden Vatiharju, Lieksan Patvinsuon kansallispuisto ja Kuhmon Ulvinsalon luonnonpuisto. Kaksi ensin mainittua edustaa nykyisin mäntyvaltaista kuivaa- ja karukkokangasta, Ulvinsalo taas kuusivaltaista rehevämpää metsätyyppiä. Näillä alueilla seurasivat toisiaan viimeisen deglasiation (n. 11 000 vuotta sitten) jälkeen erilaiset metsävaiheet. Aluksi vallitsivat koivumetsät, jotka muuttuivat mäntyvaltaisiksi 10 000 vuotta sitten. Noin 9 000 vuotta sitten alkaneen ns. atlanttisen lämpökauden ajan vallalla olivat sekametsät jaloine lehtipuineen (kauden pituus noin 3 000 vuotta). Lehtimetsät muuttuivat kuusen tulon jälkeen nykyisiä luonnontilaisia metsiä muistuttaviksi taigametsiksi. Kuusen tulon jälkeisen ns. abiegnisen ajan alku vaihtelee itäisimmän Suomen yli 6000 vuodesta läntisimmän Suomen noin 2500 vuoteen.

Patvinsuon kansallispuiston nykyisin mäntyvaltaisilla alueilla oli keskimääräinen kuloväli koivukaudella 9000–8000 eKr. noin 100–200 vuotta, mutta piteni seuraavan 1000 vuoden ajaksi tuolloin vallinneissa mäntymetsissä noin 200–300 vuoteen. Tätä seuranneena atlanttisena kautena (n. 7000–4300 eKr.) metsäpaloja oli hyvin vähän, keskimääräinen kuloväli oli 600–900 vuotta. Kuusen tulon aikoihin kesät lienevät muuttuneet kuivemmiksi. Ainaakin metsäpalot näyttävät yleistyneen, niin että Patvinsuon alueella metsä paloi jopa noin 100 vuoden välein 500–600 vuoden pituisen jakson aikana noin 6500–6000 vuotta sitten. Mahdollisesti metsäpalot tavalla tai toisella helpottivat kuusen leviämistä ja/tai valtaanpääsyä aiemmin sulkeutuneissa ja paikoin mahdollisesti lehmusvaltaisissa sekametsissä. Kuusen vakiinnuttua Patvinsuon alueella kuloväli taas piteni noin 170–240 vuoteen ajanjaksoksi, joka päättyi vasta noin 1500 j.Kr. Silloin kuloväli lyheni keskimäärin 30–60 vuoteen lähinnä kaskiviljelyn seurauksena. Oriveden Vatiharjulla abiegnisen ajan kuloväli vaihteli tutkimuksemme mukaan 60–130 vuoteen ajanjaksoksi 3300 eKr.–1020 jKr., lyhentyen 35–45 vuoteen ajanjaksoksi 1020–1845 jKr. Sen jälkeen Vatiharju ei ole palanut. Kuitenkin menetelmällämme saadut kulovälit Vatiharjulta ovat todennäköisesti liian lyhyitä, sillä kulovälit perustuvat suon pohjan radiohiiliajoituksiin, jotka tältä paikalta saattavat antaa ”liian nuoria” ikiä, mikä on melko yleinen ilmiö ohutturpeisilla soilla.

Kuusimetsien erilainen kulohistoria

Kuusivaltaisilta alueilta on tarkkoja turvekerrostumiin perustuvia palohistoriatutkimuksia kivennäismaiden metsistä vain Kuhmon Ulvinsalosta; eri puolilta Ruotsia, sekä Norjasta on kyllä vastaavia tutkimuksia koskien kuusivaltaisten korprien palohistoriaa.

Ulvinsalo on avoimien ja metsäisten soiden pirstomaa vaaramaastoa. Noin 59 % luonnonpuiston pinta-alasta on metsää, ja siitä noin 80 % kuusivaltaista. 1700-luvun alkupuolelta 1900-luvun alkuun alueen metsien kuloväli on ollut keskimäärin noin 100 vuotta, joskin alueelta on lukuisia metsäkuvioita, joilta palokorot puuttuvat. Tutkitut pienet suoaltaat olivat palaneet Ulvinsalossa noin 1000 vuoden välein en-

nen kuusen tuloa ja abiegnisena aikana 400–1200 vuoden välein. Ulvinsalon korvet eivät ole tänä aikana palaneet kertaakaan; sama tulos on myös saatu muutamille kuusivaltaisille soille Ruotsissa ja Norjassa, vaikkakin muutamat Ruotsissa tutkitut korvet ovat palaneet jopa noin 300 vuoden välein. Useimmin palaneissa Ruotsin korvissa epäiltiin ihmisvaikutusta, ja se on joistakin sikäläisistä paikoista myös kiistattomasti siitepölyanalyysin tulosten perusteella todettu. Ulvinsalossa turpeen hiilikerrostutkimuksia haittasi altaiden kivisyys, minkä takia tuloksia täydennettiin selvittämällä suurten hiilihiukkasten (yli 0,2 mm läpimitaltaan) esiintyminen löydettyjen hiilikerroksien välissä. Tällaisten hiilihiukkasten avulla voidaan arvioida paikallisten palojen esiintymistä melko luotettavasti, koska suuret hiilihiukkaset voivat levitä palosta vain hyvin lyhyitä matkoja. Paikallinen kuloväli oli ennen 7000 eKr. 300–400 vuotta, atlanttisella kaudella (n. 7000–4000 eKr.) noin 1000 vuotta, mutta lyheni sitten kuusen levittyä alueelle (noin 4000 eKr.) 320–520 vuoden välille.

Ulvinsalosta saatu tulos on yleistettävissä ainakin vastaavien ilmasto-olojen samantapaiseen mosaiikkimaisesti vaihtelevaan soiden ja metsäsaarekkeiden maastoon. Tuomo Walleniuksen tutkimusten mukaan Vienanmeren rannikon Äänisenniemen keski-boreaaliseen vyöhykkeeseen kuuluvat nykyiset luonnonmetsät ovat pääasiassa vanhoja, ainakin yli 200-vuotisia kuusikoita, joista ei löytynyt näkyviä merkkejä metsäpaloista. Samanlaisia havaintoja palojen vähäisyydestä on suomalaisten metsäntutkijoiden toissakesäiseltä tutkimusretkeltä Paanajärven pohjoispuolisiin, tähän asti lähes koskemattomiin metsiin, joissa muuten soiden osuus maastosta on selvästi pienempi kuin Ulvinsalossa eli vajaa 20 %. Mainittakoon vielä, että näkyvät kulon merkit (palokorot, palaneet kannot) puuttuvat yleensä Ural-vuoristoon rajoittuvan Komin alueen vanhoista kuusivaltaisista metsistä (eteläboreaalista vyöhykettä), jollaisten osuus alueen metsistä on noin 70–80 %.

Kulokierron pituuden merkitys

Kaikissa tapauksissa kulokierron pituudella on muinaisina aikoina ennen voimakasta maankäyttöä ollut huomattavia vaikutuksia metsien rakenteeseen. Toistuvat kulot lienevät luoneet eri suksessiovaiheista

koostuvia laikkuja sisältäviä metsiä. Venäjän puolen luonnonmetsien rakenne viittaa siihen, että muinoin boreaalinen havumetsä oli enimmäkseen kuusivaltaista sisältäen palojen aiheuttamia eri-ikäisiä ja -rakenteisia alueita. Sitä, että ennen ihmisvaikutusta metsien rakenne oli hyvinkin kuusivaltainen, tukevat myöskin siitepölytutkimukset eri puolilta Suomea. Näissä on havaittu kuusen siitepölyn osuuden olleen huomattavan suuri aikana ennen asutuksen vakiintumista seudulle, mutta vähentyneen voimakkaasti viljelyä osoittavien siitepölyjen alkaessa esiintyä aineistossa.

Siitepölytutkimuksien mukaan tutkimamme nykyisin kuusettomat kuivat mäntykankaat olivat mäntykuusi sekametsiä (kumpaakin suurin piirtein saman verran) ennen kaskitalouden leviämistä alueelle. Tuoreista kankaista Ulvinsalon aineisto puolestaan viittaa siihen, että näiden ilmeisesti pidempi paloväli johdatti kuusivaltaisten metsien muodostumiseen. Metsärakenteen näyttää ennen kaikkea määränneen keskimääräinen kuloväli, joka oli riittävän pitkä sille, että jopa kuivimmatkin kangasmetsät ehtivät usein kuusettua ennen seuraavaa paloa. Kuusi siis näyttää ainakin itäisessä Pohjois-Karjalassa esiintyneen jopa kuivimmilla jäkälätyypin kankaillakin, monesti ehkä tiheänä alikasvoksena, mikä edisti ankarien latvapalojen muodostumista. Tällaiset palot uudistivat koko puuston. Noin kolmannes abiegnisen ajan paloista ennen 1500-lukua ulottui Patvinsuon alueella yli joidenkin laajojen suoaltaiden, mikä viittaa siihen, että palot sattuivat ankarien ja pitkäaikaisten kuivakausien aikana. Kaskikauden ajan palot olivat sen sijaan lievempiä ja useimmin pintapaloja, jotka jättivät nuorehkoikin männyt eloon. Koska valtaosa kuusista kuolee heikoissakin paloissa, usein toistuvat palot viimeksi kuluneina vuosisatoina pitivät kuusen kokonaan poissa kuivilta kankailla ja luultavasti haittasivat kuusen lisääntymistä tuoreissa (esim. mustikatyyppi) kangasmetsissäkin.

Johtopäätöksenä on todettava, että esittämämme tutkimustulokset ovat uusia ja osin ehkä yllättäviä, mutta sopusoinnussa muiden paleoekologisin menetelmin saatujen tulosten kanssa. Myös tiedot salaman sytyttämien palojen määrästä Fennoskandiasa viittaavat metsien pitkiin paloväleihin luonnontilassa. Koskien mäntyvaltaisia metsiä arvioimamme keskimääräisen kulovälin suuruusluokka tuskin tulee paljonkaan muuttumaan tutkimuskohteita lisäämällä,

mutta kuusivaltaisilta kohteilta tutkimusta tarvitaan lisää. Koska esitetyt tulokset suuresti poikkeavat vallitsevasta käsityksestä metsien luontaisesta kulohistoriasta, ne tulisi ottaa vakavasti huomioon metsänhoidollisia ohjeistoja tarkistettaessa.

Kirjallisuutta

- Bradshaw, R., Tolonen, K. & Tolonen, M. 1997. Holocene records of fire from the boreal and temperate zones of Europe. Julkaisussa: Clark, J.S., Cachier, H. & Goldammer, J.G. (toim.). *Sediment records of biomass burning and global change*. NATO ASI Series 151: 347–365. Springer Verlag.
- Lehtonen, H. 1998. Fire history recorded on pine trunks and stumps: influence of land use and fires on forest structure in North Karelia. *Scandinavian Journal of Forest Research* 13: 462–468.
- & Huttunen, P. 1998. History of forest fires in eastern Finland from the fifteenth century AD – the possible effects of slash-and-burn cultivation. *The Holocene* 7: 223–228.
- Lehtonen, P. & Kolström, T. 2000. Forest fire history in Viena Karelia, Russia. *Scandinavian Journal of Forest Research* 15: 558–590.
- Lehtonen, H., Huttunen, P. & Zetterberg, P. 1996. Influence of man on forest fire frequency in Northern Karelia, Finland, as evidenced by fire scars on Scots pines. *Annales Botanici Fennici* 3: 257–263.
- Parviainen, J. 1996. The impact of fire on Finnish forest in past and today. Julkaisussa: Goldammer, J.G. & Furyaev, V.V. (toim.). *The impact of fire on Finnish Forests in the past and today*. Julkaisussa: *Fire in ecosystems of boreal Eurasia*. Kluwer, Dordrecht. s. 53–64.
- Pennanen, J. & Kuuluvainen, T. 2001. A spatial simulation approach to natural forest landscape dynamics in boreal Fennoscandia. *Forest Ecology and Management* 5656: 1–19.
- Pitkänen, A. 2000. Fire frequency and forest structure at a dry site between 440 and 1110 based on charcoal and pollen record in a laminated lake sediment in eastern Finland. *The Holocene* 10: 221–228.
- & Huttunen, P. 1999. A 1300-years forest fire history at a site in eastern Finland based on charcoal and pollen records in laminated lake sediment. *The Holocene* 9: 311–320.
- , Turunen, J. & Tolonen, K. 1999. The role of fire in

- the carbon dynamics of a mire, Eastern Finland. *The Holocene* 9: 453–462.
- , Tolonen, K. & Jungner, H. 2001. A basin-based approach to the long-term history of forest fires as determined from the peat strata. *The Holocene* 11: 599–605.
- , Huttunen, P., Jungner, H. & Tolonen, K. 2002. A 10000 year local forest fire history in a dry heath forest site in eastern Finland, reconstructed from charcoal layer records of a small mire. *Canadian Journal of Forest Research* 32(10): 1875–1880.
- , Huttunen, P., Tolonen, K. & Jungner, H. 2003. Long-term fire frequency in the spruce-dominated forests of the Ulvinsalo strict nature reserve, Finland. *Forest Ecology and Management* 176: 305–319.
- , Huttunen, P., Jungner, H., Meriläinen, J. & Tolonen, K. 2003. Holocene fire history of middle boreal pine forest sites in eastern Finland. *Annales Botanici Fennici* 40: 15–33.
- Sannikov, S.N. & Goldammer, J.G. 1996. *Julkaisussa: Goldammer, J.G. & Furyaev, V.V. (toim.). Fire in ecosystems of boreal Eurasia. Kluwer, Dordrecht. s. 151–167.*
- Syrjänen, K., Kalliola, R., Puolasmaa, A. & Mattson J. 1994. Landscape structure and forest dynamics in subcontinental Russian European taiga. *Annales Zoologici Fennici* 31: 19–34.
- Tolonen, K. 1983. The post-glacial fire record. *Julkaisussa: Wein, R.W. & MacLean, D.A. (toim.). The role of fire in northern circumpolar ecosystems. Scope* 18: 21–44.
- Wallenius, T. 2002. Forest age distribution and traces of past fires in a natural boreal landscape dominated by *Picea abies*. *Silva Fennica* 36(1): 201–211.
- Wallenius, T., Kuuluvainen, T., Heikkilä, R. & Lindholm, T. 2002. Spatial tree age structure and fire history in two old-growth forests in eastern Fennoscandia. *Silva Fennica* 36(1): 185–199.
- Zackrisson, O. 1977. Influence of forest fires on the north Swedish boreal forest. *Oikos* 29: 22–32.

■ Prof. emer. Kimmo Tolonen, Joensuun yliopisto, biologian laitos; FT, dos. Aki Pitkänen, Joensuun yliopisto, Karjalan tutkimuslaitos, ekologian osasto.
Sähköposti aki.pitkanen@joensuu.fi