

## Lektioita

Marja Lindholm<sup>a</sup>

# Alueelliset ja ajalliset trendit vesikasvien monimuotoisuuden eri tasoilla boreaalisissa järvissä

## Väitöstilaisuuden Lectio Praecursoria Oulun yliopisto 26.3.2021

Seison tässä pitämässä lektiotani kameralle. Aika erilainen tilanne, kuin mitä olen väitöskirjaprosessini aikana kuvitellut. Pohjimmiltaan syy tähänkin tilanteeseen löytyy ihmisen aiheuttamista ympäristömuutoksista. Kansainvälinen luontopaneeli IPBES (2020) on varoittanut eläinvalitteisten pandemioiden yleistymisestä, kun ihmisten ja eläinten väliset kontaktit lisääntyvät ja, haluan korostaa, kun luonnon monimuotoisuus vähenee. Paneelin mukaan virusten aiheuttamat pandemiat toistuvat tulevaisuudessa useammin, aiheuttavat enemmän taloudellista vahinkoa ja vaikuttavat ihmisten elämään enemmän kuin koronavirus, jos laajoja kansainvälisiä toimia monimuotoisuuden lisäämiseksi ei toteuteta (IPBES 2020). Monimuotoinen luonto, jonka osa myös me olemme, suojaisi siis meitä ihmisiä globaaleilta viruksilta.

Virustaudit ovat vain yksi esimerkki ihmisen ja luonnon välisestä suhteesta. Talousjärjestelmämme, hyvinvointimme ja selviytymisemme ovat täysin riippuvaisia luonnosta ja loppupeleissä juuri luonnon monimuotoisuudesta. Luonnon monimuotoisuus on ihmiselämän perusta. Monimuotoisuus on linkittynyt ekosysteemien toimintaan ja tätä kautta luonnon tarjoamiin ekosysteemipalveluihin, kuten ruokaan, puhtaaseen veteen, ilmaan, jota hengitämme ja tätä listaa voisi jatkaa loputtomiin. Luonnon monimuotoisuus vähentää luonnon haavoittuvuutta ja tekee siitä kestävämmän erilaisia muutoksia kohtaan.

Luontokato. Luonnon köyhtyminen. Ekologinen kriisi. Luonnon monimuotoisuuden vähentyminen. Kuulemme näistä toistuvasti. Vaikka kuulemme myös uutisia uusien lajien löytymisestä, tämä on vain osoitus siitä, kuinka huonosti edelleen tunnemme luonnon monimuotoisuutta. Vaikka muutos on luonnollinen osa luontoa, ihminen on omalla toiminnallaan nopeuttanut ympäristössään tapahtuvia muutoksia ja muutoksien vauhti on ennenakematöntä. Ihmiskunnan selviytymisen vuoksi, luonnon itseisarvosta puhumattakaan, luonnon monimuotoisuuden vähentyminen tulisi pysäyttää. Mutta miten voisimme tehdä sen? Miten voisimme vähentää ihmisen aiheuttamia haitallisia vaikutuksia ja mahdollisesti ennustaa tulevia muutoksia? Jotta voisimme ratkaista nämä asiat, meidän

<sup>a</sup> Maantieteen tutkimusyksikkö, Oulun yliopisto, marja.lindholm@oulu.fi

olisi tärkeää ymmärtää miten luonnon monimuotoisuus on muuttunut aikojen kuluessa ja mitkä tekijät ovat olleet tähän syynä. Miten ihmistoiminta, joka myös on muuttunut ajan kuluessa, on vaikuttanut ja vaikuttaa luonnon monimuotoisuuteen?

Tätä kysymystä varten tarvitaan ajallisia lähestymistapoja ja aineistoja. Ajalliset ekologiset aineistot voivat esimerkiksi kertoa sen, millainen ekosysteemin tila on ollut ennen ihmisen aiheuttamia muutoksia. Näin pystytään luotettavasti arvioimaan, millaisia muutoksia ihmisen toiminta ekosysteemissä on aiheuttanut. Luonnon monimuotoisuutta koskevia ajallisia tarkasteluja ei kuitenkaan ole kovin paljoa. Pääasiallinen syy tähän on se, että laadukkaita ja kattavia ajallisia aineistoja on vähän. Pitkäaikaisaineistot, jotka kattavat useita vuosikymmeniä ja jotka ovat koostettu käyttäen samanlaisia näyttöotto- tai kartoitusmenetelmiä ovat harvinaisia kaikilla eliöryhmillä. Erilaiset ympäristön tilan seurantaohjelmat eivät yleensä kata kovin pitkiä ajanjaksoja. Paleoekologiset aineistot, jotka voivat kattaa todella pitkiä ajanjaksoja, eivät taas ole usein kovinkaan tarkkoja verrattuna kentällä kartoitettuihin aineistoihin. Viime aikoina vanhojen historiallisten aineistojen uudelleenkartointu on lisännyt suosiotaan, mutta tämänkin tavan rajoitteena on se, että aineistot perustuvat yleensä vain muutamaan kohtaan ajassa, vaikka ajallinen mittakaava voikin olla useita vuosikymmeniä tai jopa muutamia vuosisatoja. Näiden seikkojen vuoksi ajalliset aineistot, jotka yhdistävät sekä historiallisia että nykyaikaisia aineistoja ja jotka kattavat useita vuosikymmeniä, ja jotka sisältävät useita kartoitusajankohtia ovat todella arvokkaita, kun pyritään tarkastelemaan luonnon monimuotoisuudessa tapahtuneita muutoksia. Näiden arvokkuus korostuu etenkin vähemmän tutkituissa sisävesissä.

Vesistöillä on suuri merkitys ihmisille ja yhteiskunnalle. Ne tarjoavat ihmisille virkistyskäytön lisäksi muun muassa juomavettä ja ruokaa. Myös yllättävän iso osa maapallon biodiversiteetistä sijaitsee erilaisissa sisävesissä, vaikka niiden pinta-ala on pientä verrattuna maakekosysteemeihin ja meriin. Ihmistoiminta uhkaa kuitenkin myös vesistöjä ja niiden monimuotoista eliöstöä. Vieraslajit, maankäytön muutokset ja ilmastomuutos, jotka uhkaavat muitakin ekosysteemejä, ovat keskeisimpiä uhkaavia tekijöitä myös sisävesissä. Mikä tekee vesistöistä erityisen haavoittuvaisia, on se, että monimuotoisuuden vähentyminen on juuri sisävesissä nopeampaa kuin maalla tai merissä. Viime vuonna tutkijat varoittivat, että juuri järvissä on käynnissä vakava globaali monimuotoisuuskrisi ja ne ovat menettämässä ison osan monimuotoisuudestaan (Albert *ym.* 2020).

On tärkeää muistaa, että luonnon monimuotoisuuden köyhtyminen ei koske vain sisävesiä ”jossain muualla” tai Amazonin sademetsiä tai koralliriuttoja. Myös täällä Suomessa talouskasvu syö ja on syönyt luonnon monimuotoisuutta. Tavoitteenani väitöskirjassani olikin tutkia järvien vesikasvillisuuden alueellista ja ajallista monimuotoisuutta ja niissä tapahtuneita muutoksia viimeisten 70 vuoden aikana. Tutkin muutoksia hyödyntämällä 1940-luvulta 2000-luvulle tehtyjä kasvillisuuskartoituksia Tampereen lähiseudun pienissä järvissä. Kartoitin näiden samojen järvien kasvillisuuden uudestaan kesällä 2017. Yhteensä tutkimusajankohtia oli siis viisi.

Järvien kasvit, joita nyt jatkossa kutsun vesikasveiksi, ovat elintärkeitä järvien hyvinvoinnille (Kuva 1). Ja järventhän ovat myös erottamaton osa suomalaista luontoa ja suomalaisten sielunmaisemaa. Vesikasvit ovat muun muassa tärkeitä perustuottajia. Ne tarjoavat ruokaa ja suojaa muille järvissä eläville eliöille, kuten hyönteisille ja kaloille, ja ne ovat osa ravinteiden ja sedimenttien kiertoa. Niitä voidaan käyttääkin kuvaamaan koko järven eliöstön hyvinvointia.

Väitöstutkimukseni pääpaino oli beetadiversiteetin ja ympäristön välisissä suhteissa. No mitäs tämä beetadiversiteetti oikein tarkoittaa? Perinteisesti luonnon monimuotoisuutta on tarkasteltu eri tasoilta, joita ovat alfa-, beeta- ja gammadiversiteetti (Anderson *ym.* 2010). Käytän esimerkkinä näiden kuvaamisessa järviä. Yhdeltä järveltä löytyvä lajijoukko kuvaa kyseisen järven alfadiversiteettiä, eli sen järven paikallista monimuotoisuutta. Esimerkiksi sitä, kuinka monta lajia kyseiseltä järveltä löytyy ja kuinka paljon. Jokaisella järvellä on siis oma alfadiversiteettinsä. Se taso, jota väitöskirjassani etenkin tarkastelen, eli beetadiversiteetti,



Kuva 1. Vesikasvit ovat järvien hyvinvoinnin kannalta tärkeitä perustuottajia. Kuva: Marja Lindholm 2017.

on järvien välisistä eroista muodostuva monimuotoisuus. Beetadiversiteetissä on siis kyse vain eri havaintopaikkojen tai aikojen välisestä vaihtelusta (Anderson *ym.* 2010). Kun sekä järvien paikalliset alfadiversiteetit ja järvien väliset beetadiversiteetit laitetaan yhteen, muodostuu gammadiversiteetti eli maisematason monimuotoisuus (Anderson *ym.* 2010).

Beetadiversiteetin ja ympäristön välisten suhteiden lisäksi tarkastelin biologisen monimuotoisuuden eri tasoja, eli lajeihin perustuvaa tasoa, lajien sukulaissuhteisiin perustuvaa tasoa ja erityisesti toiminnallista tasoa. Väitöskirjani perustuu kolmeen erilliseen tapaustutkimukseen, joissa kaikissa on käytetty samaa ajallista vesikasviaineistoa kahdeltakymmeneltä kahdeksalta järveltä viideltä eri vuosikymmeneltä.

Ensimmäisessä osatyössäni tarkastelin tilallista beetadiversiteettiä eli sitä, kuinka vesikasviyhteisöjen koostumus on vaihdellut järvien välillä eri ajanjaksoina (Lindholm *ym.* 2020a). Ensimmäisen osatyöni tulokset osoittavat, että järvien sijainti maisemassa ja veden happamuus ovat vaikuttaneet siihen, millaista järvien välinen vaihtelu vesikasvien osalta on. Ensimmäisen osatyöni mukaan vesikasviyhteisöissä on tapahtunut vain vähäisiä muutoksia järvien välisessä beetadiversiteetissä suhteessa ihmistoimintaan. Biologisen monimuotoisuuden eri tasojen tulokset poikkesivat toisistaan vain vähän.

Toisessa osatyössäni tarkastelin ajallista beetadiversiteettiä eli sitä, miten vesikasviyhteisöjen koostumus on vaihdellut eri ajanjaksojen välillä (Lindholm *ym.* 2021). Tulosten perusteella ajallinen muutos on ollut vaatimatonta. Havaitsin kuitenkin, että ympäristössä tapahtuneet muutokset ovat vaikuttaneet lajien häviämiseen ja leviämiseen vuosikymmenten aikana yksittäisten järvien tasolla. Esimerkiksi vedessä upoksissa tai kelluen kasvavat lajit näyttävät hyötynneen maanviljelyalan vähentymisestä, joka on johtanut todennäköisesti myös ravinnelisäyksen vähentymiseen järvien rantavyöhykkeellä.

Ensimmäisessä ja kolmannessa osatyössäni tarkastelin lajien toiminnallista monimuotoisuutta (Lindholm *ym.* 2020a, 2020b). Perinteisesti ekologisessa ja eliömaantieteellisessä tutkimuksessa lajeja on tarkasteltu samanarvoisina. Lajit kuitenkin eroavat toisistaan niin ulkomuodoltaan kuin muilta ominaisuuksiltaan. Esimerkiksi osa väitöstutkimukseeni kuuluvista lajeista voi kasvaa vain puolen sentin kokoiseksi, kuten

pikkulimaska, kun taas osa voi olla jopa yli pari metriä pitkiä, kuten järvisätkin. Näitä lajien eri ominaisuuksia kutsutaan toiminnallisiksi ominaisuuksiksi, sillä ne vaikuttavat lajien toimintaan erilaisissa ympäristöissä. Tämän vuoksi muutokset ympäristössä voivat näkyä muun muassa siinä, että lajit, joilla on tietyt ominaisuudet, voivat joko menestyä tai kärsiä ympäristössä tapahtuvasta muutoksesta. Onkin ajateltu, että ympäristömuutoksia voitaisiin paremmin havaita keskittymällä lajien ominaisuuksiin ja niiden muutoksiin, kuin itse lajeihin. Myös luonnonsuojelun kannalta on tärkeää mutta myös haasteellista ymmärtää ekosysteemien toiminnan ja lajien toiminnallisten ominaisuuksien välisiä suhteita.

Tarkastelin toiminnallista monimuotoisuutta käyttämällä neljää erilaista lajiominaisuutta: lajien potentiaalista kokoa, sitä onko laji monivuotinen vai ei, lisääntykö laji suvullisesti vai suvuttomasti sekä lajien kasvumuotoa. Yksi tutkimukseni hypoteeseista oli, että järvien ympäristössä tapahtuneet muutokset voisivat näkyä siitä, että lajit, joilla olisi tietyntylaiset ominaisuudet, olisivat lisääntyneet järvissä (Lindholm *ym.* 2020b). Mutta tällaista en kuitenkaan havainnut. Sen sijaan havaitsin, että muutokset ympäristössä ovat vaikuttaneet jossain määrin vesikasviyhteisöjen toiminnalliseen koostumukseen, sillä eri ympäristötekijät vaikuttivat toiminnalliseen yhteisökoostumukseen eri vuosikymmeninä. Lajien ominaisuudet ja toiminnallinen rooli ovatkin teema, joka vaatii ehdottomasti lisää tutkimista ajallisessa kontekstissa ja boreaalisisissa ympäristöissä. Vesikasvien toiminnallinen rooli tulisi ottaa paremmin huomioon niin tutkimuksessa kuin järvien suojelussa ja ennallistamisessa.

Tarkastelin väitöstutkimuksessani myös biottista homogenisaatiota eli biottista samankaltaistumista, jota voidaan tutkia beetadiversiteetin kautta. Tämän teorian mukaan ihmistoiminta on aiheuttanut sen, että eliöstö maapallolla samankaltaistuu (Olden & Rooney 2006). Voitte hahmottaa tätä ehkä paremmin kulttuurisen homogenisaation kautta. Globalisaation myötä suurkaupunkien keskustat muistuttavat toisiaan ja niistä kaikista löytyvät ne samat mäkärät, zarat ja mangot. Voitte ajatella näiden kauppojen ja pikaruokaketjujen olevan kuin lajeja. Paikallinen erityisyys vähenee, vaihtelu katoaa ja kaupat ja ravintolat, eli lajit, samankaltaistuvat. Väitöskirjani tutkimustulokset kuitenkin osoittavat, että tutkimusalueeni järvet eivät ole vesikasvillisuuden osalta muuttuneet maisematasolla samankaltaisiksi ajan kuluessa, kuten muualla maailmassa on usein käynyt. En myöskään havainnut päinvastaista prosessia eli yhteisöjen erilaistumista. Lisäksi kumpikaan prosessi ei näkynyt biologisen monimuotoisuuden eri tasoilla eli taksonomisella tasolla, lajien sukulaisuussuhteisiin perustuvalla tasolla tai toiminnallisella tasolla. Eli vaikka biottinen homogenisaatio on maailmanlaajuisesti laaja ja vakava ongelma, se ei ole yksiselitteinen prosessi, vaan prosessi, joka vaatii lisää tutkimusta.

On todennäköisesti useita osittain toisistaan riippuvia syitä, miksi en havainnut 70 vuoden tutkimusjakson aikana biottista homogenisaatiota tai erilaistumista: Esimerkiksi tarkastelemissani ympäristömuuttujissa on tapahtunut suhteellisen vähäisiä muutoksia 1940-luvulta 2010-luvulle eli ihmistoiminnan paine tutkimusalueella ei etenkin globaalisti tarkasteltuna ole ollut kovin suurta. Lisäksi on todennäköistä, että muutokset näkyvät lajien runsaussuhteissa, eikä niinkään siinä, mitä lajeja järvillä ylipäätään elää. Pelkkä tieto siitä mitä lajeja järvillä kasvaa, ei todennäköisesti riitä pääsemään käsiksi kaikkiin tapahtuneisiin muutoksiin. Tulevissa tutkimuksissa tulisi hyödyntää tarkempia aineistoja, joissa olisi mukana myös tieto vesikasvien runsaussuhteista.

Käyttämä vesikasviaineisto on harvinainen globalistikin sen kattavuuden ja laadun vuoksi. Tästäkin huolimatta keskeiset ajallisten aineistojen ongelmat saattavat vaikuttaa tutkimukseni tuloksiin ja tuloksia tulee tarkastella nämä ongelmat ja rajoitteet huomioiden. Väitöskirjani tekoprosessi onkin ollut jatkuvaa ajallisten aineistojen rajallisuuden kanssa painimista.

Väitöskirjani tulokset antavat viitettä siitä, että vain yhteen tai kahteen tutkimusajankohtaan nojautuminen ei välttämättä anna kovin luotettavaa kuvaa tutkittavasta ekologisesta ilmiöstä. Vaikka ajalliset tarkastelut ovat täynnä erilaisia ongelmia ja haasteita,

on silti erityisen tärkeää koota yhteen jo olemassa olevia historiallisia ajallisia aineistoja sekä taata erilaisten biologisten monitorointien jatkuvuus, jotta voimme saada laadukasta ja kattavaa ajallista aineistoa. Tarvitaan myös lisää pitkäaikaisseurantoja ja olemassa olevien historiallisten aineistojen uudelleenkartoituksia, jotta voimme saada luotettavaa tietoa ihmistoiminnan vaikutuksista luonnon monimuotoisuuteen.

On myös hyvä muistaa, että luonto on monimutkaisten yhteisö- ja ympäristösuhteiden välinen palapeli, jota sattuma ja käynnissä oleva ilmastomuutos edelleen sekoittavat. Käytössämme olevat keinot eivät välttämättä riitä paljastamaan tämän kompleksisen kokonaisuuden salaisuuksia. Tämän vuoksi tarvitsemme lisää tutkimusta erilaisilla lähestymistavoilla, eri ajallisilla ja alueellisilla mittakaavoilla ja käyttäen erilaisia luonnon monimuotoisuuden indikaattoreita. Meidän tulee ymmärtää luontoa, jotta voisimme suojella sitä meidän omalta toiminnaltamme.

## Lähteet

- Albert, J.S., Destouni, G., Duke-Sylvester, S.M., Magurran, A.E., Oberdorff, T., Reis R.E. *ym.* (2020) Scientists' warning to humanity on the freshwater biodiversity crisis. *Ambio* 50 85–94. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01318-8>
- Anderson, M.J., Crist, T.O., Chase, J.M., Vellend, M., Inouye, B.D., Freestone A.L. *ym.* (2011) Navigating the multiple meanings of  $\beta$  diversity: a roadmap for the practicing ecologist. *Ecology Letters* 14(1) 19–28. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01552.x>
- IPBES (2020) Workshop Report on Biodiversity and Pandemics of the Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Daszak, P., Amuasi, J., das Neves, C. G., Hayman, D., Kuiken, T., Roche, B., *ym.* IPBES secretariat, Bonn, Germany. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4147317>
- Lindholm, M., Alahuhta, J., Heino, J. & Toivonen, H. (2020a) No biotic homogenisation across decades but consistent effects of landscape position and pH on macrophyte communities in boreal lakes. *Ecography* 43(2) 294–305. <https://doi.org/10.1111/ecog.04757>
- Lindholm, M., Alahuhta, J., Heino, J., Hjort, J. & Toivonen, H. (2020b) Changes in the functional features of macrophyte communities and driving factors across a 70-year period. *Hydrobiologia* 847 3811–3827. <https://doi.org/10.1007/s10750-019-04165-1>
- Lindholm, M., Alahuhta, J., Heino J. & Toivonen, H. (2021) Temporal beta diversity of lake plants is determined by concomitant changes in environmental factors across decades. *Journal of Ecology* 109(2) 819–832. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13508>
- Olden, J.D. & Rooney, T.P. (2006) On defining and quantifying biotic homogenization. *Global Ecology and Biogeography* 15(2) 113–120. <https://doi.org/10.1111/j.1466-822X.2006.00214.x>

## Väitöskirjan tiedot

Lindholm, M. (2021) *Spatial and temporal trends in different dimensions of macrophyte biodiversity in boreal lakes*. Nordia Geographical Publications 50(1) 1–63. <https://doi.org/10.30671/nordia.102746>