

## Lektioita

Helena Tukiainen<sup>a</sup>

# Geodiversiteetin ja biodiversiteetin välinen yhteys eri mittakaavoissa pohjoisilla alueilla: merkitys luonnonsuojelulle

Väitöstilaisuuden Lectio Praecursoria  
Oulun yliopisto 3.5.2019

Millainen on sinun lempimiesmasi? Katselkko mieluiten jylhää näköalaa korkealta harjanteelta? Kimmeltääkö edessäsi järven tai meren ulappa? Tai kenties lumesta valkoinen metsä? Maisemilla ja ympäristöllä on useita eri tasoja, ja luonnon monimuotoisuuden kannalta niitä on karkeasti jaettuna kaksi – elottoman luonnon monimuotoisuus eli geodiversiteetti ja elollisen luonnon monimuotoisuus eli biodiversiteetti. Geodiversiteetillä tarkoitetaan maapallon pinnan materiaalien, muotojen ja muodostumien monimuotoisuutta. Se koostuu kallioperästä, maaperästä, maanpinnan muodoista ja muodostumista eli geomorfologiasta sekä vesistä eli hydrologiasta (Gray 2013). Lempimiesmasi jylhät korkeuserot tai veden kimmellys ovat osa geodiversiteettiä, joka muodostaa perustan elollisen luonnon monimuotoisuudelle.

Ekosysteemit ovat eliöyhteisöjen ja elottoman ympäristön muodostamia kokonaisuuksia tietyssä rajatussa paikassa. Eliöyhteisöt ovat riippuvaisia ekosysteemien elottomista osista, jotka tarjoavat elämälle välttämättömiä ekosysteemitoimintoja kuten vaikuttavat ilmastoon, säätelevät hydrologiaa, helpottavat ravinteiden kiertoa ja luovat ekolokeroita (ks. esim. Nichols *ym.* 1998). Toisin sanoin: ilman geodiversiteettiä ei olisi biodiversiteettiä. Yleisenä sääntönä on, että ekosysteemit jotka koostuvat vaihtelevista elottomista olosuhteista ja vaihtelevista pinnanmuodoista, tuottavat suuremman määrän ekolokeroita ja elinympäristöjä kuin yksipuoliset ympäristöt, ja ovat siksi runsaampia biodiversiteetiltään. Siispä, yhdessä ilmaston kanssa, geodiversiteetti on yksi pääasiallisista lajien levinneisyyttä määrittävistä tekijöistä. Ajatus siitä, että geodiversiteetti tukee biodiversiteettiä, on teoreettisesti vahvalla pohjalla, mutta näiden keskinäistä suhdetta kuvaavaa empiiristä tutkimusta ei ole vielä laajasti tehty. Geodiversiteetistä puhutaan vähemmän kuin elollisen luonnon monimuotoisuudesta, eikä sitä ole sisällytetty luonnonsuojelustrategioihin lähellekään yhtä kattavasti. Tässä väitöstutkimuksessa elottoman ja elollisen luonnon monimuotoisuuden välistä suhdetta tarkastellaan kattavien aineistojen avulla eri puolilla Suomea sijaitsevilla tutkimusalueilla.

WWF on arvioinut luonnon ja sen monimuotoisuuden tarjoamien palveluiden vuosittaiseksi rahalliseksi arvoksi noin 125 biljoonaa Yhdysvaltojen dollaria. Geodiversiteetti tuottaa abiottisia ekosysteemipalveluita, tai geosysteemipalveluita, joista ihmiskunta on hyötynyt monin tavoin jo vuosituhansien ajan. Nykypäivän yhteiskunta on riippuvainen energian ja metallien käytöstä. Esimerkiksi älypuhelimien valmistukseen käytetään muovia, joka on öljynjalostuksen aikaansaannos, sekä noin kolmeakymmentä erilaista metallia, kuten kuparia, hopeaa, nikkeliä ja kultaa.

Konkreettisten, käsin kosketettavien hyötyjen lisäksi geodiversiteetti tuottaa aineettomia hyötyjä. Kauniin luonnonmaiseman katsominen edistää mielenterveyttä. Näyttävät luonnonmaisemat voivat päätyä suosituiksi matkaluokkeiksi, jotka puolestaan tuottavat rahaa yhteiskunnalle. Luonto ei siis ole vain mukava lisä elämässämme, vaan tarvitsemme sitä perustavanlaatuisesti jokaisella elämäalueellamme. Geosysteemipalvelut ovat avainasemassa, kun päättäjät tekevät arvioita luonnosta ja sen kestävästä käytöstä.

Luonnon monimuotoisuus on uhattuna, koska ihmistoiminta ja jatkuvasti kasvava väestö aikaansaavat muun muassa maankäytön muutosta, saasteita, elinympäristöjen tuhoutumista ja ilmastomuutosta. Pohjoiset ympäristöt ovat erityisen herkkiä muuttuvalle ilmastolle, ja arktisen alueen ekosysteemeissä on jo havaittu muutoksia. Keväällä 2019 julkaistussa Suomen lajien uhanalaisuusarvioinnissa arvioiduista lajeista yli 2 600, eli lähes 12 prosenttia oli uhanalaisia. Määrä kasvoi kymmenen vuotta sitten tehdystä arvioista yli 400 lajilla. Biodiversiteetin häviämällä ei välttämättä ole välittömiä seurauksia, mutta prosessia voi verrata lentokoneeseen. Lentokone on koottu niiteistä, joita voidaan yksitellen poistaa ilman, että koneen toiminta muuttuu. Kuitenkin ajan mittaan, kun tarpeeksi monta niittiä irtoaa, kone hajoaa ja putoaa. Montako niittiä uskallat poistaa, jos istut koneen kyydissä? Lajeja häviää koko ajan, eikä kukaan tarkkaan tiedä, milloin tämä kriittinen hajoamispiste biodiversiteetin kohdalla on. Mitä enemmän alkuperäistä luontoa ja lajeja menetetään, kriittinen piste lähestyy.

Lukuisat suojeluohjelmat niin kansainvälisellä kuin kansallisella tasolla toimivat luonnon monimuotoisuuden häviämistä vastaan. Tästä huolimatta globaalin muutoksen edetessä uusia, kustannustehokkaita ja kokonaisvaltaisia näkökulmia kaivataan kiireellisesti suojelun tueksi.

Viime vuosikymmenellä on esitetty ensimmäistä kertaa ajatus niisanotusta *Conserving Nature's Stage* -lähestymistavasta luonnonsojeluun (Beier *ym.* 2015). Se perustuu ajatukseen siitä, että tietoa geodiversiteetistä voitaisi hyödyntää biodiversiteetin suojelussa. Eloton luonto voidaan ajatella näyttämönä, jolla eri näyttelijät, eli biodiversiteetin elementit, kuten kasvi ja eläinlajit esiintyvät (kuva 1). Jos näyttämö on monimuotoinen, myöskin siinä nähtävä esitys on vaihteleva – ja toisinpäin, jos näyttämö on yksipuolinen, myöskin esitys ja esiintyjät ovat yksipuolisia. Eli, jos alueen eloton luonto vaihtelee runsaasti eli sieltä löytyy esimerkiksi korkeuseroja ja erilaisia muodostumia, erilaisia vesistökohteita ja kivilajeja, myöskin siitä riippuvainen elollinen luonto on monimuotoinen. Suojelemalla geodiversiteetiltään monimuotoisia alueita suojelemme samalla myös biodiversiteettiä ilmaston ja ympäristön muuttuessa. Koska eloton luonto ei muutu ilmaston muuttuessa yhtä nopeasti kuin elollinen luonto, geodiversiteetiltään rikkaat alueet mahdollisesti ylläpitävät elollisen luonnon monimuotoisuutta vaikka ilmasto ja lajisto alueella muuttuisikin. Geodiversiteettiä on myös suhteellisen helppoa ja edullista mitata esimerkiksi paikkatietoaineistoista, kun taas tietoa alueen biodiversiteetistä on usein aikaavievää ja kallista kerätä esimerkiksi maastossa tehtävien kasvikkartoitusten avulla. Geodiversiteetin ja biodiversiteetin välisen yhteyden tutkiminen, ja mahdollisen positiivisen yhteyden löytäminen antaa tärkeää havaintoihin perustuvaa tukea tälle suojelustrategialle.

Väitöskirjassani tutkin, millainen yhteys geodiversiteetin ja biodiversiteetin välillä on pohjoisissa ympäristöissä. Tutkimuksen biodiversiteettiaineistona käytän runsaus- ja levinneisyystietoja eri taksoneihin, kuten putkilokasveihin, sammaliin ja jäkäliin kuuluvista lajeista. Tiedot geodiversiteetistä olen koostanut erilaisista paikkatietoaineistoista, kuten



Kuva 1. Luonnonsuojelussa tulisi "Conserving Nature's Stage" -strategian mukaan ottaa huomioon elottoman ja elollisen luonnon monimuotoisuus ja niiden välinen yhteys. (Kuvat: Helena Tukiainen ja Pixabay)

kallioperä- ja maaperäkartoista. Näiden lisäksi arvioin ympäristömuuttujien, kuten ilmaston ja topografisten muuttujien, vaikutusta biodiversiteettiin. Tutkimusalueet sijaitsevat eri puolilla Suomea ja sisältävät monenlaisia ympäristöjä tunturikankaista lehtometsiin. Aineisto on analysoitu moderneilla tilastomenetelmillä.

Väitöskirjan tulokset osoittavat, että geodiversiteetillä ja biodiversiteetillä on positiivinen yhteys, eli alueilla, joilla on monipuolinen kallioperä, maaperä, ja missä on monenlaisia vesistökohteita ja geomorfologisia muodostumia, on myös runsaasti erilaisia eliölajeja. Löydetty positiivinen yhteys tukee edellä esiteltyä suojelustrategiaa, ja tuo kaivattua empiiristä tukea geodiversiteetin ja biodiversiteetin suhdetta käsittelevään teoriaan.

Väitöskirja koostuu kolmesta osatutkimuksesta, joista ensimmäisen tulokset osoittavat, että geodiversiteettimuuttujilla on myönteistä merkitystä Suomen kansallispuistoissa eläville uhanalaisille lajeille (Tukiainen *ym.* 2017a). Erityisesti maisematasolla mitattu geomorfologia, eli erilaisten muodostumien määrä, on yhteydessä uhanalaisten lajien lajirunsauteen. Vaihtelu pinnanmuodoissa tuottaa vaihtelua esimerkiksi maaperän kosteudessa, mikä puolestaan johtaa erilaisten elinympäristöjen ja ekolokeroiden muodostumiseen, ja sitä kautta erilaisten eliölajien mahdollisuuteen elää alueella. Kallioperän monimuotoisuus on tulosten mukaan tärkeä tekijä etenkin uhanalaisten jäkälien ja putkilokasvien lajirunsauteelle. Esimerkiksi Oulangan kansallispuiston kalkkipitoinen kallioperä tarjoaa elinympäristön useille lajeille, joita ei muuten alueella tavattaisi. Geodiversiteettiä kuvaavien muuttujien lisäksi selitimme eliölajien runsautta myös ilmasto ja ainoastaan topografiaa kuvaavilla muuttujilla, jotka oli laskettu digitaalisesta korkeusmallista. Näistä kolmesta muuttujaryhmästä, eli geodiversiteetistä, digitaalisesta korkeusmallista määritetystä topografiasta ja ilmastosta vahvin selittäjä läpi tulosten on ilmasto, sillä pohjoisilla leveysasteilla energia on yksi tärkeimmistä eliöiden kasvua rajoittavista tekijöistä. Geodiversiteetin merkitys on läpi tulosten vahvasti positiivinen, vaikkei se olekaan merkittävin selittäjäryhmä.

Myös väitöskirjan toinen osatutkimus (Tukiainen *ym.* 2017b) tukee elottoman ja elollisen luonnon monimuotoisuuden myönteistä kytköstä. Siinä tutkittiin geodiversiteetin ja biodiversiteetin suhdetta ympäristöissä, joissa on eriasteinen ihmisvaikutus. Geodiversiteetti selittää itsenäisenä muuttujaryhmänä biodiversiteetin mittarina käytettyä putkilokasvien lajirunsautea parhaiten luonnontilaisilla alueilla, mutta sen ja ilmastomuuttujien yhteinen selitysosuus lajirunsauteelle on suurin ihmisvaikutukseltaan kohtalaisilla alueilla, kuten

väljästi rakennetussa ja viljellyssä ympäristöissä. Tulokset osoittavat myös kiinnostavasti, että putkilokasvien lajirunsaus läpi Suomen kattavassa aineistossa kasvaa mentäessä luonnontilaisilta alueilta kohti voimakkaan ihmistoiminnan alueita, kuten kaupunkien keskustoja. Tähän vaikuttaa osaltaan esimerkiksi vieraslajien yleisyys rakennetuissa ympäristöissä. Geodiversiteetin ja maankäytön ihmisvaikutuksen suhde on päinvastainen, eli geodiversiteetti on suurin luonnontilaisilla alueilla. Tämän tuloksen perusteella ihmistoiminnan määrän kasvaessa geodiversiteetti siis laskisi. On arvioitu, että noin kolme neljäsosaa maapallon pinta-alasta on huomattavan ihmisvaikutuksen, kuten maatalouden, asutuksen ja metsätalouden alla, ja että tämä määrä tulee nousemaan yhdeksään kymmenesosaan vuoteen 2050 mennessä. Saamieni tulosten ja nopeasti muuttuvan maankäytön ristipaineessa tarvitaan ehdottomasti jatkotutkimusta siitä, onko geodiversiteetin ja biodiversiteetin yhdistävä *Conserving Nature's Stage* toimiva periaate ihmisvaikutukseltaan voimakkailla alueilla.

Rokua Geopark -alueella tehdyssä paikallisen tason tutkimuksessa selvisi, että erilaisilla geomorfologisilla muodostumilla, kuten soilla, suppakuopilla ja joenrannoilla on selkeästi korkeampi putkilokasvien lajirunsaus kuin alueilla, joilla ei ole vastaavia muodostumia (Tukiainen *ym.* 2019). Myös muodostumien välinen lajirikkaus vaihtelee. Lajirikkaimpia ovat kosteat ja pienilmastoltaan sekä pientopografialtaan vaihtelevat muodostumat, kuten joen- ja järvenrannat, raviinit, aapasuot ja suppakuopat. Näiden merkitys korostuu kaikilla mitatuilla tasoilla: paikallisen tason monimuotoisuudessa eli alfa-diversiteetissä, maisematason monimuotoisuudessa eli gamma-diversiteetissä ja muodostumien välisen lajiston vaihtelussa eli beta-diversiteetissä. Rokuanvaaran alueen pääasiassa jäkäläkankaiset dyynit taas ovat lajistoltaan keskimääräistä köyhempiä. Digitaalisesta korkeusmallista lasketut topografiset muuttujat eivät erotu kasvien monimuotoisuuden mittareina yhtä selkeästi, kuin muodostumat. Tämä tukee muodostumatiedon käyttöä suojelutarkoituksissa ja osoittaa paikallisen tason geodiversiteetin merkityksen.

Väitöskirjani tulokset tukevat geodiversiteetin ja biodiversiteetin väliseen suhteeseen perustuvan *Conserving Nature's Stage* -lähestymistavan käyttöä elollisen luonnon suojelussa. Vaikka geodiversiteettimuuttujat eivät olleet vahvimpia selittäjiä, niillä oli läpi tulosten vahva positiivinen yhteys biodiversiteettiin. Myönteinen yhteys oli nähtävissä niin maisematasolla tehdyissä tutkimuksissa, kuin paikallisella tasolla geomorfologisten muodostumien ja kasvilajirikkauden suhteessa. Saamieni tutkimusulosten perusteella väitän, että geodiversiteetti, eli tieto elottoman luonnon monimuotoisuudesta, tulisi entistä paremmin sisällyttää luonnonsuojeluun. Sillä on sekä omaa suojellista arvoa, että arvoa biodiversiteetille. Tietoa geodiversiteetistä on mahdollista hyödyntää lajitietojen ohessa, yhdessä muiden ympäristömuuttujien, kuten ilmastotietojen kanssa, tai käyttää itsenäisesti päätösten apuna. Se, että ymmärrämme millainen eri alueiden geodiversiteetti on, hyödyttää esimerkiksi maankäytön suunnittelua, luonnonvarojen kestäväää käyttöä ja suojelualuiden suunnittelua.

Vaikka geodiversiteetti on biodiversiteettiä muuttumattomampaa, kiihtyvä ihmistoiminta uhkaa myös sitä. Tämän vuoksi myös itse geodiversiteetin suojelu on tärkeää. Tätä toteuttaa maailmanlaajuisesti muun muassa UNESCO:n Global Geopark -verkosto, johon kuuluu tällä hetkellä 147 puistoa yhteensä 41 maasta. Geodiversiteetin suojelu ja siihen liittyvä lisätutkimus ovat erittäin tärkeitä niin geodiversiteetin itsensä kannalta, kuin sen hyödyntämiseksi elollisen luonnon monimuotoisuuden suojelussa.

## Lähteet

- Beier, P., Hunter, M.L. & Anderson, M. (2015) Special Section: Conserving Nature's Stage. *Conservation Biology* 29 613–617. <https://doi.org/10.1111/cobi.12511>
- Gray, M. (2013) *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. Wiley-Blackwell, Chichester. ISBN: 978-0-470-74215-0

- Nichols, W.F., Killingbeck, K.T., & August, P. V. (1998) The Influence of Geomorphological Heterogeneity on Biodiversity: II. A Landscape Perspective. *Conservation Biology* 12 371–379. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1998.96237.x>
- Tukiainen, H., Bailey, J.J., Field, R., Kangas, K. & Hjort, J. (2017a) Combining geodiversity with climate and topography to account for threatened species richness. *Conservation Biology* 31 364–375. <https://doi.org/10.1111/cobi.12799>
- Tukiainen, H., Alahuhta, J., Field, R., Ala-Hulkko, T., Lampinen, R. & Hjort, J. (2017b) Spatial relationship between biodiversity and geodiversity across a gradient of land-use intensity in high-latitude landscapes. *Landscape Ecology* 32 1049–1063. <https://doi.org/10.1007/s10980-017-0508-9>
- Tukiainen, H., Kiuttu, M., Kalliola, R., Alahuhta, J. & Hjort, J. (2019) Landforms contribute to plant biodiversity at alpha, beta and gamma levels. *Journal of Biogeography* 46 1699–1710. <https://doi.org/10.1111/jbi.13569>

## Väitöskirjan tiedot

Helena Tukiainen: Multi-scale relationship between geodiversity and biodiversity across high-latitude environments: implications for nature conservation. *Nordia Geographical Publications* 48(1). ISBN: 978-952-62-2230-1. Saatavilla osoitteessa <https://nordia.journal.fi/issue/view/5530>