

# TIETEESSÄ. TAPAHTUU!



Tieteellisten seurain  
valtuuskunta

Luontokadon syyt  
ja seuraukset

---

Eloton ja elollinen luonto  
ovat yhteydessä

---

Eläinhistoria haastaa  
ihmiskeskeisyyden

---

Kiinan tiedemaailma  
puolueen talutushihnassa

---

Tarinallisuus tutkimus-  
rahoitushakemuksissa

---

# 4

---

2025

# TIETEESSÄ. TAPAHTUU

VOL 43 NRO 4 (2025)

## PÄÄKIRJOITUS

ANNA-KAISA KUUSISTO

**3 – Riittävä tutkimusaika taattava yliopistoissa opetustyötä tekeville**

*Tieteessä tapahtuu -lehti kokoaa yhteen eri tieteenalat. Se on foorumi ajankohtaisille ja yleistajuisille tiedeartikkeleille sekä keskustelulle tieteestä ja tiedepolitiikasta.*

Journal.fi-palvelussa sijaitsevasta PDF-lehdestä löytyvät jokaisen numeron pääkirjoitus ja pitkät tekstit. Muut kirjoitukset, kuten kolumnit ja arviot, ovat vain verkkolehdessä osoitteessa [www.tieteessatapahtuu.fi](http://www.tieteessatapahtuu.fi).

## SISÄLLYS

### ARTIKKELIT

MIKKO MÖNKKÖNEN

**6 – Luontokadon syyt, seuraukset ja pysäyttäminen**

AINO-MAIJA MÄÄTTÄNEN

**13 – Elonkirjo muuttaa – miltä näyttävät asuntomarkkinat?**

SARI TIMONEN

**18 – Yksin vai yhdessä – missä kulkevat yksilön rajat?**

EEVA NIKKILÄ

**23 – Katse menneisyyden eläimiin**

JOUNI HUHTANEN

**29 – Miksi Einsteinin yleinen suhteellisuusteoria syrjäytti newtonilaisen mekaniikan**

### TIEDEMAAILMA

OUTI LUOVA

**35 – Kiina tähtää globaaliksi innovaatiomahdiksi puolueen johdolla**

RICHARD FORSGÅRD

**40 – Kun tutkimusideoita vertaillaan, onko tyyllillä väliä?**



Tieteellisten seurain  
valtuuskunta

### TOIMITUS

Päätoimittaja: **Anna Kotaviita**  
Toimituspäällikkö: **Taina Vuokko**

Taitto: **Anne Haapanen**  
Ulkoasu: **Marko Myllyaho**

Kirkkokatu 6  
00170 Helsinki  
Puh. 044 493 9020  
[tieteessatapahtuu@tsv.fi](mailto:tieteessatapahtuu@tsv.fi)

### TOIMITUSNEUVOSTO

Dekaani **Johanna Arola**,  
pääsihteeri **Ulla Järvi**, tiede- ja taide-  
rahoituksen johtaja **Kalle Korhonen**,  
päätoimittaja **Anna Kotaviita**,  
yliopistonlehtori **Anna-Kaisa  
Kuusisto**, toiminnanjohtaja  
**Lea Ryyänen-Karjalainen**,  
professori **Kimmo I. Tuominen**,  
ylikirjastonhoitaja **Kimmo K. Tuominen**,  
tutkijatohtori **Johanna Vuorelma**  
ja toiminnanjohtaja **Kaisa Välimäki**  
(puheenjohtaja)

### JULKAISIJA

Tieteellisten seurain valtuuskunta

Ilmestyy 5 kertaa vuodessa  
43. vuosikerta

Seuraava numero ilmestyy 19.11.2025.  
Viimeinen aineistopäivä siihen on  
20.10.2025.

ISSN 1239-6540



# RIITTÄVÄ TUTKIMUSAIKA TAATTAVA YLIOPISTOISSA OPETUSTYÖTÄ TEKEVILLE

**Y**liopistoissa opetuspainotteisissa tehtävissä toimii esimerkiksi professoreita, yliopistonlehtoreita, lehtoreita, yliopisto-opettajia ja klinisiä opettajia. He omaavat laajan osaamisen tieteenalansa sisällöllistä, metodista ja metodologista kysymyksistä. Tämä osaaminen kertyy vuosien kuluessa oman tutkimustyön ja tutkimushankkeissa toimimisen kautta. Korkeatasoinen tieteellinen opetus vaatii rinnalleen riittävästi tutkimusaikaa. Yliopistoissa tämä osa opettajan vuosittaista työaikaa on tullut haastetuksi.

Yliopistosektorin viime kevään työehtosopimusneuvottelut olivat poikkeuksellisen hankalat. Yliopistotyönantaja ja palkansaajaliitot neuvottelivat palkankorotusten lisäksi opetustuntikatto-periaatteesta, joka liittyy kokonaistyöaikaan. Käytännössä tuntikatona tehtävänä on määrittää kontaktiopetuksen ja muiden opetukseen liittyvien tehtävien enimmäistuntimäärät opetustehtävissä toimiville. Samalla opetustuntikatto on tärkeässä roolissa tutkimusajan mahdollistamisessa. Nyt on otettu ensimmäiset todelliset askeleet tuntikatosta luopumiseen.

Yliopistosektorin uudessa työehtosopimuksessa sovittiin kahden vuoden kokonaistyöaikakokeilusta. Kokeiltava malli määrittää opetuspainotteisissa tehtävissä toimiville prosentuaalisen vaihteluvälin kokonaistyöajasta, joka käytetään opetukseen.

Vaikka opetusmäärien ei pitäisi kokeilun vuoksi nousta, nähdäkseni malli antaa työnantajalle uudenlaisen ”joustavan” välineen painottaa opetukseen liittyvien työtehtävien määrää näin tahtoessaan. Samoin kokeiluun liittyvä



**ANNA-KAISA KUUSISTO**  
on dosentti, aluetieteen  
yliopistonlehtori  
Tampereen yliopistossa  
ja *Tieteessä*  
*tapahtuu* -lehden  
toimitusneuvoston jäsen.

paikallisen sopimisen mahdollisuus muuttanee opetustyön profileja jopa yliopiston eri tiedekuntien välillä – riippuen opiskelijamääristä ja siitä, kuinka opetusintensiivisistä yksiköistä on kyse.

Uusi työajan suunnittelun mekanismi sopii hyvin yliopistotyönantajan kilpailukykyretoriikkaan ja valtakunnallisten koulutuspoliittisten linjausten toteuttamiseen. Se ei kuitenkaan tuo helpotusta siihen, miten korkeatasoinen opetus ja tutkimus yhdistetään yliopistotyön arjessa.

Valtion yliopistoille kohdentamaa perusrahoitusta on leikattu rajusti jo vuosia. Samalla kansalliset tavoitteet siitä, kuinka monen nuoren toivotaan suorittavan yliopistokoulutus, ovat nousseet. Opiskelijoiden sisäänottomäärien lisäyksiä ei voida loputtomasti toteuttaa kasvattamalla kurssikokoja tai luottamalla digitaalisiin etäoppimisympäristöihin.

Yliopisto-opintoihin sisältyy myös paljon osaamiskokonaisuuksia, joiden toteutukseen tarvitaan pienryhmäopetusta, kuten kenttäkurssien vetämistä ja opinnäyteseminaarien ohjaamista. Nämä vaativat henkilöresursseja. Kun näitä resursseja ei ole samassa suhteessa lisääntyviin aloituspaikkoihin, johtaa se vääjäämättä opettajien opetustuntimäärien nostoon – vähentäen tutkimusaikaa.

Entä jos tulevaisuuden yliopistoissa opettajilla ei ole enää aikaa tutkia? Miten yliopistot voivat tällaisessa tilanteessa uskottavasti kouluttaa maailmaa muuttavia ja kriittisesti ajattelevia nuoria asiantuntijoita? Riittävän tutkimusajan takaaminen opetustehtävissä toimiville pitäisikin olla tiedeyliopistojen eettisen ja moraalisen toiminnan keskeinen lähtökohta.

---

**Opiskelijoiden sisäänottomäärien lisäyksiä ei voida loputtomasti toteuttaa kasvattamalla kurssikokoja tai luottamalla digitaalisiin etäoppimisympäristöihin.**

---

# ARTIKKELIT

# LUONTOKADON SYYT, SEURAUKSET JA PYSÄYTTÄMINEN



Luonnon moninaisuus on kehittynyt miljardien vuosien kuluessa, mutta nyt se köyhtyy hälyttävällä tahdilla. Ihminen aiheuttaa luontokatoa, mutta myös sen pysäyttäminen on ihmisten käsissä.

**L**uontokato on tunnistettu yhdeksi aikamme vakavimmista kriiseistä. Esimerkiksi Maailman talousfoorumi nosti biodiversiteetin häviämisen ja ekosysteemien romahtamisen ilmaston ääri-ilmiöiden jälkeen toiseksi suurimmaksi riskitekijäksi, joka uhkaa maailmaa ja taloutta pitkällä aikavälillä.

Kansainväliset sopimukset ja kansalliset strategiat ovat jo vuosikymmenten ajan asettaneet tavoitteeksi luontokadon pysäyttämisen, mutta kehitys on jatkunut huolestuttavaan suuntaan. Mutta mitä luontokato oikeastaan on, mistä se johtuu ja miksi se uhkaa jopa talouden kehitystä? Entä mikä estää meitä kääntämästä suuntaa?

Tieteellinen tutkimus ja siitä laaditut koosteet tarjoavat vastauksen näihin kysymyksiin. Ne tarjoavat myös polkuja kohti ihmisen ja muun luonnon yhteistä hyvinvointia.

## MONIMUOTOISUUS JA SEN KÖYHTYMINEN

Elämä on maapallolla alkanut kerran ja jatkunut neljä miljardia vuotta siten, että se on pääsääntöisesti ajan myötä jatkuvasti moninaistunut. Luonnon monimuotoisuus tarkoittaa luonnon vaihtelevuutta eri mitta-kaavoissa ja tasoilla, mikä on syntynyt tämän ainutkertaisen kehityksen tuloksena, elämää sen kaikissa muodoissa.

---

**Kun kaikkien maapallon nisäkkäiden elopaino lasketaan yhteen, villinä elävien nisäkkäiden elopaino muodostaa siitä vain kuusi prosenttia.**

## Elinympäristöt köyhtyvät metsikkö kerrallaan, lajit harvinaistuvat yksilö kerrallaan ja lopulta häviävät laji kerrallaan.

Monimuotoisuutta on erilaisten lajien määrä mutta myös niiden sisäinen vaihtelu, joka ilmenee niiden geneettisessä rakenteessa. Monimuotoisuus ei kuitenkaan typisty vain tähän. Lisäksi siihen kuuluu lajien ja niiden ympäristöstä koostuva vaihtelu ekosysteemeissä. Se pitää sisällään toiminnallisen monimuotoisuuden, jolla tarkoitetaan sitä, että ekosysteemeissä on edustettuna erilaisia toimijoita, kuten perustuotannosta vastaavia kasveja, leviä, bakteereita ja näitä eri tavoilla hyödyntäviä kuluttajia sekä ravintoketjun päässä toimivia petoja ja hajottajia. Tyypillisesti kussakin roolissa on useita lajeja. Tällainen niin sanottu toiminnallinen redundanssi luo ekosysteemeihin vakautta ja parantaa ulkoisten häiriöiden sietoa.

Luontokato on käsitteenä hieman harhaanjohtava, koska ei luonto meneillään olevassa muutoksessa mihinkään lopullisesti katoa. Pikemminkin se köyhtyy, kun edellä kuvattu luonnon monimuotoisuus hupenee. Koska ekosysteemit toimivat rakenteensa – siis monimuotoisuuden – varassa, tämän köyhtymisen seurauksena niiden toiminta

muuttuu ja rapautuu. Samalla niiden vakaus ja häiriön sietokyky heikkenevät.

Luonnon monimuotoisuuden hupeneminen on joskus dramaattistakin, mutta tavallisemmin se kuitenkin etenee ihmisen aikaperspektiivistä tarkasteltuna pikemminkin hitaasti ja huomaamattomasti. Elinympäristöt köyhtyvät metsikkö kerrallaan, lajit harvinaistuvat yksilö kerrallaan ja lopulta häviävät laji kerrallaan. Hiipivä muutos saattaa estää meitä konkreettisesti havaitsemasta, että luonto köyhtyy maailmanlaajuisesti nopeammin kuin koskaan ennen ihmiskunnan historiassa, vaikka tieteellinen näyttö tästä on kiistatonta.

Hallitustenvälisen luontopaneelin (IPBES 2019) kooste tieteellisestä näytöstä kertoo muun muassa, että noin neljännes eläin- ja kasvilajeista on globaalisti vaarassa kadota lopullisesti. Villeinä elävien nisäkkäiden yhteenlaskettu runsaus on laskenut 82 prosenttia vuodesta 1970 lähtien, ja luonnontilaisten ekosysteemien määrä ja laatu on laskenut noin puoleen.

Voimakas muutos kielii ihmisen domianssista maapallolla. Sen äärimmäinen

ilmenemismuoto on, että 94 prosenttia kaikkien nisäkkäiden yhteenlasketusta elopainosta maapallolla on joko ihmisiä tai ihmisen tuotanto- ja kotieläimiä. Ihmisten massan osuus on tästä 36 prosenttia ja tuotanto- ja kotieläinten 58 prosenttia. Villinä elävien nisäkkäiden massa muodostaa vain 6 prosenttia elopainosta (Greenspoon ym. 2023).

Suomessa tehdyt selvitykset kertovat samaa tarinaa kuin maailmanlaajuinen tarkastelu: luonto on uhattuna.

Esimerkiksi Suomen lajien uhanalaisuusarviointi on luokitellut useamman kuin joka kahdeksannen lajin uhanlaiseksi. Tämä tarkoittaa 2 663 lajia, joilla on riski hävitä Suomen lajistosta. Niin sanotulla Punaisella listalla on uhanalaisten lajien lisäksi myös lajit, jotka ovat hävinneitä, silmälläpidettäviä tai puutteellisesti tunnettuja. Sille kuuluu yhteensä 6 683 lajia, mikä tarkoittaa lähes 30 prosenttia kaiken kaikkiaan arvioidusta 22 407 lajista.

Suomessa lukumääräisesti eniten uhanalaisia lajeja on metsissä, joissa uhanalaisia lajeja on 1 059 eli noin 10 prosenttia kaikista metsälajeista. Suhteellisesti eniten uhanalaisia on tunturielinympäristöissä, missä lähes kolmannes lajeista on uhanalaisia.

Luontotyyppien uhanalaisuutta tarkasteltaessa esiin nousevat erityisesti Suomen perinneympäristöt, kuten niityt, kedot ja hakamaat, jotka kaikki on luokiteltu uhanalaisiksi. Lisäksi metsäluontotyypeistä noin

### Luontokadon suorat ajurit

- Ihmisen maankäyttö ja sen muutokset
- Luonnonvarojen ylikulutus
- Ilmastonmuutos
- Haitalliset vieraslajit
- Ilman, veden ja maaperän saastuminen

75 prosenttia on uhanalaisia. Luontotyyppien kohdalla uhanalaisuus tarkoittaa, että niillä on kohonnut riski menettää luontaiset lajinsa ja ekologiset toimintansa.

Luontokato on toki paljon muutakin kuin uhanalaisia lajeja ja luontotyyppettä, mutta nämä ovat kuvaavia mittareita sille, miten luontokato etenee.

### LUONTOKADON VÄLITTÖMÄT SYYT

Hallitustenvälisen luontopaneelin mukaan luonnon monimuotoisuuden köyhtymisen taustalla on viisi suoraa ajuria. Maaekosysteemeissä ja makean veden ekosysteemeissä tärkein luontokadon suora ajuri on ihmisen maankäyttö ja sen muutokset. Ihminen käyttää kasvavaa pinta-alaa maapallosta maanviljelykseen, metsätalouteen ja asutukseen, mikä on kaventanut lajeilla saatavilla olevien



KUVAN LÄHDE: ISTOCKPHOTO

**Lupiini on Suomessa haitallinen vieraslaji, joka vie tilaa kotoperäisiltä lajeilta.**

elinympäristöjen määrää ja heikentänyt jäljellä olevien elinympäristöjen laatua. Meriekosysteemien luontokadon tärkein ajuri on luonnonvarojen ylikulutus eli käytännössä kalastus eri muodoissaan. (IPBES 2024a.)

Ilmastonmuutos on yksi tärkeä luontokadon ajuri kaikissa elinympäristöissä, ja se vaikuttaa myös alueilla, missä ihmisen muu

vaikutus on vähäisempi. Se muuttaa ja siirtää lajeille sopivia elinympäristöjä sellaisella vauhdilla, johon lajien on vaikea sopeutua ja mukautua. Tämän seurauksena lajien populaatiot harvenevat ja tapahtuu paikallisia sukupuuttoja. Haitalliset vieraslajit kaventavat entisestään alkuperäisten lajien elintilaa. Ilman, veden ja maaperän saastu-

minen edelleen voimistaa muiden suorien ajurien kielteisiä vaikutuksia ja siten toimii luontokadon ajurina.

Maankäytön muutokset ovat myös Suomessa keskeisin tekijä, joka kiihdyttää luontokatoa. Tähän lukeutuu aiemmin avoimien elinympäristöjen, kuten niittyjen, kotojen ja laidunmaiden, sulkeutuminen. Suomessa on myös ojitettu yli 5 miljoonaa hehtaaria soita maanviljelyksen ja metsätalouden tarpeisiin, mikä on muuttanut ja heikentänyt soiden lisäksi purojen, jokien ja järvien sekä merien elinympäristöjen laatua ja määrää.

Metsätaloustoimet eri muodoissaan ovat Suomessa yksi tärkeä luonnon köyhtymisen ajuri. Niiden seurauksena monimuotoisuudelle tärkeiden piirteiden ja elinympäristöjen määrä metsissä vähenee. Monia lajeja ovat ajaneet ahtaalle erityisesti vanhojen metsien ja puiden määrän väheneminen, lahoppuun alhainen määrä ja puulajisuhteiden muutokset. Samalla ne ovat heikentäneet metsäluontotyyppien toimintaa. Muut suorat ajurit voimistavat maankäytön muutosten vaikutuksia myös Suomessa.

---

**Käytämme luontoa ja sen tarjoamia resursseja paljon ja tehottomasti, minkä vuoksi ekologinen jalanjälkemme on suurempi kuin luonnon uusiutumiskyky.**

---

### **JUURISYINÄ ARVOT, ASENTEET, YHTEISKUNNAN RAKENTEET JA RISTIRIITAISET TAVOITTEET**

Vaikka luontokadon välittömät syyt ja suorat ajurit ovat selkeitä, niiden taustalla vaikuttavat syvemmät yhteiskunnalliset rakenteet. Cambridgen yliopiston taloustieteen emeritusprofessori **Partha Dasgupta** kokosi vuonna 2019 selvityksen luonnon monimuotoisuuden merkityksestä talouden näkökulmasta. Selvityksen oli tilannut Iso-Britannian valtiovarainministeriö. Se paljastaa, että juurisyy epäonnistumiseemme pysäyttää luontokato on periaatteessa yksinkertainen: käytämme luontoa ja sen tarjoamia resursseja paljon ja tehottomasti, minkä vuoksi ekologinen jalanjälkemme on suurempi kuin luonnon uusiutumiskyky. (Dasgupta 2019.)

Vastaavasti keinot, millä luontokato voitaisiin kääntää luontopääoman kasvuksi, ovat yleisellä tasolla ilmiselviä. On vähennettävä luonnonvarojen kulutusta ja kasvatettava luonnonvarojen käytön tehokkuutta, jotta saamme vähemmästä enemmän ja vähennämme luontoa kuormittavaa jätettä. Lisäksi

---

## On tehty yksittäisiä toimia tai ohjelmia luonnon tilan parantamiseksi ja samalla toisilla toimilla ja ohjelmilla heikennetty luonnon tilaa.

---

kannattaa investoida luonnon suojeluun ja ennallistamiseen, joilla kasvatetaan luontopääomaa ja tuetaan sen uusiutumista.

Hallitustenvälisen luontopaneelin mukaan luontokadon epäsuorat ajurit liittyvät talousjärjestelmän rakenteisiin, politiikan ristiriitaisuuksiin ja kestäättömiin kulutustottumuksiin (IPBES 2024a). Luontoa heikentävät toimet ovat usein seurausta politiikasta, jossa talouskasvu ja luonnonvarojen hyödyntäminen asetetaan etusijalle luonnon kantokyvyn kustannuksella.

Luontokadon pysäyttäminen edellyttää puuttumista syihin, jotka ovat sen suorien ja epäsuorien ajureiden taustalla. Ne liittyvät arvoihin ja asenteisiin luontoa ja muita ihmisiä kohtaan. Luontokadon epäsuoriin ajureihin liittyvät esimerkiksi vallan ja vaurauden keskittyminen, lyhytjänteisten materiaalien hyötyjen tavoittelu ja käsitys, jonka mukaan ihminen on luonnosta erillinen, dominantti toimija. Epäsuorat ajurit puolestaan vaikuttavat luontokatoa aiheuttaviin suoriin ajureihin.

Suomessa ongelmalliset asenteet näkyvät esimerkiksi siinä, että luonnon monimuotoisuuden turvaaminen on jäänyt varjoon muil-

ta politiikkalohkoilta, kuten maa- ja metsätaloudelta sekä energiantuotannolta. Vaikka ympäristötavoitteita on kirjattu strategioihin ja politiikkaohjelmiin, ne eivät ole ohjanneet päätöksentekoa johdonmukaisesti. Systeminen lähestymistapa luontokadon pysäyttämiseksi on puuttunut. On tehty yksittäisiä toimia tai ohjelmia luonnon tilan parantamiseksi ja samalla toisilla toimilla ja ohjelmilla heikennetty luonnon tilaa. Tämä niin sanottu politiikkajohdonmukaisuuden puute on yksi keskeinen este kestäväälle muutokselle niin Suomessa kuin globaalistikin.

Tuore esimerkki politiikkajohdonmukaisuuden puutteesta tulee metsäluonnon monimuotoisuuden kentältä. Suomi tekee suunnitelmia Euroopan unionin ennallistamisasetuksen toimeenpanoksi. Ohjelmassa tullaan ennallistamaan muun muassa pohjoisia luonnonmetsiä ja vahvistamaan rakennepiirteitä, jotka ovat tärkeitä metsäluonnon monimuotoisuudelle. Samaan aikaan EU:n jäsenmaat, Suomi mukaan lukien, ovat hyväksyneet EU:n biodiversiteettistrategian, jonka yhtenä tavoitteena on määritellä, kartoittaa, seurata ja suojella tiukasti kaikki



**Suomessa hakkuiden taso on herättänyt kiivasta poliittista keskustelua.**

EU:n jäljellä olevat luonnontilaiset metsät ja vanhat metsät. Vanhojen metsien suojeluohjelman kriteerit on kuitenkin Suomen hallituksen päätöksessä asetettu niin, että valtaosa jäljellä olevista vanhoista ja luonnontilaisista metsistä pysyy metsätalouden piirissä.

Näiden ristiriitaisten ohjelmien toimilla samanaikaisesti siis sekä parannetaan metsäluonnon tilaa ennallistamistoimin että heikennetään sitä sallimalla arvokkaimpien metsäkohteiden hakkuut. Nettovaikutus tulee olemaan luonnon kannalta negatiivinen

## Koska kansantalouden tilinpito ei seuraa luonnon köyhtymistä, olemme kaikki luontokadon takia vähävaraisempia kuin bruttokansantuote osoittaa.

ottaen huomioon vanhojen metsien suojelun tarjoaman suuren – ja nyt siis menetetyn – potentiaalin.

### LUONTOKADON YHTEISKUNNALLISET SEURAUKSET

Luontokato ei ole vain ekologinen ongelma, vaan sen seuraukset ulottuvat syväälle yhteiskuntaan. Ekosysteemien heikentyminen vaikuttaa suoraan talouden kestävyteen, huoltovarmuuteen ja jopa kansalliseen turvallisuuteen.

Dasguptan selvitys toi esiin, että iso osa siitä globaalista talouden volyyymista, joka on mitattavissa, on suoraan tai epäsuorasti kytkeytynyt ekosysteemeihin ja niiden toimintaan. Ekosysteemien toiminta perustuu niiden rakenteeseen, siis monimuotoisuuteen. Näin ollen luonnon köyhtyminen tarkoittaa myös ihmisten ja yhteiskuntien köyhtymistä. Koska kansantalouden tilinpito ei seuraa luonnon köyhtymistä, olemme kaikki luontokadon takia vähävaraisempia kuin bruttokansantuote osoittaa ja velkaantuneempia

kuin valtion tai henkilökohtaisen velan perusteella tiedämme.

Luonnon monimuotoisuus on siis myös luontopääomaa ja sen tarjoamia hyötyjä. Esimerkiksi pölytystä, veden puhdistumista, ravinteiden kiertoa ja ilmaston säätelyä kutsutaan ekosysteemipalveluiksi. Ne ovat luonnon tarjoamia hyötyjä, joita on vaikeaa ja kallista korvata teknologialla. Kun nämä palvelut heikkenevät, syntyy kustannuksia, jotka horjuttavat talouden vakautta.

Esimerkiksi ruoantuotanto on osittain riippuvainen pölyttäjähönteisistä, joiden määrän väheneminen voi johtaa sadon pienenemiseen ja tuotantokustannusten kasvuun. Metsätaloudessa puolestaan monimuotoisuuden heikkeneminen lisää riskiä metsätuhoille, kuten hönteisten aiheuttamille tuhoille ja myrskyvaurioille, jotka voivat tuottaa miljardiluokan tappioita. Kalakan- tojen romahtaminen puolestaan vaikuttaa suoraan elinkeinoihin ja ruokaturvaan.

Luonnon monimuotoisuuden turvaaminen ei siis ole ristiriidassa kestäväen talouden kanssa vaan lopulta sen edellytys. Luonto-

kadon torjuminen on investointi, joka vahvistaa talouden kestävyttä ja turvaa hyvinvoinnin edellytykset pitkällä aikavälillä.

Luonnon monimuotoisuus liittyy myös huoltovarmuuteen ja kriisinkestävyyteen. Monimuotoisuus parantaa ekosysteemien kykyä sietää muita ympäristömuutoksia, kuten ilmastomuutosta, ja myös mukautua niihin. Monilajiset ja -puoliset ekosysteemit ovat vähemmän alttiita häiriöille, mikä vähentää taloudellisia riskejä ja yhteiskunnan haavoittuvuutta.

Luontokato yhdessä ilmastomuutoksen kanssa lisää konflikteja, jotka liittyvät luonnonvaroihin. Se heikentää yhteiskuntien vakautta ja lisää muuttoliikettä, kun ihmiset lähtevät pois alueilta, joiden elinkelpoisuus on heikentynyt. Suomi ei ole irrallaan näistä globaaleista vaikutuksista, kuten pakolaiskriisi vuosina 2014–2016 osoitti.

### LUONTOKADON PYSÄYTTÄMINEN KYTKETYNEESSÄ MAAILMASSA

Maailmanlaajuinen luontokato johtuu siitä, että olemme ottaneet muiden lajien elinympäristöt omaan käyttöömme ja käytämme luonnonvaroja enemmän kuin ne kykenevät uusiutumaan. Olemme aiheuttaneet niin nopeasti ja laajasti etenevän ilmastomuutoksen ja elinympäristöjen saastumisen, ettei useilla eliöillä ole mahdollista evolutiivisesti sopeutua ja mukautua niihin. Lisäksi

olemme tuoneet lajeja alueille, minne ne eivät kuulu. Näihin puuttuminen nopeasti ja tehokkaasti on edellytys sille, että onnistuisimme tavoitteessa pysäyttää luontokato ja kääntää suunta kohti luonnon elpymistä. (Ketola ym. 2022).

Pelkkä luontokadon suoriin ajureihin puuttuminen ei kuitenkaan riitä. Ajuri kerrallaan ongelman ratkaisu pahimmillaan johtaa siiloutuneisiin politiikkatoimiin, jotka usein epäonnistuvat ympäristökriisien ratkaisemisessa. Ne voivat estää ongelmien juurisyihin pureutumisen.

Positiivisen muutoksen aikaansaamiseksi yhteiskunnat ja instituutiot on rakennettava laajasti kestävyttä tukeviksi. Luontokadon pysäyttäminen vaatii syvällistä muutosta yhteiskunnan rakenteissa. Tarvitaan politiikkaa, joka asettaa luonnon kantokyvyn taloudellisen toiminnan reunaehdoksi. Tämä tarkoittaa muun muassa luonnon monimuotoisuuden huomioimista kaikessa päätöksenteossa ja kestävien kulutustapojen edistämistä. Onnistuminen on mahdollista vain, jos yhteiskunnassa vallitsevat arvot ja asenteet sitä tukevat.

Hallitustenvälinen luontopaneeli pureutuu raportissaan yhteyksiin, joita on luonnon monimuotoisuuden, ilmastomuutoksen, veden, ruokajärjestelmän ja terveyden välillä (IPBES 2024b). On tiedostettu jo kauan, että ihmisten yhteiskunnat ja ympäristö kietoutuvat monimutkaisesti yhteen. Yhteyksien



KUVAN LÄHDE: WIKIMEDIA COMMONS

**Ihmisten toiminta on ajanut sukupuuttoon muita lajeja. Harjusinisiipi on Suomessa äärimmäisen uhanalainen.**

hahmottaminen tarkoittaa kokonaisvaltaista ymmärrystä siitä, miten nämä osa-alueet ovat kytköksissä toisiinsa ja kuinka toimet yhden edistämiseksi voivat vaikuttaa muihin.

Hallitustenvälinen luontopaneeli ehdottaa ratkaisuksi kokonaisvaltaisesti läpileikkaavaa ja johdonmukaista politiikkaa, joka tähtää ihmisen ja muun luonnon yhteiseen hyvinvointiin (katso Laako ym. 2024). Tämä lähestymistapa auttaa hahmottaan toimenpiteiden kokonaisuutta, jolla saadaan myönteinen vaikutus laajasti eri osa-alueilla. Lisäksi

se auttaa tunnistamaan toimenpiteitä, joihin sisältyy riski negatiivisista vaikutuksista jollain toisella osa-alueella.

Tieteellisen tiedon yhteenveto kertoo, että luonnon monimuotoisuuden edistämiseksi tehdyt toimet pääsääntöisesti tukevat positiivisia vaikutuksia myös muilla osa-alueilla. Ne esimerkiksi parantavat puhtaan veden saata- vuutta ja tukevat kestävästä ruokajärjestelmästä, ihmisten terveyttä sekä ilmaston muutoksen hillintää. Sitä vastoin toimet, joilla pyritään ensisijaisesti parantamaan ruoantuotantoa,

valtaosin heikentävät entisestään luonnon monimuotoisuutta ja puhtaan veden saata- vuutta.

Luontopaneelin raportissa esitetään 71 toimenpidevaihtoehtoa, jotka on jaettu kymmeneen luokkaan. Toimenpidevaihtoehtojen luokittelun tarkoituksena on eritellä keskeisimpiä osa-alueita, joilla tarvitaan muutoksia ja ratkaisuja, ja auttaa päätöksentekijöitä löytämään vaihtoehtoisia tapoja edistää kestävyysmurrosta.

Jotkin Luontopaneelin esittämät toimenpiteet kohdistuvat ensisijaisesti luontokadon suoriin ajureihin. Näistä voidaan mainita esimerkkeinä ekosysteemien suojeleminen, elinympäristöjen ennallistaminen, ekosysteemien toiminnan tukeminen ja saastumisen vähentäminen. Epäsuorien ajureiden muuttamiseen taas keskittyvät muun muassa kulutuksen kestävyden tukeminen, suunnittelun ja hallinnon integrointi, riskien parempi hallinta sekä rahoituksen kohdentaminen ympäristölle positiivisella tavalla. Toimenpiteet sisältävät myös taustalla oleviin syihin puuttumista, joista esimerkkinä on joukko toimia oikeuksien ja yhdenvertaisuuden varmistamiseksi.

### **IHMISEN PAIKKA OSANA MAAILMANKAIKKEUTTA**

On perusteltuja syitä pyrkiä kaikin keinoin turvaamaan luonnon monimuotoisuuden säilyminen maapallolla ja Suomessa. Nämä

perustelut ovat taloudellisia, juridisia ja sellaisia, jotka kytkeytyvät ihmisten terveyteen, turvallisuuteen ja yleiseen hyvinvointiin.

Ihmisen näkökulmasta kysymys liittyy pohjimmiltaan olemassaoloon. Luontokato rapauttaa yhteiskuntiemme ja hyvinvointimme perustaa sekä uhkaa kulttuuriamme säilymistä. Mutta meillä on myös ihmisestä riippumattomia eettisiä syitä pitää huolta luonnon monimuotoisuudesta, joka on syntynyt ainutkertaisen kehityksen tuloksena.

Olemmeko ihmisinä osanneet täyttää paikkamme osana maailmankaikkeutta, jos tietoisesti aiheutamme laajamittaista ja osin peruuttamatonta luonnon monimuotoisuuden kaventumista?

—  
*Mikko Mönkkönen on soveltavan ekologian professori Jyväskylän yliopistossa. Hän johtaa Metsäsektorin oikeudenmukainen kestävyysmurros -tutkimushanketta (ForTran), jossa etsitään yhdessä eri toimijoiden kanssa yhteiskunnallisesti vaikuttavia ratkaisuja Suomen metsäsektorin kestävyysaasteisiin. Hanketta rahoittaa Suomen Akatemian strategisen tutkimuksen neuvosto. Hän on myös Kestävän kehityksen tiedepaneelin jäsen.*

### **KIRJALLISUUS**

Dasgupta, P. 2021. The Economics of Biodiversity. The Dasgupta Review. Abridged Version. Lontoo: HM Treasury. <https://www.gov.uk/government/publications/final-report->

[the-economics-of-biodiversity-the-dasgupta-review](#).

Viitattu 2.9.2025.

Greenspoon, L., Krieger, E., Sender, R., Rosenberg, Y., Bar-On, Y. M., Moran, U., Antman, T., Meiri, S., Roll, U., Noor, E. ja Milo, R. 2023. The global biomass of wild mammals. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 120 (10) e2204892120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2204892120>

IPBES 2019. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. <https://zenodo.org/records/3553579>

IPBES 2024a. Summary for policymakers of the thematic assessment of the underlying causes of biodiversity loss and the determinants of transformative change and options for achieving the 2050 Vision for Biodiversity. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11382230>

IPBES 2024b. Summary for policymakers of the thematic assessment of the interlinkages among biodiversity, water, food and health. <https://zenodo.org/records/15673657>

Ketola, T., Boström, C., Bäck, J., Herzon, I., Jokimäki, J., Kallio, K. P., Kulmala, L., Laine, I., Lehtikoinen, A., Nieminen, T. M., Oksanen, E., Pappila, M., Silfverberg, O., Sinkkonen, A., Sääksjärvi, I. ja Kotiaho, J. S. 2022. Kohti luontoviisasta Suomea. Keinoja luontoposiitivisuuden saavuttamiseksi. Suomen Luontopaneelin julkaisu 2/2022. <https://luontopaneeli.fi/ajankohtaista/luontopaneelin-mietinto-kohti-luontoviisasta-suomea/>. Viitattu 2.9.2025.

Laako, H., Aalto, J., Boström, C., Hyytiäinen, K., Häyrynen, S., Jarva, J., Koivula, M. J., Kosenius, A.-K., Laine, I., Lehtikoinen, A., Mykrä, H., Onkila, T., Paloniitty, T., Pappila, M., Silfverberg, O., Sääksjärvi, I., Wolff, L.-A. ja Kotiaho, J. S. 2024. Kestävyyssuunnitelman edellyttää johdonmukaista ja läpileikkaavaa politiikkaa. Hallitustenvälisen luontopaneelin (IPBES) arviointiraporttien keskeiset viestit ja suosituksia kansallisen luontopolitiikan suunnitteluun ja päätöksentekoon. Suomen Luontopaneelin julkaisu 4/2024. <https://luontopaneeli.fi/wp-content/uploads/2024/12/suomen-luontopaneelin-julkaisu-4-2024-kestavyysmurros-edellyttaa-johdonmukaista-ja-lapileikkaavaa-politiikkaa.pdf>. Viitattu 2.9.2025.

Suomen lajien uhanalaisuus 2019. <https://punainenkirja.laji.fi/about/r-63>. Viitattu 2.9.2025.

Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018. Luontotyyppien punainen kirja. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161234>. Viitattu 2.9.2025.

World Economic Forum 2025. The Global Risks Report 2025. 20<sup>th</sup> edition. <https://www.weforum.org/publications/global-risks-report-2025/>. Viitattu 2.9.2025.

# ELONKIRJO MUUTTA - MILTÄ NÄYTTÄVÄT ASUNTOMARKKINAT?



Kun ilmasto ja elinympäristöt muuttuvat, monet lajit joutuvat etsimään uusia koteja. Luontokadon pysäyttämiseksi ei riitä, että suojellaan lajeja niiden nykyisillä esiintymisalueilla, vaan lajien siirtymisen tukemisesta tulee elintärkeää. Ratkaisevaa uuden kodin löytymisen kannalta voi olla luonnon eloton perusta ja sen vaihtelu eli geodiversiteetti.

**M**onet eliölajit ovat joutuneet tukalaan tilanteeseen niiden elinympäristöjen muuttuessa nopeasti. Kun lajien tutut olosuhteet katoavat, niillä on kaksi vaihtoehtoa: sopeutua muutokseen tai siirtyä uudelle olosuhteiltaan sopivalle alueelle. Jos kumpikaan ei onnistu, laji häviää paikalta (Syke). Lajien esiintymisalueiden muutoksia, jotka johtuvat ihmisen aiheuttamasta ympäristönmuutoksesta, on jo havaittu, ja siirtymien odotetaan lisääntyvän tulevaisuudessa. (Chen ym. 2011).

Luonnon monimuotoisuuden säilyttämiseksi ei riitä, että pelkästään lajin nykyiset elinympäristöt ovat turvattu. Luonnonsuojelutoimien on yhä enenevässä määrin myös enustettava, minne laji voi levitä olosuhteiden muuttuessa ja miten sen yksilöt pääsevät

sinne nykyisiltä sijoiltaan. Lajien selviämistä pyritään siis tukemaan kytkemällä nykyiset ja potentiaaliset tulevat elinalueet toisiinsa, jotta lajit voivat liikkua, levittäytyä suotuisille alueille ja ylläpitää elinkelpoisia populaatioita olosuhteiden heikentyessä niiden nykyisillä elinalueilla.

Tällaista ekologista kytkeytyvyyttä voidaan lisätä suojelemalla lajin mahdollisten kotipaikkojen välille käytäviä tai levähdyspaikkoja, jotka toimivat eräänlaisina astinkivinä. Näiden suunnittelu on kuitenkin vaikea tehtävä, sillä eliöiden liikkumis- ja levittäytymiskyky vaihtelevat lajien ja jopa yksilöiden kesken valtavasti. Koska reittiverkoston suunnittelu ja suojele jokaiselle yksittäiselle lajille on mahdotonta, on etsittävä alueita, jotka jouduttavat monen lajin mahdollisuuksia

## Nyt käsillä oleva ympäristönmuutos onkin lajeille aivan uudenlainen haaste, sillä ilmastonmuutoksen lisäksi ne joutuvat selviytymään ihmisen intensiivisesti muokkaamassa maisemassa ja yhä pirstaloituneemmilla elinympäristölaikuilla.

sopeutua tai liikkua samanaikaisesti. Apua tällaisten alueiden tunnistamiseen voidaan etsiä menneisyydestä.

### LUONNON PIENET TURVAPAIKAT

Elämä on historian kuluessa selvinnyt suuristakin ympäristönmuutoksista, ja tänä päivänä havaitsemamme elonkirjo on evolutiivisten prosessien ja vaihtelevien ympäristötekijöiden tulos. Paleoekologit ovat tutkineet, miten lajien levinneisyysalueet ovat vastanneet historiallisiin muutoksiin ilmasto-oloissa (Gill ym. 2015).

Tiedetään, että levittäytyessään uusille alueille tai vetäytyessään alueilta lajit pyrkivät seuraamaan niille tyypillisiä eko- ja ilmastolokeroita. Tämä tarkoittaa yksinkertaisesti sitä, että lajit pyrkivät asuttamaan uudella asuinalueellaan paikkoja, jotka muistuttavat

olosuhteiltaan niitä, joihin ne ovat evolutiivisesti sopeutuneet.

Nyt suurimmassa sukupuuttoriskissä ovat lajit, jotka eivät pysy ilmastolokeronsa vauhdissa. Ne eivät siis pysty vastaamaan ilmastonmuutoksen nopeuteen. Esimerkiksi Etelä-Suomessa tällä hetkellä vallitsevien talviolosuhteiden ennustetaan siirtyvän useita kilometrejä kohti pohjoista joka vuosi, mikä luo siirtymispaineita viileään sopeutuneille lajeille. Toisaalta tämä tarjoaa lämpimämpään sopeutuneille lajeille mahdollisuuden laajentaa levinneisyysaluettaan. (Ilmastonmuutoksen keskiskenaario, RCP4.5; Heikkinen ym. 2020; Virkkala ja Rajasärkkä 2011.)

Eriyisesti hitaasti liikkuvien lajien tilanne näyttää hälyttävältä. Toisaalta huonolta näyttää sellaistenkin lajien tilanne, joiden kulku uudelle sopivalle alueelle estyy esimerkiksi sen takia, että laji ei pysty ylittämään vesistöä

tai vuoristoa. Lajille vaarallista voi olla myös kulkeminen ihmisen muokkaaman maiseman, urbaanin alueen tai vaikkapa peltoaukean läpi. Nyt käsillä oleva ympäristönmuutos onkin lajeille aivan uudenlainen haaste, sillä ilmastonmuutoksen lisäksi ne joutuvat selviytymään ihmisen intensiivisesti muokkaamassa maisemassa ja yhä pirstaloituneemmilla elinympäristölaikuilla.

Tutkimuksissa, joissa on selvitetty eliöiden historiallisia levinneisyysalueiden muutoksia, on selvinnyt, että erilaiset ympäristögradientit ja pienilmastot ovat tärkeässä roolissa lajien säilymisessä. Esimerkiksi lämpö- tai kosteusolosuhteet muuttuvat ympäristögradientteja pitkin. Erilaisia elinolosuhteita on tarjolla etenkin sellaisilla alueilla, joiden maasto on vaihtelevaa.

Kun auringon säteily ja satava vesi jakautuvat epätasaisesti, elinolot voivat vaihdella maisemassa lyhyelläkin matkalla. Tämä pienpiirteinen vaihtelu luo paikallisia ilmasto-oloja, joilla on lajien selviytymiselle kokoaan suurempi merkitys. Niiden ansiosta lajille saattaa löytyä sopivat elinolosuhteet läheltä entistä esiintymispaikkaa (Hannah ym. 2014).

Maiseman fyysiset ominaisuudet, sen materiaalit ja muodot ovat tulosta erilaista maan sisäisistä geologista ja maan pinnalla tapahtuvista geomorfologista prosesseista. Geologisia prosesseja ovat mannerlaattojen liikkeit ja kiviaineksen kierto, kun taas geo-

morfologisilla prosesseilla viitataan kulutukseen, kasaukseen ja kuljetukseen.

### ELOTTOMAN LUONNON MERKITYS

Ekologit tutkivat eliöiden vuorovaikutuksia paitsi toistensa myös ympäristönsä kanssa. Sympaattista kyllä, sana ekologia tulee kreikan kielen sanoista *oikos* (koti) ja *logos* (oppi). Ekologia on siis oppia siitä, minkälaisissa kodeissa, naapurustoissa ja yhteisöissä lajit elävät.

Puhuttaessa luonnon monimuotoisuudesta keskitytään usein juuri lajeihin. Luonnon eloton osa saa harvemmin huomiota. Kallioperä, maaperä, vesistöt, maastonmuodot ja niitä muovaavat prosessit muodostavat sen fyysisen näyttämön, jolla elämä tapahtuu. Tämän elottoman luonnon vaihtelua kutsutaan geodiversiteetiksi.

Geodiversiteetti voidaan määritellä monimuotoisuutena, joka on kallioperän, maaperän, maanpinnan muotojen, vesistöjen ja kaikkiin näihin liittyvien prosessien summa. Kaikki paikat eivät ole geodiversiteetiltään yhtä monimuotoisia, vaan geodiversiteetti vaihtelee alueen geologisen ja geomorfologisen historian mukaan. Sitä voidaan mitata esimerkiksi laskemalla edellä mainittujen ominaisuuksien alueellisia määriä ja niiden suhteita (Tukiainen ym. 2022).

Geodiversiteetti ei ole julkisessa luonnon monimuotoisuuskeskustelussa yhtä tunnettu käsite kuin biodiversiteetti. Elottoman luon-

## Korkea geodiversiteetti monimuotoisen elämän mahdollistajana



Matala geodiversiteetti



Korkea geodiversiteetti

LÄHDE MUKAILLEN: MALINIEMI YM. 2024

non monimuotoisuus ja elollisen luonnon monimuotoisuus eli biodiversiteetti eivät silti ole irrallisia toisistaan, vaan ne muodostavat yhdessä luonnon monimuotoisuuden.

Geodiversiteetin ja elonkirjon välistä suhdetta tutkitaan aktiivisesti. Yksi tutkimuksen perusolettamuksista on, että mitä monimuotoisempi elämän fyysinen näyttämö on, sitä monimuotoisempi joukko esiintyjä ja elämäntarinoita sillä voidaan nähdä. Tällä tutkimuksella on potentiaalisia käytännön sovellutuksia myös ekologisen kytkeytyvyyden suunnittelussa.

Kun lajit joutuvat jättämään kotinsa, ne alkavat etsiä uutta asuinpaikkaa alueelta, jossa olosuhteet ovat suotuisat (Walther ym. 2002). Suojelualueiden suunnittelussa geodiversiteetti voi toimia työkaluna, jonka avulla voidaan turvata elottomalta luonnoltaan monipuolisia alueita. Niillä on taas potentiaalia tukea monimuotoisuutta pitkällä aikavälillä – riippumatta siitä, mitkä lajit paikkaa tällä hetkellä asuttavat.

Geodiversiteettiä voidaan hyödyntää esimerkiksi suunniteltaessa ekologisia käytäviä, jotka kulkevat pitkin rinteitä tai jotka yhdis-

tävät elottoman luonnon ominaisuuksiltaan samankaltaiset paikat toisiinsa. Ihmisen muokkaamassa maisemassa yhtäjaksoista käytävää voi olla vaikea suojella, mutta kenties on mahdollista suojella tiettyjä maiseman piirteitä. Niitä lajit voivat käyttää kuin turvallisina levähdyspaikkoina matkallaan kohti uutta, pysyvämpää asuinpaikkaa.

Esimerkiksi sammakkoeläimet vaativat eri elämänvaiheissaan erilaisia kosteusolosuhteita. Maisemassa niitä voivat tarjota lämpö- ja kosteusoloja tasoittavat lähteet ympäristöineen, suppakuopat tai kosteat

soistumat maaston painanteissa. Siksi näihin kannattaa kiinnittää erityistä huomiota, jos sammakkoeläinten siirtymiä uusille alueille halutaan tukea.

Geodiversiteettiä voidaankin ajatella eräänlaisena luonnon asuntomarkkinana. Mitä monipuolisempi ”asuntokanta” – eli mitä enemmän erilaisia kivi- ja maalajien muodostumia ja hydrologisia piirteitä alueella on – sitä useampi laji voi löytää sieltä itselleen sopivan kodin.

### KARISMAATTISEN MAISEMAN ÄÄRELLÄ

Geodiversiteetillä on merkittävä rooli monimuotoisen elämän ylläpitämisessä ja turvaamisessa mutta myös ekosysteemipalveluiden tuottamisessa ja kulttuuriperinnön vaalimisessa. Vesiputoukset, jyrkänteet tai järviä halkovat harjut kertovat maiseman kehityksestä ja sitä muokkaavista voimista, mutta ne ovat myös usein arvokkaita kulttuuriperintökohteita, joiden ääreen tullaan hakemaan erilaisia kokemuksia. Esimerkiksi kansallismaisemaa maalannut **Eero Järnefelt** (1896–1937) tuskin pohti geodiversiteettiä maalatessaan Kolin kansallismaisemaa, mutta vaaramaisema on ollut paikka, jossa luonto ja kulttuuri yhdistyvät.

Yhdistyneiden kansakuntien kasvatus-, tiede- ja kulttuurijärjestö UNESCO on jo pitkään suojellut maailmanperintökohteita, mutta se on sittemmin muodostanut myös

---

Suomessa on viisi Geopark-puistoa, jotka esittelevät ja turvaavat ainutlaatuista muun muassa jääkauden muovaamaa maisemaamme.

---

Geopark-verkostoston. Se koostuu alueista, jotka on tunnustettu arvokkaiksi niiden elottoman luonnon ainutlaatuisuuden ansiosta. Kesällä 2025 maailmassa oli yhteensä 229 Geopark-puistoa 50 eri maassa. Suomessa on viisi Geopark-puistoa, jotka esittelevät ja turvaavat ainutlaatuista maisemaamme (Metsähallitus). Vuodesta 2021 eteenpäin elottoman luonnon monimuotoisuutta on myös alettu juhlimaan UNESCO:n toimesta kansainvälisenä geodiversiteettipäivänä. Sitä vietetään vuosittain 6. lokakuuta.

Geodiversiteettiä kannattaakin juhlistaa, sillä se tarjoaa elonkirjolle vaihtelevan näyttämön, joka mahdollistaa monimuotoisen elämän säilymisen muuttuvissa olosuhteissa. Se tukee lajien paikallista sopeutumista, tarjoaa pienilmastollisia turvapaikkoja ja toimii askelkivinä lajien siirtyessä uusille alueille.

Geodiversiteetin huomioiminen luonnonsuojelusuunnittelussa voi vahvistaa ekologista

## Tarkasteltavaa ja pohdittavaa geodiversiteettipäivänä 6.10.

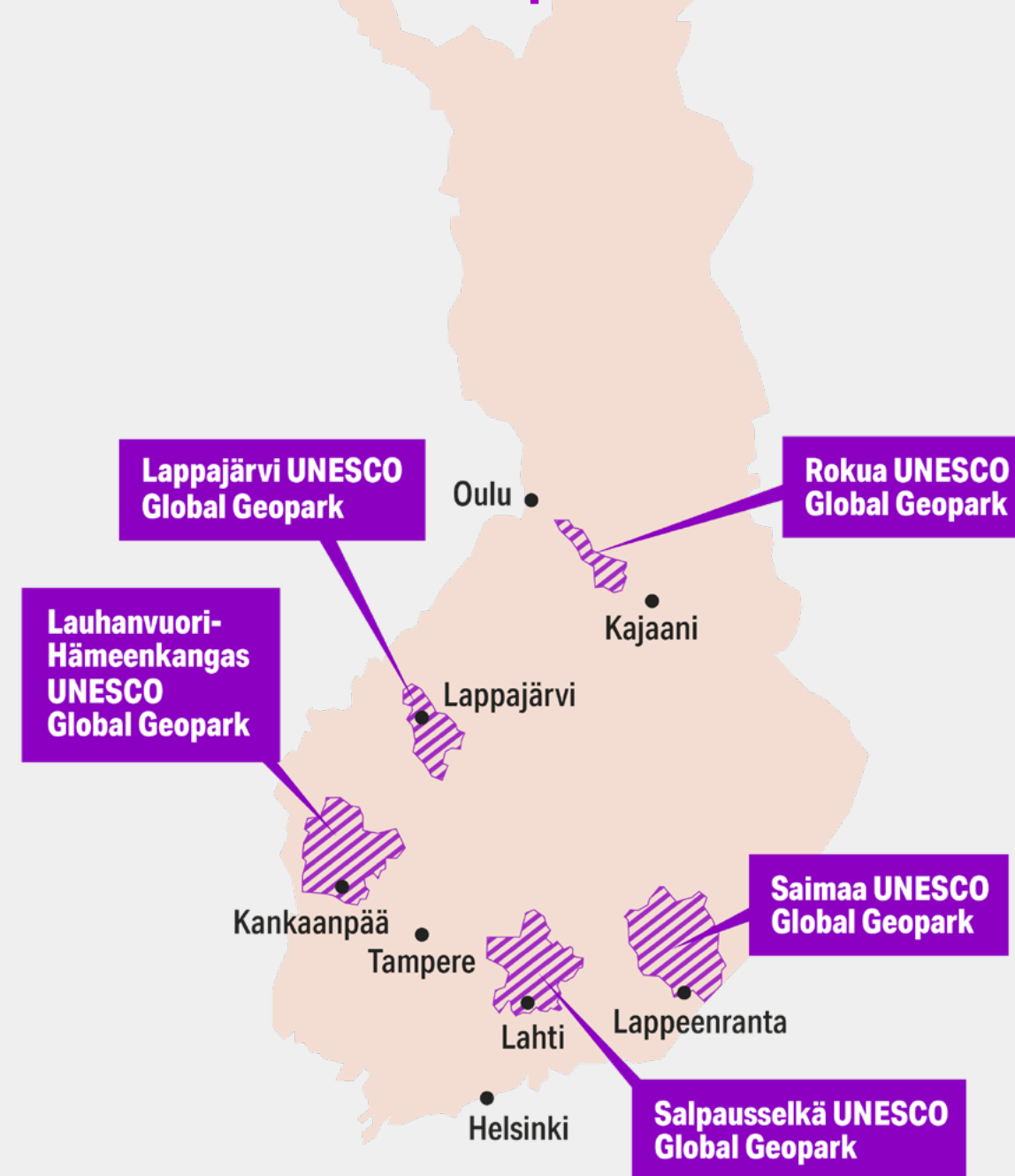
Geodiversiteettipäivää voi juhlia esimerkiksi tarkastelemalla ja pohtimalla, minkälaisia tarinoita oman lähiluonnon elottomat piirteet kertovat:

- Mihin pieni puro laskee kuljettaen mukanaan irtainta maa-ainesta, kasvien siemeniä ja pieneliöitä?
- Kuinka pitkän matkan jalkojen alla oleva kallioperä on kulkenut mannerlaattojen liikuttelemana?
- Minkälaisia liikkumisen esteitä maisemassa on? Ovatko esteet erilaisia eri lajeille?
- Minkä maaston kohdan arvelet tulleen ensimmäisenä näkyviin mannerjätikön vetäytyttyä ja sulavesien pinnan laskettua? Minkä eliön uskot ensimmäisenä löytäneen kotinsa paljastuneelta maalta?
- Minkälaisia ihmisen ja muiden lajien elämäntarinoita ympäröivä eloton luonto tulee vielä todistamaan?

kytkeytyvyyttä ja lisätä suojelualueverkoston joustavuutta ilmastonmuutoksen edessä. Geodiversiteettiä tutkitaan yhä enemmän,

ja sen merkityksestä muun muassa luonnonsuojelun suunnittelun apuna saadaan yhä enemmän tietoa (GTK 2024).

## Suomen Geopark-kohteet



Lopuksi on syytä korostaa, että mikään ekologisen kytkeytyvyyden muoto – perustuipa se geodiversiteettiin tai muihin lä-



**Lauhanvuoren kansallispuisto kuuluu UNESCO:n Geopark-verkostoon. Sen kirkasvetisissä lähdepuroissa tavataan muun muassa purotaimenta.**

*tutkimustaan rahoittaa Kvantum-instituutti. Lisäksi Määttänen osallistuu Suomen ympäristökeskuksen tutkijana Suomen Akatemian rahoittamaan MUST – Multispecies transitions in cities and regions -projektiin ja Euroopan unionin rahoittamaan NaturaConnect-projektiin. Niissä tutkitaan muun muassa ekologista kykytyvyyttä eri mittakaavoilla.*

## KIRJALLISUUS

- Chen, I. C., Hill, J. K., Ohlemüller, R., Roy, D. B. ja Thomas, C. D. 2011. Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. *Science*, 333(6045), 1024–1026.
- Gill, J. L., Blois, J. L., Benito, B., Dobrowski, S., Hunter Jr., M. L. ja McGuire, J. L. 2015. A 2.5-million-year perspective on coarse-filter strategies for conserving nature's stage. *Conservation Biology*, 29(3), 640–648. <https://doi.org/10.1111/cobi.12504>
- GTK 2024. Geodiversiteetti luo pohjan luonnon monimuotoisuudelle. <https://www.gtk.fi/ajankohtaista/geodiversiteetti-luo-pohjan-luonnon-monimuotoisuudelle/>. Viitattu 8.9.2025.
- Hannah, L., Flint, L., Syphard, A. D., Moritz, M. A., Buckley, L. B. ja McCullough, I. M. 2014. Fine-grain modeling of species' response to climate change. Holdouts, stepping-stones, and microrefugia. *Trends in ecology & evolution*, 29(7), 390–397.
- Heikkinen, R. K., Leikola, N., Aalto, J. ym. 2020 Fine-grained climate velocities reveal vulnerability of protected areas to climate change. *Sci Rep* 10, 1678. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58638-8>
- Syke. Ilmastonmuutoksen vaikutukset ekologiin prosesseihin ja Suomen luonnon monimuotoisuuteen. [https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/ilmastonmuutoksen-vaikutukset-ekologiin-prosesseihin-ja-suomen-luonnon-monimuotoisuuteen#ref\\_Cam09](https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/ilmastonmuutoksen-vaikutukset-ekologiin-prosesseihin-ja-suomen-luonnon-monimuotoisuuteen#ref_Cam09). Viitattu 8.9.2025.
- Maliniemi, T., Tukiainen, H., Hjort, J. ym. 2024. Too much diversity. Multiple definitions of geodiversity hinder its potential in biodiversity research. *Diversity and Distributions* 30, 6. <https://doi.org/10.1111/ddi.13843>
- Metsähallitus. UNESCO Global Geoparkit. <https://www.luontoon.fi/fi/artikkelit/unesco-global-geoparkit>. Viitattu 8.9.2025.
- Keck, F., Peller, T., Alther, R. ym. 2025. The global human impact on biodiversity. *Nature* 641, 395–400. <https://doi.org/10.1038/s41586-025-08752-2>

hestymistapoihin – ei poista luontokadon juurisyitä. Lajien säilyminen riippuu ennen kaikkea siitä, miten onnistumme hillitsemään ilmastonmuutosta ja maankäytön muutoksia. Kasvihuonepäästöjen vähentämisellä ja maa- ja vesialueiden tilan heiken-

tämisen pysäyttämällä on suurimmat vaikutukset monimuotoisuuteen.

—  
*Aino-Maija Määttänen on väitöskirjatutkija Oulun yliopistossa, ja hänen väitöskirja-*

- Toivanen, Maija 2019. Geodiversiteetti luonnon monimuotoisuuden näyttämönä. *Versus-lehti*, 19.1.2019. <https://www.versuslehti.fi/kriittinen-tila/geodiversiteetti-luonnon-monimuotoisuuden-nayttamona>. Viitattu 8.9.2025.
- Tukiainen, H., Toivanen, M. ja Lehtonen, E. 2022. Geodiversiteetti on elottoman luonnon monimuotoisuutta. *Geologi*, 74. [https://www.geologinenseura.fi/sites/geologinenseura.fi/files/geologi\\_-\\_artikkelit/geologi\\_2022\\_1\\_3\\_tukiainen\\_ym\\_geodiversiteetti.pdf](https://www.geologinenseura.fi/sites/geologinenseura.fi/files/geologi_-_artikkelit/geologi_2022_1_3_tukiainen_ym_geodiversiteetti.pdf). Viitattu 8.9.2025.
- Virkkala, R. ja Rajasärkkä, A. 2011. Climate change affects populations of northern birds in boreal protected areas. *Biology Letters*. Volume 7, Number 3: 395–398. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2010.1052>
- Walther, G. R., Post, E., Convey, P. ym. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416, 389–395. <https://doi.org/10.1038/416389a>

# YKSIN VAI YHDESSÄ – MISSÄ KULKEVAT YKSILÖN RAJAT?



Kun perehtyy eliökuntaan, yksilöiden rajat alkavat hämärtyä. Esimerkiksi sienet haastavat totuttuja ajattelutapoja, mutta ihmis-yksilönkään rajat eivät biologian näkökulmasta ole yksiselitteisiä.

**P**eruskoulussa kaikki oli vielä aivan selvää. Yksittäinen ihminen, bakteeri tai puu oli yksilö. Mutta jo lukiossa jotkut eliöryhmät alkoivat tuottaa ongelmia. Miten suhtautua joidenkin kasvien häpeämättömään tapaan levittäytyä epämääräisillä tavoilla? Monet kasvit tuottavat rönsyjä, jotka ovat yhteydessä toisiinsa. Milloin mansikan rönsyn juurtumisvaiheessa rönsystä on muodostunut uusi yksilö?

Kun yliopistossa tutustui tarkemmin kasvianatomiaan ja ymmärrys eliökunnan monimuotoisuudesta laajentui, yksilön rajat alkoivat hämärtyä vielä vakavammin. Esimerkiksi lepät voivat lisääntyä sekä juuristojen kautta kasvattamalla uusia maanpäällisiä runkoja tai tuottamalla oksien kärjistä sukusoluja. Ovatko kaikki rungot samaa yksilöä? Muuttuuko runko yksilöksi

sillä hetkellä, kun suora juuriyhteys katoaa, vaikka kommunikointi jatkuu eritteiden ja yhteisten sienisymbionttien välityksellä?

Entäpä lepän yksittäisen rungon oksat? Ovatko ne samaa yksilöä vain siksi, että ne elävät saman rungon varassa? Vai ovatko ne eri yksilöitä, koska ne eivät ole suoranaises- sa kontaktissa muiden oksien kanssa ja saavat ravinteet ja veden juuriston eri osista eri kanavia pitkin? Oksien solujen perimä myös muokkautuu vuosikymmenien saatossa, ja eri oksat näin pikkuhiljaa tuottavat perimältään erilaisia sukusoluja.

## VERKOSTOT JA BIOFILMIT

Yksilön käsite muuttuu yhä epämääräisemmäksi, mitä erilaisempia elämänmuotoja tarkastellaan. Rihmamaiset eliöt, kuten sienet,

## Yksittäisiä bakteerisoluja on ollut tapana pitää yksilöinä. Todellisuudessa harvat bakteerit selviytyvät luonnossa yksin.

muodostavat usein laajoja verkostoja. Geneettiseltä materiaaliltaan identtiset rihmasto-  
tojen osat voivat olla suorassa yhteydessä toisiinsa pitkienkin matkojen päästä. Toisaalta jokin häiriö, kuten sienä syövä sukkulamato, saattaa katkaista yhteyden. Tämä ei estä rihmoja yhdistymästä uudelleen, jos ne sukkulamadon aterioitua kasvavat uudestaan toistensa läheisyyteen. Onko tällainen rihmasto siis ensin yksi yksilö ja hetkellisesti kaksi yksilöä? Vai pysyykö rihmasto yhtenä yksilönä, vaikka suora rihmastoyhteys on poikki?

Jotkut metsämaan sienikloonit voivat peittää hehtaarin kokoisen alueen (Andrei 2015). Niiden rihmastoissa kulkee solulimaa melko hitaasti ja nestettä hiukan nopeammin paksuissa rihmastojänteissä. Samalla kulkee myös sähköisiä viestejä hyvin nopeasti.

Eri sienillä on todettu erilaisia sähköisiä viestintätapoja. Jotkut tutkijat puhuvat jopa sienten eri kielistä ja spekuloiivat sitä, miksi jotkut sienet vaikuttavat puheliaammilta kuin toiset (Joosse 2022). Mutta kuinka pitkälle nämä sienten erilaiset viestit kulkevat? Kuinka paljon ne vaikuttavat rihmaston eri

osien toimintaan? Kuinka läheisessä vuorovaikutuksessa rihmaston eri solujen tulee olla, jotta kyseessä olisi vielä sama yksilö?

Eri eliöiden muodostamat rihmastot ovat myös erilaisia. Miten suhtautua sukasiimaisiin kuuluviin verkkolimasieniin (Labyrinthulomycetes), joiden solukloonit kulkevat yhteisissä putkissa limittäin ja lomittain, kommunikoivat keskenään ja jakavat intiimisti elinympäristönsä? Jos solu voi muuttaa paikkaa suhteessa toiseen soluun helpommin kuin tavallisessa sienirihmassa, muuttuuko verkosto yksilöstä useiden soluyksilöiden muodostamaksi yhteisöksi?

Entäpä verkkolimasieniä vielä hiukan itsenäisemmin elävät limakot (Eumycetozoa)? Ne viettävät suuren osan elämästään yksittäisinä amebamaisina soluina viljellen lempibakteereitaan. Kuitenkin hädän tullen ne kokoontuvat yhteisiksi organisoiduiksi massoiksi optimoimaan ruoan keräilyä ja muodostamaan itiöpesäkkeitä, joissa solut erilaistuvat erilaisiin tehtäviin.

Joidenkin limakoiden solut sulautuvat yhteen yhdeksi jättimäiseksi soluksi, jossa

on miljoonia tumia (Härkönen ja Sivonen 2011). Onko tällainen solu yksilö vai yksilöiden muodostama yhteisö? Entäpä sienijuuria kasvien kanssa muodostavat keräsienet, joiden pitkissä solussa on satoja erilaisia tumia? Nämä tumat kilpailevat keskenään, ja tilanteen mukaan tietynlaiset tumat voivat yleistyä toisten kustannuksella (Kokkoris ym. 2020). Ovatko nämä tumat oikeastaan yksilöitä? Onko yksi keräsienisoluu yksilö? Vai onko kokonainen rihmasto, jonka osat ovat erilaistuneet eri tehtäviin yksilö?

Yksittäisiä bakteerisoluja on ollut tapana pitää yksilöinä. Todellisuudessa harvat bakteerit selviytyvät luonnossa yksin, vaan ne muodostavat biofilmejä, joissa on erilaisia jäseniä ja solut erilaistuvat eri tehtäviin. Myös aivan tavallisessa yhdestä bakteerikloonista kasvaneen bakteeripesäkkeen eri osissa elävät bakteerit kommunikoivat keskenään, erilaistuvat tekemään eri tehtäviä ja toimivat yhdessä koko kolonian hyväksi (Mukherjee ja Bassler 2019).

Bakteerien biofilmien solut ovat pitkälle erilaistuneita. Ne eivät välttämättä enää tule toimeen ilman bakteeritovereitaan, vaikka ovatkin periaatteessa yksisoluisia eliöitä. Esimerkiksi sädebakteerit voivat tuottaa rihmoja, joiden solut muodostavat suoja-  
pintoja sekä kuljetuskanavia, joita pitkin kuljetetaan ravintoa pitkienkin matkojen päästä (Wilkin ym. 2013.). Jotkut bakteerisolut voivat lähteä yhteisöstä kasvattamalla liikkumista helpot-

tavan hännän, mutta osa soluista ei enää pysty ohjelmoitumaan uudestaan, vaan ne kuolevat, kun olosuhteet biofilmissä muuttuvat. Missä siis menee yksilöiden muodostaman yhteisön ja monista soluista yhteisesti muodostetun yksilön raja?

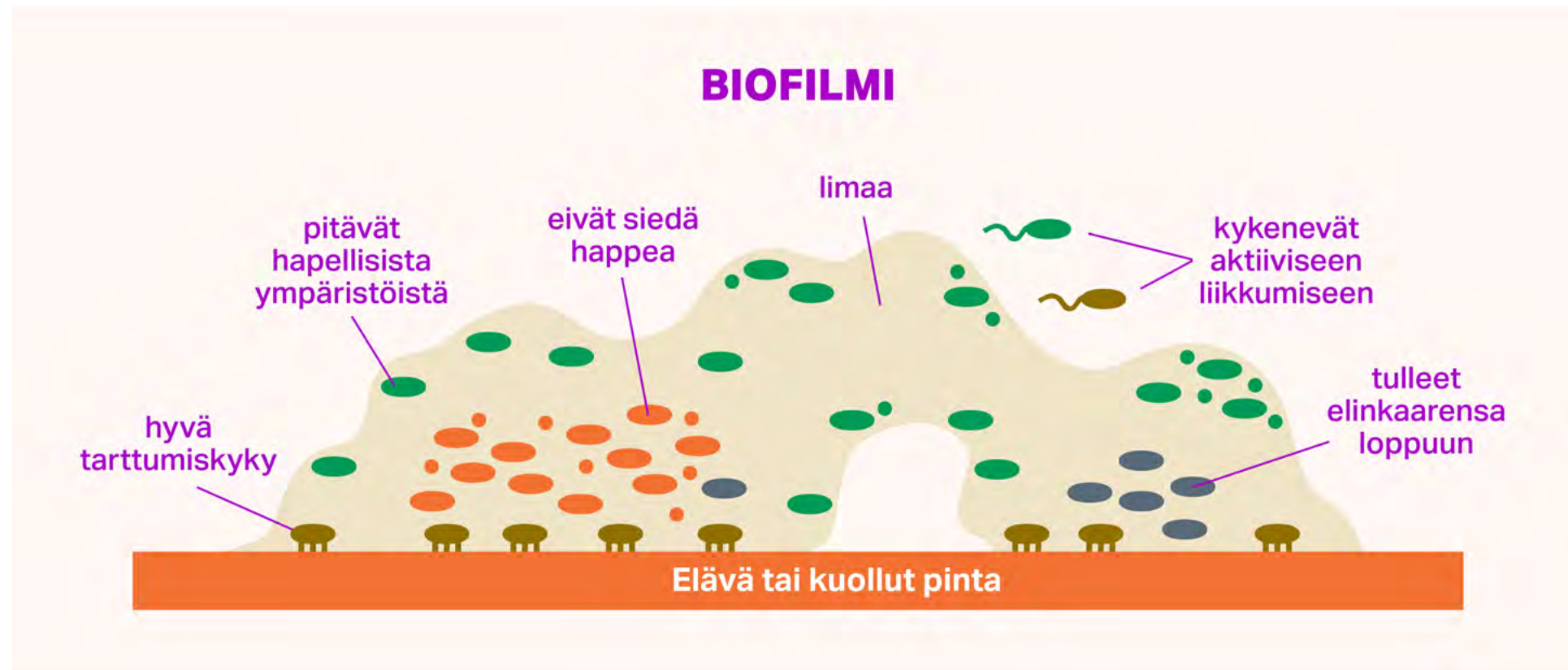
### SUKUSOLUT JA LISÄÄNTYMINEN

Yksilön rajaamisessa yhtenä pulmana on myös lisääntyminen. Missä vaiheessa jälkikasvu, kuten uusi solu, solurypäs tai biofilmi, on yksilö? Raja itsenäisten omaa elämää viettävien sukusolujen, yksilöiden ja emoyksilönsä osana tai vain hetkellisesti yksinään liikkuvan satelliittisolun välillä on liukuva.

Selkärankaisten osalta päättely on perinteisestä näkökulmasta helppoa. Perimältään kaksinkertaista eliötä on ollut tapana pitää yksilönä, jos sillä on potentiaalia jossakin vaiheessa elää itsenäistä elämää. Näin tarkasteltuna hedelmöittynyt munasolu on jo omanlaisensa yksilö.

Riippuvuus emoyksilöstä vaihtelee selkärankaisten välillä suuresti. Kalojen hedelmöittynyt kutusolu on jo aika lailla omillaan, kun puolestaan kissan hedelmöittynyt munasolu vaatii pitkän kehitysajan emon sisällä sekä huoltoa kehon ulkopuolella, ennen kuin kissa on valmis itsenäiseen elämään.

Sukusolujen tai perimältään yksinkertaisten tumallisten solujen elämänkaaret vaihtelevat paljon eri eliöryhmissä. Jo eläinten



Usean lajin muodostaman biofilmin perustan muodostavat usein mikrobit, joilla on hyvä tarttumiskyky (ruskea). Ne erittävät ympärilleen limaa, johon muidenkin on helppo tarttua. Biofilmin sisäosissa saattaa elää bakteereita tai arkeoneja, jotka eivät siedä happea ainakaan suurina määrinä (oranssi). Pintaosissa elää erilaisista hapellisista ympäristöistä pitäviä mikrobeja (vihreä). Monet mikrobit tulevat elinkaarensa loppuun biofilmissä (harmaa). Tällöin niiden sisältämät ravinteet käytetään muiden ruuaksi. Monet mikrobit myös käyttävät toistensa ylijäämätuotteita ravintonaan eivätkä tule toimeen ilman näitä kumppanimikrobeja. Biofilmin pintaosasta irtoaa aktiiviseen liikkumiseen kykeneviä mikrobeja.

joukosta löytyy paljon esimerkkejä, joissa yksilön rajaaminen ei onnistu yhtä helposti kuin selkärankaisilla.

Otetaan esimerkiksi vaikkapa mehiläiset. Onko perimältään yksinkertainen kuhhuri yksilö vai vain erityisen pitkälle kehittynyt siittiösolujen säiliö? Ovatko täysin toisistaan riippuvaiset, lisääntymiskyvyttömät työläiskloonit oikeastaan yksilöitä vai osa yhtenäistä bio-

filmiä, jossa jotkut solut ovat kiinteämmässä yhteydessä toisiinsa kuin toiset?

Kantasienet eli meille tutut haperot ja käävät elävät suurimman osan elinkierrostaan hedelmöittymättöminä kaksitumaisina rihmoina. Jos tätä elämänvaihetta verrataan selkärankaisiin, niin se muistuttaa hetkeä, jolloin siittiö on tunkeutunut munasolun sisään, mutta tumat eivät vielä ole yhtyneet.

Kotelosienet, kuten korvasienet tai penselihomeet, puolestaan viettävät pääosan elämästään ”sukusoluvaiheessa”. Selkäränkainäkökulmasta sukusolut viettävät itseinäistä elämää. Vain joskus kohdatessaan ne muodostavat lyhyeksi hetkeksi perimältään kaksinkertaisen solun, joka yleensä nopeasti tuottaa uusia ”sukusoluja”. Monet kotelosienet eivät tunnu välittävän suvullisesta

lisääntymisestä lainkaan, eikä niiltä ole toistaiseksi löydetty suvullisia muotoja. (Timonen ja Valkonen 2018.)

## PERIMÄLTÄÄN ERILAISTEN SOLUJEN YHTEISÖT

Entäpä yhteisöt, joissa on monia erilaisia eliöitä? Tyypillisessä biofilmissä on monia erilaisia soluja, joista osa voi olla tumallisia ja osa tumattomia. Nämä solut kommunikoivat keskenään ja vaihtavat aineenvaihduntatuotteita. Ne vaikuttavat toistensa geenien ilmenemiseen, kasvuun ja toimintaan. Joskus biofilmeissä elävät solut kykenevät ainakin hetkellisesti elämään ilman kumppaneitaan, mutta tyypillisesti solut tarvitsevat tovereita.

Jäkälät ovat yksi esimerkki biofilmistä, jossa sienet ja viherlevät tai yhteyttävät bakteerit auttavat toisiaan hyvinkin vakiintuneissa suhteissa. Aiemmin jäkäläbiofilmit määriteltiin ulkonäkönsä mukaan tietyiksi lajeiksi. Nykyään jäkälät saavat lajinimensä sienisymbiontin mukaan, sillä yhteyttävän symbiontin vaihtuessa jäkälän ulkonäkö voi dramaattisesti muuttua. Esimerkiksi tupsalejäkälän (*Ricasolia amplissima*) väri muuttuu vaaleanharmaasta, sileästä kasvustosta lähes mustaksi muhkurakasvustoksi symbiontin vaihtuessa viherlevästä syanobakteeriksi.

Yleensä jäkäläsienet eivät kykene kovin hyvin itsenäiseen elämään, vaikka niitä voisikin jonkin verran kasvattaa laboratorio-oloissa.

Kasvattaminen on kuitenkin vaikeaa ja hidasta, ja se vaatii samaan tapaan erikoisolot kuin ihmissolujen laboratorioskasvatus. Jäkälän viherlevät ja bakteerit voivat hiukan vaapaammin vaihtaa isäntää tai joskus elää jopa yksikseen. Toki jäkälässä eläminen parantaa niiden mahdollisuuksia levittäytyä alueille, joissa ne eivät yksikseen selviytyisi.

Jäkälissä elää tyypillisesti monenlaisia muita eliöitä kuin ensisijainen isäntä ja yhteyttävä symbiontti. Jotkut näistä eliöistä voivat tuottaa vaikkapa UV-valolta suojaavia väriaineita tai vain loisia suojaisassa ympäristössä (Spribile 2016).

Jäkälän kaltaisissa kiinteissä symbiooseissa jo lajin määrittäminen tuotti ongelmia ennen tehokkaita DNA-analysejä. Vielä hankalampaa on määrittellä, missä menee jäkäläyksilön rajat. Onko kiven peittävä poronjäkälämatto yhtä yksilöä, ja onko siitä irtoava itsenäistä elämää aloitteleva jäkälänpala myös yksilö? Voiko ilman symbionttia ilmassa leijaileva sieni-itiö olla yksilö, vaikka se ei pysty elämään, ellei se löydä itselleen sopivaa kumppania?

Keräsienten kohdalla asiaa vielä mutkistaa sinisolujen sisällä asuvat bakteerit, jotka ovat sopeutuneet juuri tähän elinympäristöön. Osalla keräsienistä on niiden kanssa pitkä yhteinen evoluutio. Bakteerit auttavat sieni-itiöitä itämään, rihmoja kasvamaan ja muokkaamaan ympäristöään (Bianciotto ym. 2000). Missä vaiheessa nämä bakteerit voidaan laskea osaksi sienisolua samoin kuin

bakteereista kehittyneet mitokondriot, joita ilman sieni ei voi elää?

Keräsienet ovat myös täysin riippuvaisia kasvikumppaneistaan. Kestoitiöt voivat säilyä vuosia maassa passiivisina ja itsenäisinä, mutta ilman aktiivista yhteyttä kasviin keräsienten solut eivät et eivät toimi tai kasva. Myös useimmat kasvit ovat riippuvaisia keräsienistä selviytyäkseen luonnossa. Jos kasvi on ravinteiden saannissaan täysin riippuvainen sienikumppanistaan, voidaanko sitä pitää itsenäisenä yksilönä vai onko kyseessä erilaisten solujen biofilmi, jossa tehtävät on jaettu eri solujen ominaisuuksien mukaan?

Lisäksi on erilaisia kiinteästi sienien ja kasvin pinnoilla eläviä bakteereita, jotka auttavat liottamaan esimerkiksi fosforia sienille ja kasveille sopivaan muotoon. Kun otetaan ne huomioon, solujen yhteiselo muuttuu yhä moninaisemmaksi ja yksilön rajat hämärtyvät (Frey-Klett ym. 2007).

### LISÄÄ SOLUJEN SEKOITUKSISTA

Kaikki selkärangaiset ja itse asiassa kaikki eläimet, monisoluiset ja tumallisetkin ovat kehittyneet ympäristössä, jossa on paljon erilaisia tumattomia. Sellaista tumallista eliötä ei ole olemassa, joka olisi riippumaton tumattomista ja jonka ei tarvitsisi elämässään ottaa huomioon tumattomia.

Tumalliset eliöt ovat alun perin syntyneet tumattoman arkeonin ja bakteerin



Missä jäkäläyksilön rajat kulkevat?

yhteistyön seurauksena. Tämä tapahtui ympäristössä, jossa eliöt jo olivat jatkuvassa kanssakäynnissä monien muiden eliöiden kanssa. Arkeonien nielaisemista bakteereista kehittyi pikkuhiljaa arkeonisolusta täysin riippuvainen mitokondrio, ja arkeonit luovuttivat energiantuotantonsa bakteerin hoidettavaksi (Timonen ja Rinta-Kanto 2017). Pikkuhiljaa tästä tehokkaasta symbioosista muodostuivat tumalliset eliöt, jotka selvisivät eliöiden keskinäisessä kilpailussa erittäin hyvin.

Yhä tänä päivänä niin ihmiset kuin muutkin tumalliset ovat erikoinen sekoitus sisäkäisiä ja vierekkäisiä erilaisia soluja – siis yhdenlainen biofilmi. Ihmisbiofilmmissä on ihmissolujen lisäksi monenlaisia muita välttämättömiä soluja. Ihmisen iho, limakalvot ja suolisto ovat pullollaan erilaisia bakteereita, arkeoneja ja sieniä, joiden toiminta on välttämätöntä ihmisen hyvinvoinnin ja elossapysymisen kannalta.

Erilaiset eliöt toimivat jatkuvasti yhdessä ihmissolujen kanssa, jotta kokonaisuus py-



KUVAN LÄHDE: UNSPLASH

**Yhteen mehiläisyhdyskuntaan kuuluu usein kymmeniätuhansia mehiläisiä.**

syisi toimintakykyisenä ja pystyisi suojautumaan ulkoa tulevia uhkia vastaan. Erilaiset solut kommunikoivat jatkuvasti keskenään ja vaikuttavat toistensa toimintaan. Esimerkiksi suolistobakteereilla tiedetään olevan valtava vaikutus ihmisen terveyteen ja mielentilaan (Madison ja Kiecolt-Glaser 2017).

Ihmiskeho on riippuvainen sen erilaisista soluista, olivatpa ne tumallisia tai tumattomia. Ilman erilaisia mikrobeja ihmiskeho kuolee. Toisaalta osa näistä mikrobeista voi

vaihtua, ja normaalielämässä saamme päivittäin uusia mikrobisoluja niin muilta ihmisiltä kuin ruoasta tai hengittämästämme ilmastakin.

### ONKO IHMINEN YKSILÖ?

Missä siis menevät peruskoulussa niin selkeän ihmisyksilön rajat? Vaihtoehtoja on monia. Ihmisyksilö voisi olla vain diploidit ihmissolukloonit sisältävä yksikkö. Tällöin

## Saamme päivittäin uusia mikrobisoluja niin muilta ihmisiltä kuin ruoasta tai hengittämästämme ilmasta.

ihmisen sukusolut eivät olisi osa kyseistä yksilöä vaan osa erillisiä potentiaalisia yksilöitä. Ihmisyksilö voisi myös olla sellainen hetkellinen yksikkö, joka sisältää kaikki ihmiselle tarpeelliset ihmis- ja mikrobisolut sekä lisääntymiseen tarvittavat solut.

Voi myös ajatella, että jokainen ihmisbiofilmin solu on oma yksilönsä, jolla on tärkeä rooli äärimmäisen pitkälle organisoitussa ihmisen muotoisessa biofilmissä. Tämän biofilmin eri yksilöt ajoittain kuolevat, vaihtuvat tai lisääntyvät, ja näin se muuttuu muiden biofilmien tapaan syntymästä biofilmin hajoamiseen asti. Voi myös ajatella, että ihmiset ovat vain yksi muuttuva osa maapallon biomin laajempaa biofilmiä, jossa solut organisoituvat erilaisiksi biofilmeiksi hajotakseen jälleen ja muodostaakseen erilaisia biofilmejä.

—  
*Sari Timonen on mikrobiologian vanhempi yliopistonlehtori Helsingin yliopistossa.*

### KIRJALLISUUS

- Andrei, M. 2015. The largest organism in the world. <https://www.zmescience.com/feature-post/natural-sciences/animals/animal-facts/largest-organism-world-mushroom>. Viitattu 2.9.2025.
- Bianciotto, V., Lumini, E., Lanfranco, L., Minerdi, D., Bonfante, P. ja Perotto, S. 2000. Detection and Identification of Bacterial Endosymbionts in Arbuscular Mycorrhizal Fungi Belonging to the Family Gigasporaceae. *Appl Environ Microbiol* 66, 4503–4509.
- Frey-Klett, P., Garbaye, J. ja Tarkka, M. 2007. The mycorrhiza helper bacteria revisited. *New Phytologist* 176, 22–36.
- Härkönen, M. ja Sivonen, E. 2011. *Limasienet*. Helsinki: Botanical Museum, Finnish Museum of Natural History.
- Joose, T. 2022. Mushrooms may 'talk' to one another with up to 50 words. <https://www.science.org/content/article/mushrooms-may-talk-one-another-50-words>. Viitattu 2.9.2025.
- Kokkoris, V., Stefani, F., Dalpé, Y., Dettman, J. ja Corradi, N. 2020. Nuclear Dynamics in the Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Trends in Plant Science* 25, 765–778.
- Madison, A. ja Kiecolt-Glaser, J. K. 2017. Stress, depression, diet, and the gut microbiota. Human–bacteria interactions at the core of psychoneuroimmunology and nutrition. *Current Opinion in Behavioral Sciences* 28, 105–110.
- Mukherjee, S. ja Bassler, B. L. 2019. Bacterial quorum sensing in complex and dynamically changing environments. *Nat Rev Microbiol* 17, 371–385.
- Spribille, T., Tuovinen, V., Resl, P., Vanderpool, D., Wolinski, H., Aime, M. C. ja Mccutcheon, J. P. 2016. Basidiomycete yeasts in the cortex of ascomycete macrolichens. *Science*, 353(6298), 488–492.
- Timonen, S. ja Rinta-Kanto, J. M. 2017. Jokapaikan arkeonit. *Globaalit vaikuttajat*. *Natura* 54, 32–33.
- Timonen S. ja Valkonen J. 2018. *Sienten biologia*. 2. painos. Helsinki: Gaudeamus.
- Wilking, J. N., Zaburdaev, V., De Volder, M., Losick, R., Brenner, M. P. ja Weitz, D. A. 2013. Liquid transport facilitated by channels in *Bacillus subtilis* biofilms. *Proc Natl Acad Sci USA* 110, 848–852.

# KATSE MENNEISYYDEN ELÄIMIIN



Historiantutkimuksessa on alettu luodata sitä, miltä eläinten eletty elämä on näyttäytynyt eri aikoina. Esimerkiksi sikojen todellisuus muuttui radikaalisti, kun 1900-luvun alun Suomessa alettiin rakentaa jyhkeitä kivi- ja sementtisikaloita. Eläinten näkökulma maatalouden kaupallistumiseen on aiemmin jäänyt aiemmin vähälle huomiolle.

**E**läinten tutkiminen on yleistynyt ihmistieteissä erityisesti 2000-luvulla. Nykyään puhutaan yleisesti ihmistieteellisestä eläintutkimuksesta, jonka kohteena ovat eläimet sekä ihmisten ja eläinten väliset suhteet (englanniksi *human-animal studies*) (Shapiro 2020). Eläinten näkökulmien, kokemusten ja toiminnan nostaminen analyysin kohteeksi kertoo siitä, että eläinten kognitiivisia kykyjä, tunteita ja käyttäytymistä koskeva tieto on monipuolistunut ja muuttanut käsityksiämme eläimistä.

Ihmistieteellisessä eläintutkimuksessa on usein vahva posthumanistinen pohjavire, jolla viitataan ihmiskeskeisyyden jälkeiseen aikaan: Alan tutkimukselle tyypillisiä piirtei-

tä ovat juuri ihmiskeskeisyyden kritiikki sekä eläinten ja ihmisten välille muodostuneiden hierarkioiden kyseenalaistaminen ja purkaminen (Latva ja Lähdesmäki 2020, 33–35).

Eläimellinen käänne näkyy myös historiantutkimuksessa. Eläimiin keskittynyt historiantutkimus, tutummin eläinhistoria, tarkastelee yhteiskunnallisia muutoksia esimerkiksi analysoimalla, miten erilaiset kehityskulut ovat vaikuttaneet eläinten elämään ja kokemuksiin. Siinä voidaan tarkastella myös sitä, miten eläimet itse ovat toimineet erilaisten aikojen ja paikkojen muovaamissa olosuhteissa.

Historiantutkimus on jo ennen eläinkäännettä tunnistanut eläinten roolin esimerkiksi ruuantuotannon osana, työvoimana ja viih-

---

**Siat viettävät aikaa Laitilan osuusmeijerin sikalassa vuonna 1954.**

## Jos nykytietoa projisoidaan menneisyyden eläimiin ilman riittävän kriittistä otetta, käsityksemme eläinten eletyn elämän historiallisuudesta kärsii.

teenä. Se on silti analysoinut ensisijaisesti ihmistoimijoita ja -toimintaa ja samalla tuottanut eläimistä usein yksioikoisiksi jääviä ja yleistäviä tulkintoja (Ritvo 2022, 404–405). Eläintutkimus on haastanut tätä alan ihmiskeskeistä tutkimusperinnettä ja erityisesti sitä, millaisina näemme menneisyyden tutkittavat eläimet.

Historiantutkimus tuottaa ja uusintaa käsityksiä eläimistä, joten ei ole yhdentekevää, miten eläimistä kirjoitetaan alalla tai miten eläintä kerrotaan. Myös historiantutkimuksen on siis osattava ottaa huomioon muuttuneet käsitykset eläimistä ja eläinten moninaisista kyvyistä ja ominaisuuksista. Historiantutkimus voi omalta osaltaan olla eläimiä tutkiva tieteenala, joka aktiivisesti edistää eläinten näkökulmien ja kokemusten tunnistamista sekä vaikuttaa siihen, miten ja minkälaista tietoa eläimistä tuotetaan.

Historiantutkimuksen vahvuudet soveltuvat erinomaisesti eläinten tutkimiseen.

Niihin lukeutuu esimerkiksi kyky ymmärtää eläimiä menneisyyden erilaisissa konteksteissa. Olennaista ei kuitenkaan ole vain menneisyys, vaan historiantutkimus käsitetään myös tieteenalana, joka luo todellisuutta ja vaikuttaa tulevaisuuteen (Latva ja Lähdesmäki 2020, 20, 35–36; Vuolanto 2025).

Eläinhistorian vahvuus on myös osoittaa, miten maailma on rakentunut muiden kuin ihmisten toimesta tai missä määrin muilla eläimillä on ollut tilaa rakentaa maailmaa. Kyse on ihmisen vastuusta pyrkiä ymmärtämään oman toimintansa seurauksia ja vaikutuksia. Parhaimmillaan eläinhistoria syventää ymmärrystämme muista eläimistä ja auttaa meitä paremmin tiedostamaan ihmisen roolia siinä, millaiseksi muiden lajien yksilöiden elämä muovautuu. Uusi eläimiä koskeva tieto auttaa historiantutkijaa esittämään entistä parempia kysymyksiä menneisyyden eläinten eletystä elämästä ja kokemusmaailmasta (Fudge 2017, 267–268). Se

voi auttaa esimerkiksi ymmärtämään eläinten käyttäytymistä ja kehonkieltä tai arvioimaan, mikä on ollut eläimille tärkeää eri elinympäristöissä.

Ohjaavana periaatteena eläinhistoriassa on, että eläimiä on ymmärrettävä ensisijaisesti oman aikansa ja paikkansa kontekstissa. Jos nykytietoa projisoidaan menneisyyden eläimiin ilman riittävän kriittistä otetta, käsityksemme eläinten eletyn elämän historiallisuudesta kärsii – eläimistä tulee herkästi historiattomia olentoja, joiden maailmassa oleminen näyttäytyy vuosisadasta toiseen samankaltaisena (Benson 2011, 7). Tällöin esimerkiksi eläinten eletyn elämän ja yhteiskunnallisten kehityskulkujen välinen suhde jää helposti vaille tarpeellista huomiota.

Yksi eläinhistorian vahvuuksista on osoittaa, miten eri eläimet ovat kokeneet yhteiskunnallisia muutoksia ja rakenteita tai miten eläimet ovat vaikuttaneet yhteiskunnan toimintojen ja instituutioiden kehittymiseen. Yhteiskunta, kulttuuri ja erilaiset instituutiot ovat läsnä eläimille esimerkiksi eri ympäristöissä ja käytännöissä, joita eläimiin kohdistetaan (Nance 2013, 9–10; Schuurman ja Syrjämaa 2021, 183).

Analyysi siitä, millaista yhteiskunnassa on elää ja millaisia kokemuksia yhteiskunta tuottaa, on ulotettava eläimiin. Eläinhistoriasa katse onkin kääntynyt muun muassa tuotantoeläimiin, joiden eläimiin ihmisten teot ratkaisevasti vaikuttavat. Itse olen tutkinut

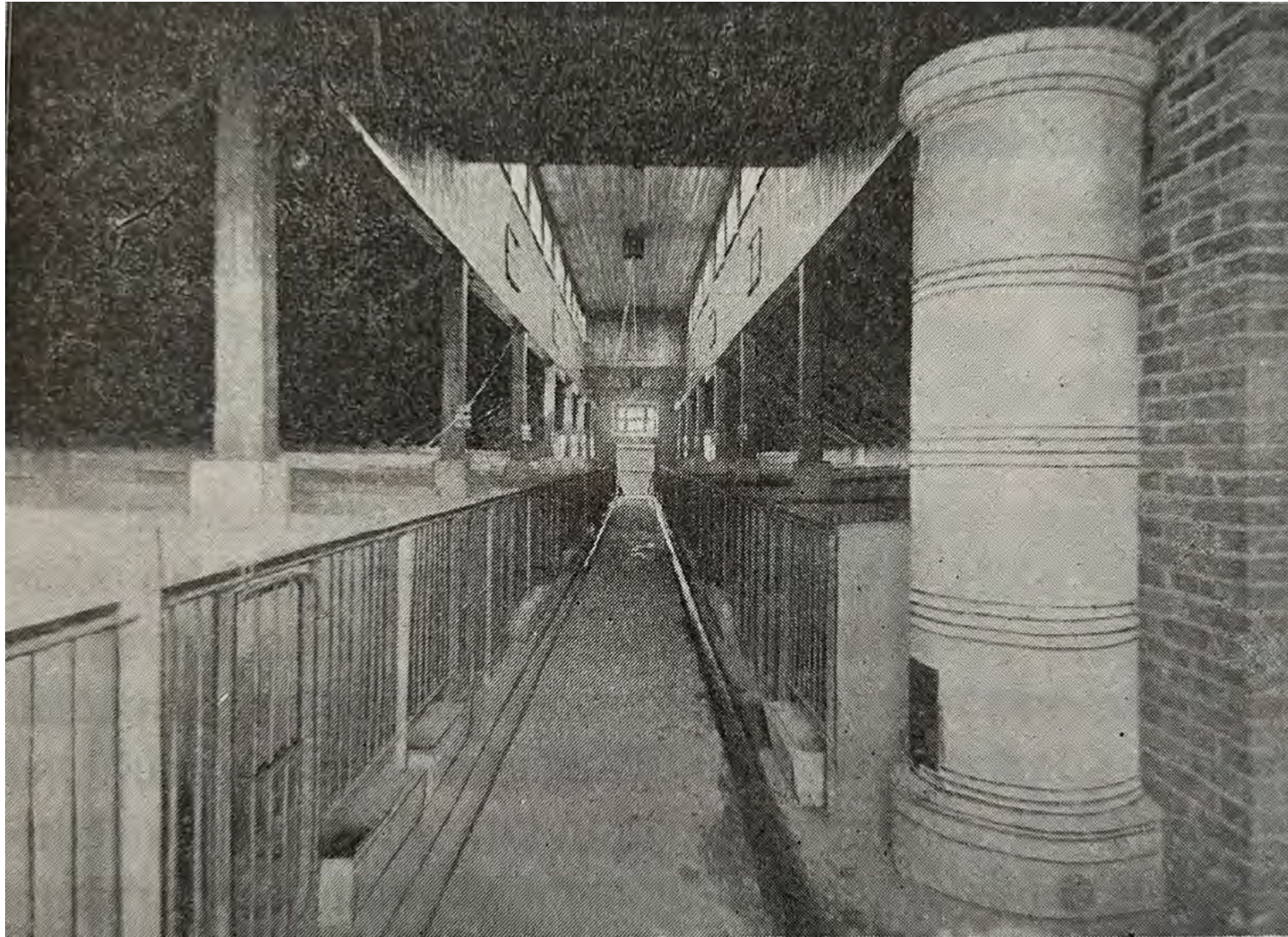
erityisesti sitä, miten kaupallistuminen ja maatalouden modernisaatio määrittivät sikojen elettyä todellisuutta 1900-luvun alun Suomessa.

### SIKALOISSA ELETTY ELÄMÄ

Sioilla oli vielä 1800- ja 1900-lukujen taitteessa niin sanotusti maankulkijan maine: sikojen pito oli pitkään perustunut oma-varaisessa maataloudessa siihen, että siat hankkivat ravintonsa itsenäisesti ja kulkivat maatilaa lähiympäristössä melko vapaasti ja omatoimisesti. Pihapiirissä oli usein pieni, puinen sikolähti, jota hyödynnettiin esimerkiksi silloin, kun siat haluttiin sulkea rajuun tilaan lihotettavaksi tai emakkosian porsimisaika lähestyi.

Vuosisatojen taitteessa tällainen toiminta nähtiin vanhakantaisena tapana pitää sikoja, eikä sen katsottu soveltuvan kaupallisesti kannattavan sikatalouden tarpeisiin. Pyrkimykset kasvattaa kotimaista silavan ja sianlihan tuotantoa muuttivat sikojen elämää hyvin kokonaisvaltaisesti 1900-luvun alussa. Muutoksia tehtiin niin sikojen ruokintaan, jalostukseen, hoitotoimenpiteisiin kuin tiloihinkin. Uudet, oman aikansa modernit ja jyhkeät kivi- ja sementtisikalat symboloivat sikatalouden taloudellisen merkityksen kasvua.

Sikaloiden muovautuminen tuottavamman sikatalouden tarpeisiin oli prosessi, jonka vaiheista voi tulkita myös menneisyyden



KUVAN LÄHDE: ILKKA 1912

**Orismalan maatalouskoulun kivisikala rakennettiin vuonna 1903. Lattiat, käytävä, karsinoiden väliseinät sekä ruokakaukalot oli tehty betonista. Sikala oli mitoitettu 22 porsivalle emakolle, kahdelle karjulle ja kolmelle syöttösialle eli lihotettavalle sialle.**

sikojen näkökulmia ja kokemuksia. Uusissa sementtisikaloissa tavoiteltiin kestävyyttä. Kaupallisessa tuotannossa sikoja kasvatettiin lukumääräisesti enemmän. Samalla sikalan olosuhteet muuttuivat sen rakenteille ja materiaaleille entistä kuluttavammiksi, sillä niitä alkoivat koetella nestepitoinen

rehu, kuten hera ja kuorittu maito, sekä sianlanta, jota tuottivat kymmenet, paikoin sadat siat.

Sementtisikaloihin kohdistui 1920-luvulle tultaessa myös kritiikkiä, jossa korostuivat erityisesti kaksi asiaa: rakennukset olivat usein kalliita mutta harvoin sioille mieluisia

(katso esimerkiksi Pihkala 1926, 41). Sikalarakentamisessa oli oleellisesti läsnä pohdinta siitä, millainen oli sialle hyvä elinympäristö ja millaisista olosuhteista siat pitivät.

Maatiaissikoja jalostanut ja kasvattanut **Rurik Pihkala** kirjoitti sementtisikaloiden huonoista olosuhteista vuonna 1926 ja tote- si, että sen tyyppisissä sikaloissa ”on makuu- paikka kylmä, kova ja lisäksi vaativat ne paljon kuivikkeita”. Jos vielä karsinaseinät ovat sementistä sekä korkeat ja pimeät, saatoim- me Pihkalan mukaan ”tuskin ajatella sioille epämieluisempaa olinpaikkaa” (Pihkala 1926, 41).

Sikalarakentamisen lisäksi sianhoidon käy- tännöt olivat muutoksessa. Sikojen ympäri- vuotinen sisäkasvatus sikalassa yleistyi, mikä herätti keskustelua ainaisen sikalassa oles- kelun riskeistä sioille: ongelmallisina asioi- na nähtiin tilan ahtaus, liikunnan vähyy- s, auringonvalon puute ja se, ettei sioilla ollut mahdollisuutta maaperän tonkimiseen.

Pihkala esittikin, että sikojen tulisi voida sikalassa ”yhtä hyvin kuin kesällä, vapaassa luonnossa” (Pihkala 1926, 41). Hän osoitti,

**Puutostiloista kärsivät siat olivat apaattisia ja laihtuneita, ja niiden yleinen kunto oli selvästi heikentynyt.**

että sikojen ulkona oleskeluun liittyi positiivisia mielikuvia. Tätä sikojen kesäistä ”viihtymistä” eli tervettä ja tyytyväistä olemusta oli hankalampi saavuttaa oman aikansa moder- neissa sikalataloissa.

### **SIKOJEN KEHOJEN JA KÄYTTÄYTYMISEN JÄLJET**

Sikojen käyttäytyminen, kehonkieli ja terveydentila olivat keino arvioida sitä, miten sikalarakennukset ja hoidon käytännöt ovat (epä)onnistuneet. Rakennusmateriaalien jyr- siminen, virtsan juominen, liikkumisvaikeu- det, puutostaudit, aggressiivinen käyttäyty- minen ja uusien sairauksien ilmaantuminen olivat kaikki tekijöitä, jotka liitettiin sioille epämieluisiin sikalataloihin tai epäkohtiin sikojen hoidossa (Nikkilä 2024,110–128, 200–206). Sellaisenaan ne olivat myös ele- tyn todellisuuden jättämiä jälkiä, joista on mahdollista jäljittää sikojen kokemia asioita 1900-luvun alun Suomessa.

Esimerkiksi ravitsemukselliset puutteet oli- vat tavanomaisia. Etenkin sikalan rakenteiden

jiyrsiminen, virtsan juominen, anemia ja riisitauti olivat selviä merkkejä sikojen kokemista puutteista. Puutostiloista kärsivät siat olivat apaattisia ja laihtuneita, ja niiden yleinen kunto oli selvästi heikentynyt: siat raahasivat ”sairaina takapuoltaan” (I. K. 1936, 358), tulivat koukkuselkäksi ja kärsivät moninaisista oireista aina hengitysvaikeuksista ruokahaluttomuuteen (R. S. 1933, 154–155).

Kun tällaiset ongelmat yhdistettiin uusiin sikaloihin, ei ole yllättävää, että sikaloiden olosuhteisiin suhtauduttiin huolestuneesti. Kyse oli lopulta sekä tilojen että käytäntöjen yhteisvaikutuksesta: sikoja saatettiin ruokkia liian yksipuolisesti, eikä sikalassa sioilla ollut edellytyksiä tonkia maaperästä tarpeellisia kivennäisaineita, kuten rautaa. Sikojen sisähoito sikalassa herätti keskustelua siitä, missä määrin sikoja saattoi kasvattaa pelkästään sikalassa ja olivatko esimerkiksi ulkoilun tuomat hyödyt, kuten auringonvalo, luontainen ravinto ja liikunta, korvattavissa sikalataloissa (katso Nikkilä 2025).

Toisaalta myös kylmyys ja kosteus olivat oikeita ongelmia. Pienet porsaatt eivät selvinneet kylmissä sikaloissa, ja kosteus loi otolliset olosuhteet monille taudinaiheuttajille. Jos taustalla oli myös puutteellista ravitsemusta, sikojen kehoissa ja käyttäytymisessä alkoi pian näkyä puutteen ja sairauksien kokemukset.

Sikojen liikkumisvaikeuksia ei kuitenkaan aina yhdistetty puutostiloihin: myös jatkuva

karsinassa oleskelu tuotti kankeasti liikkuvia sikoja. Etenkin siitossikojen liikkumisvaikeuksista oltiin huolissaan, sillä niiden riittävän hyvä fyysinen kunto mahdollisti esimerkiksi onnistuneet porsimiset. Ulkoilu säilytti asemansa etenkin siitossikojen hoidon muotona, sillä sen katsottiin merkittävästi edistävän emakoiden ja karjujen kokonaisvaltaista terveyttä.

Sikojen näkökulmasta keskustelu ulkoilun merkityksestä oli tärkeä, sillä modernisoituvassa ja kaupallistuvassa sikataloudessa kyse oli myös uudesta rajanvedosta sen suhteen, mikä oli ihmisen näkökulmasta kannattavaa sikojen hoitoa – juuri ulkoilun ja sisähoidon välisellä rajanvedolla oli erityisen paljon merkitystä sikojen eletyn elämän näkökulmasta.

Monet ulkotilat tarjosivat sioille luonnostaan enemmän mahdollisuuksia harjoittaa esimerkiksi tonkimista, mutta pinta-alaltaan isommissa tiloissa sikojen keskinäiselle kanssakäymiselle ja liikkumiselle oli myös tilaa. Erilaisten virikkeiden, kuten uusien äänien, hajujen, materiaalien ja tutkittavien asioiden määrä kasvoi ja vaihteli todennäköisemmin ulkotiloissa kuin suljetuissa sikaloissa (Nikkilä 2025).

Sikalassa ympäristön virikkeellisyys oli riippuvaisempi ihmistoiminnasta, ja tilan rajallisuus oli karsinatilan perusominaisuus. Suuremmat karsinakoot eivät lisänneet lihotussikojen käytössä olevaa tilaa, vaan sikoja kasvatettiin entistä isompina ryhminä,



**Emakko porsaineen ovat puisen makuulavan päällä karsinassa vuonna 1939.**

jolloin yksittäisen sian elintila kapeni. Emakot synnyttivät porsaansa lähes poikkeuksetta karsinatilassa, mutta jo 1930-luvulla suomalaisissa sikaloissa oli kokeilussa myös rajatumpi tila, emakon liikkumista voimakkaasti rajaava suojuslaatikko. Nykyisin sitä kutsutaan porsitushäkiksi. (Salokangas 1933, 229.)

Kivennäisaineiden tai vitamiinien lisääminen ruokaan auttoi ennaltaehkäisemään puutostiloja. Sikojen näkökulmasta ravinnonhankinnasta jäi tällöin silti puuttumaan maaperän tonkiminen ja ruuan etsiminen, mikä

oli niille tärkeä toiminnan muoto. Karsinatilassa keskeiseksi virikkeeksi muodostuivat tutkimis- ja tonkimiskäyttäytymiseen sopivat materiaalit, kuten puiset karsinan osat ja oljet. Esimerkiksi puun jyrsimisessä saattoi paikoin olla kyse sikojen pyrkimyksistä toteuttaa lajityypillistä käyttäytymistään tilan mahdollistamissa rajoissa. Myös kuivikkeiden määrä ja laatu vaikuttivat sikojen karsinaelämään sikalassa.

Sikojen halusta tonkia ja käyttää kärsäänsä on jäänyt erityisen hyvin jälkiä historial-

## Modernisoituva ja kaupallistuva sikatalous rakentui sen olettaman varaan, että sika oli syötäväksi tarkoitettu eläin.

lisiin aineistoihin: tonkiminen käsitettiin sioille tyypillisenä toimintana, joka oli ”niin sian luontoon kuuluva ominaisuus, ettei sitä pidä ihmetellä” (A. S. 1936, 313). Se oli käyttäytymistä, jota siat tekivät mielellään niin sisä- kuin ulkotiloissa, ja sen estyminen tai puuttuminen herätti keskustelua siitä, puuttuiko sikojen elämästä tällöin jotain perusteellisesti siihen kuuluvaa.

Sioille tonkiminen ja siihen liittyvät aistimukset, kuten haistelu ja maistelu, ovat olennainen tapa hahmottaa ja kokea maailmaa. Se on sioille palkitsevaa ja mielekästä tekemistä. Tonkimisen jättämät jäljet sekä oman aikansa fyysisessä tilassa että historiallisten aineistojen sivuilla kuvastavat käyttäytymisen tärkeyttä sioille ja sellaista modernisoituvan sikatalouden vaihetta, jossa sioilla on ollut edellytyksiä osoittaa tonkimisen mieluisuutta. Se kertoo myös siitä, minkälaisissa tiloissa tähän oli eniten mahdollisuuksia.

### ELETTY KAUPALLISTUMINEN

Käyttäytymisen ja kehojen kuvaukset ovat jälkiä sikojen eletystä elämästä. Ne voivat joh-

dattaa ajattelemaan menneisyyden tilanteita sikojen näkökulmista ja auttaa ymmärtämään laajemmin sitä, minkälaisia mahdollisuuksia ja rajoitteita yhteiskunnan rakenteet ovat eri yksilöille ja lajeille luoneet. Sikojen elämät olosuhteet ovat osoituksia siitä, millaista suhdetta yhteiskunnassa haluttiin rakentaa sikoihin.

Eletty sikatalouden kaupallistuminen 1900-luvun alun Suomessa ei ole sikojen näkökulmasta tarkasteltuna yhtenäinen tapahtumien sarja. Sikojen elämää muovasivat eri tavoin ruokinnan parannukset ja haasteet, sikaloiden erilaiset materiaalit, toiminnan skaala, ulkoilun merkityksen muutokset, uudet sairaudet sekä hoitotapojen eriytyminen lihotussikojen ja siitossikojen välillä. Sikojen elettyä elämää ei voida tarkastella erillään niistä periaatteista ja arvoista, jotka vaikuttivat sikojen elämänlaatuun, pituuteen ja olosuhteisiin.

Myös modernisoituva ja kaupallistuva sikatalous rakentui sen olettaman varaan, että sika oli syötäväksi tarkoitettu eläin. Tämä olettama määrittää edelleen suhdettamme nykysikoihin, vaikka tuotantoeläinten ase-

masta käydään ajoittain kiivastakin keskustelua julkisuudessa.

### ELÄIMET YHTEISKUNNAN KOKIJOINA

Kun eläimet käsitetään kokijoina yhteiskunnassa, tämä avaa uusia mahdollisuuksia yhteiskunnalliseen keskusteluun. Keskustelun kautta voisimme kulkea kohti yhteiskuntaa, joka olisi moniäänisempi ja -lajisempi: eläinten näkökulmia ja kokemuksia voitaisiin tarkastella ja huomioida paremmin osana neuvotteluja siitä, millaiseksi yhteiskuntaa rakennetaan. Tämä palautuu myös kysymykseen siitä, missä määrin muilla eläimillä kuin ihmisillä on mahdollisuuksia vaikuttaa elettyyn todellisuuteensa.

Kun eläinten näkökulmille annetaan tutkimuksessa enemmän tilaa, sen on mahdollista tukea sellaisen yhteiskunnan kehittymistä, jossa myös eläimillä on enemmän mahdollisuuksia toteuttaa omia lajityypillisiä tarpeitaan ja yksilöllisiä mieltymyksiään. Pyrkimys ymmärtää eläinten näkökulmia ja kokemuksia voidaan ajatella myös osana sivistyneen ihmisen tapaa olla suhteessa maailmaan: sivistyneellä ihmisellä käsitetään usein olevan monipuolista tieto-, arvostelu- ja toimintakykyä.

Esimerkiksi sivistystutkijat **Antti Moilanen** ja **Arto O. Salonen** ovat kehittäneet planeetaarisen sivistyksen teoriaa ja esittäneet, että sivistynyt ihminen ”kykenee tarkastelemaan erilaisia ilmiöitä eri alueiden, ajanjaksojen ja

ekosysteemien näkökulmasta sekä toimimaan tavalla, joka edistää inhimillistä ja ei-inhimillistä hyvinvointia koko planeetan mittakavassa” (Moilanen ja Salonen 2022, 63).

Eläinhistorialla on potentiaalia tukea planeetaarisen sivistyksen kasvua ihmisissä ja edellytyksiä edistää yhteiskunnallista keskustelua siitä, millaista vastuullinen kanssakäyminen muiden eläinten kanssa on.

—  
*Eeva Nikkilä on filosofian tohtori, jonka sianhoitoa 1900-luvun alun Suomessa käsitellyt väitöskirja tarkistettiin Turun yliopistossa vuonna 2024.*

### LÄHTEET

- A. S. 1936. Vastaus. Pellervo, no 12, 313.  
Ilkka, Mikko 1912. Sianhoitokirja. Helsinki: Otava.  
I. K. 1936. Kymenlaakson osuusmeijeri sikatalouden harjoittajana. Karjalous, no 12, 357–360.  
Pihkala, Rurik 1926. Sikaloistamme. Karjalous, no 2, 40–42.  
R. S. 1933. Pikkuporsaiden tavallisimmista taudeista. Karjalous, no 5, 152–155.  
Salokangas, Arne 1933. Sianhoidon käsikirja. Porvoo: WSOY.

### KIRJALLISUUS

- Benson, Etienne 2011. Animal Writes. Historiography, Disciplinary, and the Animal Trace. Teoksessa Making Animal Meaning. Toim. Linda Kalof ja Georgina M. Montgomery. East Lansing: Michigan State University Press, 3–16.  
Fudge, Erica 2017. What Was It Like to Be a Cow? History and Animal Studies. Teoksessa The Oxford Handbook of Animal Studies. Toim. Linda Kalof. New York: Oxford University Press, 258–278.

Latva, Otto ja Lähdesmäki, Heta 2020. Miten kertoa menneisyydestä ja rakentaa tulevaisuutta – historiasta, ihmisistä ja muista eläimistä. Teoksessa Me & muut eläimet. Uusi maailmanjärjestys. Toim. Elisa Aaltola ja Birgitta Wahlberg. Tampere: Vastapaino, 19–41.

Moilanen, Antti ja Salonen, Arto O. 2022. Planetaarinen sivistys. Kohti antroposeenin ajan sivistysideaalia. Kasvatus & Aika 16:2, 47–71.

Nance, Susan 2013. Entertaining Elephants. Animal Agency and the Business of the American Circus. Baltimore: John Hopkins University Press.

Nikkilä, Eeva 2024. Sikojen eletyt tilat ja paikat. Sikalat, siankasvatus ja sianhoito 1900-luvun alun Suomessa. Turku: Turun yliopisto.

Nikkilä, Eeva 2025. Spring piglets or autumn piglets? Negotiating the role of nature in the spaces and practices of raising piglets in Finland, c. 1910s–30s. Rural History, 1–14.

Ritvo, Harriet 2022. Recent Work in Animal History (and How We Got Here). The Journal of Modern History 94:2, 404–419.

Schuurman, Nora ja Syrjämaa, Taina 2021. Shared Spaces, Practices and Mobilities. Pet-Human Life in Modern Finnish Homes. Home Cultures 18:2, 173–194.

Shapiro, Kenneth 2020. Human-Animal Studies. Remembering the Past, Celebrating the Present, Troubling the Future. Society & Animals 28:7, 797–833.

Vuolanto, Ville 2025. Miksi historiantutkimusta tarvitaan? Tutkijan vastuu ja tulevaisuus. Suomen Historiallisen Seuran ylläpitämän Agricola-verkkoportaalin Puheenvuoroja historiasta ja kulttuuriperinnöstä -artikkelisarja 8.2.2025. <https://agricolaverkko.fi/puheenvuorot/miksi-historiantutkimusta-tarvitaan/>. Viitattu 2.9.2025.

# MIKSI EINSTEININ YLEINEN SUHTEELLISUUSTEORIA SYRJÄYTTI NEWTONILAISEN MEKANIIKAN

Luonnontieteen historiallinen kehitys sisältää toisinaan selvän murroksen aikaisemmasta kehitysvaiheesta myöhempään. Käänteessä saattavat muuttua samanaikaisesti sekä opilliset että ideologiset tekijät. Siirtymä newtonilaisesta painovoimakäsityksestä einsteinilaiseen on tällainen: se ei syntynyt ainoastaan fysikaalisten käsitysten muutoksesta, vaan murrokseen vaikuttivat ainakin jonkinlaiset maailmankuvalliset seikat.

**L**änsimaisen tieteenhistorian yksi keskeinen kehityslinja koskee eroja, jotka vallitsevat **Isaac Newtonin** (1642–1727) ja **Albert Einsteinin** (1879–1955) painovoiman ominaisuuksia koskevien teorioiden välillä. Newtonin teoria julkaistiin vuonna 1687, ja se oli huomattavan vaikutusvaltainen aina 1900-luvun alkuun saakka. Teoria selitti täsmällisesti kahden kappaleen välisen voimasuhteen ja tarjosi teoreettisesti uskottavan käsityksen siitä, miten maailmankaikkeuden kokonaisrakenne voidaan ymmärtää. Einsteinin erityinen suhteellisuusteoria kumosi tämän käsityksen ja synnytti samalla huomattavan kovan murroksen oppien välille.

Uuden teorian lähtökohtana oli tieteellinen artikkeli, jonka Einstein lähetti kesäkuussa 1905 *Annalen der Physik* -lehteen. Einstein ratkaisi siinä kysymyksen ajan ja avaruuden keskinäisestä suhteesta, joka oli askarruttanut häntä jo useamman vuoden ajan. Einsteinin lähtökohtana toimivat **James Clerk Maxwellin** (1831–1879) hetkeä aikaisemmin julkaisemat tulokset, joissa hän oli onnistunut yhdistämään sähköiset ja magneettiset ilmiöt yhtenäiseksi matemaattiseksi kokonaisuudeksi. (Jammer 1962, 249.) **Max Planck** (1858–1947), joka toimi tuolloin lehden päätoimittajana, ymmärsi Einsteinin artikkelin arvon. Planck uskoi, että Einsteinin teoria suistaisi aikaisemmat käsitykset vallasta nopeasti.

---

**Einstein ennusti valon kaareutuvan avaruudessa.**

## Suhteellisuusteoriassa oli merkittävää se, että valon nopeus tarjosi kattonopeuden kaikelle aineelliselle liikkeelle maailmankaikkeudessa.

Einsteinin käsitys siitä, ettei mikään voinut liikkua maailmankaikkeudessa valoa nopeammin, haastoi huomattavalla tavalla klassisen newtonilaisen mekaniikan. Valon nopeus antoi nyt maksimin kaikelle aineelliselle liikkeelle. Newton oli taas pitänyt avaruutta absoluuttisena tyhjiönä ja uskonut, että näin ymmärretty avaruus tarjosi ainoastaan fysikaalisen taustan kaikelle liikkeelle maailmankaikkeudessa. (Katso esimerkiksi Cushing 1998, 157–159; Earman 1989, 7–11; Sklar 1977, 182–184.) Vuonna 1915 julkaistu Einsteinin yleinen suhteellisuusteoria osoitti, kuinka aika ja avaruus kykenivät vääntymään ja kaareutumaan ja näin aiheuttamaan painovoiman vaihtelut ilman, että niitä tarvitsi selittää newtonilaisen mekaniikan klasisisilla muotoiluilla.

### NEWTONIN TEORIAN JA ERITYISEN SUHTEELLISUUSTEORIAN VÄLINEN RISTIRIITA

Newtonin gravitaatioteoria mullisti siihen astisen fysiikan yhdistämällä maanpäällisen ja

taivaallisen liikkeen saman teorian alaisuuteen. Se julisti, että kaikki olemassa oleva vetää kaikkea olemassa olevaa puoleensa.

Tarkasteltuaan **Johannes Keplerin** (1571–1630) planeettaliikkeiden teoriaa Newton tuli siihen tulokseen, että kahden kappaleen välinen painovoima saattoi riippua ainoastaan kahdesta asiasta: kunkin kappaleen sisältämän aineen määrästä ja kappaleiden välisestä etäisyydestä. (Greene 2004, 396–397; Jammer 1962, 117–118.) Aineen määrä tarkoitti kappaleissa olevaa protonien, neutronien ja elektronien lukumäärää (massaa). Kahden kappaleen välinen vetovoima oli sitä suurempi, mitä suurempi oli kappaleiden massa ja mitä pienempi niiden välinen etäisyys. (Earman 1989, 33–34; Jammer 1997, 76–79.)

Newtonin teoria poikkesi siinä mielessä aikaisemmista, että se kykeni esittämään taivaankappaleiden asemista ennusteita, jotka olivat huomattavan täsmällisiä. Kappaleiden asemia oli pystytty määrittämään suhteellisen tarkasti jo aikaisempien teorioiden avulla, mutta Newtonin oppi esitti ensimmäise-

nä raja-arvon ongelman ja kykeni laskemaan häviävän pieniä aikavälejä ja muutoksia liikkeille. (Greene 2000, 29.)

Newtonin myötä tutkimuksesta muodostui erässä mielessä aikaisempaa teoreettisempaa. Aikaisemmat opit olivat nojanneet yksittäisten suorien, kulmien, pintojen ja aikojen määrittelyyn, mutta Newtonin perussuureet – liike, voima, nopeus, liikemäärä ja muut vastaavat – muodostivat kokonaisuuden ja vaativat uudenlaista matemaattista hahmottamistapaa. Tieteilijä saattoi havaita lyheneviä aikajaksoja vain tiettyyn rajaan saakka, muttei kyennyt havaitsemaan tämän aikarajan jälkeen yhä pieneneviä ja lopulta nolnaan palautuvia arvoja. (Jammer 1993, 96–97.)

Uudenlainen matemaattinen analyysi oli välttämätön työkalu pohdittaessa ilmiöiden pieniä funktionaalisia raja-arvoja. Lisäksi Newtonin työ edellytti täsmällisesti määriteltyjä teoreettisia käsitteitä. Hänen pääteoksensa *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (1687) ei juuri nojannut laadulliseen kuvaukseen, vaan sen perustan muodostivat integraalit, differentiaalit ja muut matemaattiset muotoilut. Tutkimuksen sisältämät mekaniikan lait olivat kvantitatiivisia.

Newton kirjoitti yhtälön, joka kuvasi määrittäen kahden kappaleen välisen painovoiman suuruutta. Tämän yhtälön mukaan kahden kappaleen välinen gravitaatiovoima oli suoraan verrannollinen niiden massoihin

ja kääntäen verrannollinen niiden välisen etäisyyden neliöön. (Jammer 2000, 93–94.) Lain avulla saattoi ennustaa planeettojen ja komeettojen liikkeen auringon ympäri, kuun liikkeen maan ympäri sekä muut vastaavat taivaankannen ilmiöt.

Teoria oli tarkkuutensa ja ennustusvoimansa osalta luotettava aina 1900-luvun alkuun asti, mutta erityinen suhteellisuusteoria kumosi lopulta sen keskeiset oletukset. Suhteellisuusteoriassa oli merkittävää se, että valon nopeus tarjosi kattonopeuden kaikelle aineelliselle liikkeelle maailmankaikkeudessa. Tämä rajoitus ei koskenut ainoastaan fysikaalisia kappaleita, vaan oli ominainen kaikenlaisille signaaleille, säteilyille ja muille vuorovaikutuksille. Oli mahdotonta ajatella, että aineellinen informaatio olisi voinut kulkea valoa nopeammin. (Friedman 1983, 159–160.)

Keskeisen ongelman teorioita vertailtaessa muodosti se, että Newtonilla kappale vaikutti toiseen voimalla, joka riippui ainoastaan kappaleiden massasta ja niiden välisestä etäisyydestä. Voiman suuruuteen ei toisin sanoen vaikuttanut se, kuinka kauan kappaleet olivat olleet toistensa vaikutuspiirissä. Newtonin mukaan kappaleiden massojen ja etäisyyksien muutokset tuntuivat välittömästi kappaleiden välisessä voimatasapainossa. (DiSalle 2006, 133.)

Ongelmaa voidaan konkretisoida, jos kuvitellaan esimerkiksi, että aurinko yhtäkkiä

räjähäisi. Newtonin teorian mukaan näin tapahtuessa maa alkaisi välittömästi poiketa elliptiseltä radaltaan. Maa sijaitsee noin 150 miljoonan kilometrin päässä auringosta ja räjähdyksessä syntyvältä valolta kestäisi kahdeksan minuuttia kulkea auringosta maahan, mutta Newtonin teorian mukaan räjähdys vaikuttaisi silti painovoimaan välittömästi. (Greene 2000, 30.) Tämä käsitys on perustavanlaatuisessa ristiriidassa suhteellisuusteorian kanssa.

Havaittuaan tämän ristiriidan ja vakuututtuaan samalla erityisen suhteellisuusteoriaansa pätevydestä Einstein alkoi etsiä uudenlaista ratkaisua painovoiman ongelmaan. Hän päätyi lopulta yleiseen suhteellisuusteoriaan, joka uudisti keskeisesti sekä ajan ja avaruuden että aineen ja energian perusteet.

## SUHTEELLISUUSTEORIAN EDUT

### SUHTEESSA AIKAISEMPIIN OPPEIHIN

Newtonin teoriassa aurinko piti maan radallaan jonkin vaikeasti määriteltävän voiman avulla. Tämä voima ylitti silmänräpäyksessä huomattavan suuria etäisyyksiä ja vaikutti kappaleisiin vailla minkäänlaista näkyvää syytä. Suhteellisuusteorian synnyttämän murroksen perustana oli kuitenkin uudenlainen painovoimateoria.

Einsteinin teorian mukaan aine nimittäin tuotti itsessään painovoiman. Teoria oletti avaruuden olevan laakea sikäli, kun siellä

ei ollut minkäänlaista ainetta ja energiaa. Yksinkertaisesti ajatellen tällainen avaruus voitiin mieltää tasaiseksi pöydän pinnaksi, mutta merkittävää oli, että sen muoto muuttui, kun siihen lisättiin jokin raskas kappale. (Greene 2000, 35–36.)

Newtonin ajan tieteenharjoittajat ajattelivat, ettei avaruudessa voinut tapahtua rakenteellisia muutoksia. Aika ja avaruus edustivat heille muuttumattomia perussuureita. Suhteellisuusteoria kuitenkin todisti, että auringon kaltaiset raskaat kappaleet kohdistivat muihin kappaleisiin gravitaatiovoiman ja saivat ympäröivän avaruuden kaareutumaan. Käytännössä tämä tarkoitti sitä, ettei avaruus ollut passiivinen tausta niin kuin Newton oli uskonut, vaan sen muoto reagoi aktiivisesti kappaleiden olemassaoloon ja keskinäisiin suhteisiin. Kaareutuminen vaikutti muiden kappaleiden liikkeisiin ja asemiin auringon läheisyydessä, koska ne kulkivat nyt vääristyneessä avaruudessa. (Jammer 2000, 104–105.)

Avaruuden kaareutuminen aiheutti sen, että auringon lähellä liikkuva kappale ohjautui auringon ympäri kulkevalle elliptiselle radalle. Toisin sanoen kappale jäi kiertämään aurinkoa, kun sen lähtönopeus ja suunta olivat oikeat. Erona Newtonin teoriaan oli se, että selostaessaan avaruuden kaareutumisen kappaleiden painon aiheuttamana tekijänä Einstein oli selostanut samalla painovoimaa välittävän mekanismin. (DiSalle 2006, 134–

135.) Suhteellisuusteorian mukaan maata ei pitänyt radallaan jokin arvoituksellinen nopeasti muuttuva voima niin kuin Newton oli uskonut, vaan auringon aikaansaama avaruuden kaareutuminen aiheutti maan rata liikkeen. (Jammer 1997, 85–87.)

Lisäksi yleisen suhteellisuusteorian viehätys johtui ainakin joiltain osin myös sen eräänlaisesta kauneudesta. Tätä voitaneen pitää jonkinlaisena ideologisena tekijänä pohdittaessa teorioiden pätevydestä käytyä keskustelua. Korvatessaan Newtonin mekaanisen ja suhteellisen karkean käsityksen avaruudesta, ajasta ja gravitaatiosta dynaamisella ja matemaattisesti hienojakoisella esityksellä Einstein teki painovoimasta maailmankaikkeuden perusrakenteen keskeisen osatekijän. Se ei ollut enää irrallinen selitys taivaankappaleiden liikkeelle, vaan siitä tuli perustavalla tavalla osa maailmankaikkeu-

den fysikaalista kokonaisuutta. (Friedman 1983, 184–185.)

Esteettiset näkökohdat lisäsivät teorian houkuttelevuutta, mutta sen lopullinen arvo riippui sen kyvystä selittää ja ennustaa tarkasti fysikaalisia ilmiöitä. Newtonin painovoimateoria oli selvinnyt kokeellisista testeistä kelvollisesti aina 1900-luvun alkuun saakka. (Greene 2004, 33–34.) Teoria selitti huomattavan hyvin kaikki liikkuvien kappaleiden mekaniikkaan liittyvät ilmiöt kaltevista torneista pudotetuista kappaleista aina maailmankaikkeudessa radoillaan kiertäviin planeettoihin ja komeettoihin saakka.

Newtonin teorian selitysvoima oli ilmeinen, eikä sen tarkkuus ollut kovin paljon puutteellisempi kuin Einsteinin erityisen suhteellisuusteorian tarkkuus silloin, kun tutkittiin hitaasti liikkuvia kappaleita. (Cushing 1998, 124.) Tilanne muuttui kui-

---

**Suhteellisuusteorian mukaan maata ei pitänyt radallaan jokin arvoituksellinen nopeasti muuttuva voima niin kuin Newton oli uskonut, vaan auringon aikaansaama avaruuden kaareutuminen aiheutti maan rataliikkeen.**

---

---

## Kutistuvassa avaruudessa galaksit puristuvat yhteen, lämpötila nousee, paine kasvaa, tähdet hajoavat ja alkeishiukkasista muodostuu kuumaa plasmaa.

---

tenkin toiseksi siirryttäessä tarkastelemaan valon nopeutta ja kulkusuuntaa. Yleisen suhteellisuusteorian antaman ennusteen mukaan raskaat kappaleet kaareuttivat avaruutta ja aikaa ympärillään, ja tämä kaareutuminen vaikutti keskeisesti valonsäteiden kulkuun. (DiSalle 2006, 136.) Einstein lasi marraskuussa 1915 näin ymmärretylle kaareutumislle tulokseksi 0,00049 astetta (1,75 kaarisekuntia, yhden kaarisekunnin ollessa 1/3600 astetta).

Valon kaareutumisen kokeellisen todistamisen otti tehtäväkseen tunnettu fyysikko **Sir Arthur Eddington** (1882–1944) Greenwichin observatorion silloisen johtajan **Sir Frank Dysonin** (1868–1939) ehdotuksesta. Eddington matkusti tutkimusryhmineen Principen saarelle Länsi-Afrikan rannikolle testataksseen Einsteinin ennusteen todistusvoiman auringonpimennyksen aikana 29. toukokuuta 1919. (Greene 2000, 39.) Ryhmän pimenyksen aikana ottamia valokuvia tutkittiin ja verrattiin kuviin, joita **Charles Davidsonin** (1875–1970) ja **Andrew Crommelinin** (1865–

1939) johtama toinen retkikunta oli ottanut Sobralissa Brasiliassa noin viiden kuukauden ajan. Tämän jälkeen Royal Society ja Royal Astronomical Society julkaisivat yhteisessä seminaarissaan tiedon, jonka mukaan yleiseen suhteellisuusteoriaan nojaava ennuste oli todennettu.

Loppu on historiaa. Uutinen vanhan avaruus- ja aikakäsityksen kumoutumisesta levisi nopeasti fyysikoiden piirin ulkopuolelle, ja Einsteinista tuli samalla oman aikansa tiedejulkis. (DiSalle 2006, 143–144.)

### MURROKSEN OPILLISET JA IDEOLOGISET PERUSTEET

Newtonin painonvoimateorian avulla voitiin ennustaa tarkasti kappaleiden liike painovoimakentässä, mutta teoria ei selittänyt painovoiman todellista syytä tai luonnetta. Oppi ei tarjonnut kovin selvää selitystä sille, miten toisistaan huomattavan kaukana sijaitsevat kappaleet saattoivat vaikuttaa toistensa liikkeisiin tai miten painovoima sai tämän ai-

kaan. Newton oli tietoinen ongelmasta, mutta hän ei osannut tarjota sille tieteellisesti tyydyttävää ratkaisua.

Newton piti mahdottomana ajatusta, jonka mukaan painovoima olisi voinut luontaisesti vaikuttaa kahden etäällä toisistaan sijaitsevan kappaleen välillä tyhjiön läpi ja ilman minkäänlaista välittävää ainetta. Painovoiman täytyi johtua alinomia tiettyjen lakien mukaan toimivasta välittäjästä. Newton ei kuitenkaan osannut sanoa, oliko tämä välittäjä aineellinen vai aineeton. (Greene 2004, 63–64.)

Yleinen suhteellisuusteoria kumosi Newtonin teorian ennen kaikkea siksi, että se kykeni selittämään maailmankaikkeuden alkuperän ja kehityksen kokonaisuutena. Einsteinin teorian mukaan avaruus ja aika reagoivat massan ja energian olemassaoloon. Aika-avaruus kaareutui erityisen voimakkaasti raskaiden kappaleiden läheisyydessä, ja tämä vaikutti perustavalla tavalla taivaankappaleiden liikkeisiin.

Einstein kykeni näin kuvaamaan avaruuden, ajan ja aineen käyttäytymisen kvantitatiivisesti yleisen suhteellisuusteorian tarjoamalla yhtälöillä. Laskelmat perustuvat alkuaan **Georg Bernhard Riemannin** (1826–1866) esittämiin epäeuklidisen geometrian mukaisiin yhtälöihin ja niiden perustalle muodostamiin kaarevan avaruuden geometriaa koskeviin oivalluksiin. (Jammer 1962, 261; Jammer 1993, 160–161; Sklar 1977, 42–45.)

Newton oli pystynyt esittämään tietyt alkuehdot taivaankappaleiden radoille ja onnistunut laskemaan näiden alkuehtojen perusteella radan muodoksi joko ellipsin, hyperbelin tai paraabelin. Einstein taas kohdisti huomionsa maailmankaikkeuden yksittäisten osien sijaan kokonaisuuteen ja saattoi näin havaita avaruuden koon muuttuvan ajan mukana.

Murros oli merkittävä ja mullisti tuhansia vuosia vallalla olleen intuitiivisen käsityksen ajan ja avaruuden luonteesta, joka oli syntynyt arkikokemusten pohjalta. Maailmankaikkeuden kudelma ei pysynyt muuttumattomana, vaan laajeni yhdysvaltalaisen tähtitieteilijän **Edwin Hubblein** (1889–1953) vuonna 1929 osoittamien laskelmien mukaisesti. Vaikka Einstein oli itse epäileväinen asian suhteen, ennusti hänen teoriansa maailmankaikkeuden laajenemisen vastaanpanemattomasti.

Venäläinen fyysikko **Aleksander Friedmann** (1888–1925) oli osoittanut kaikkeuden laajenevan jo 1920-luvun puolivälissä, kun hän oli tarkastellut Einsteinin yhtälöitä ja tehnyt havaintoja galaksien siirtymistä. Nämä tulokset antoivat mahdollisuuden seurata maailmankaikkeuden aikakehitystä taaksepäin sen alkupisteeseen saakka. Ajas taaksepäin kuljettaessa maailmankaikkeus kutistuu ja galaksit lähenevät toisiaan. Kutistuvassa avaruudessa galaksit puristuvat yhteen, lämpötila nousee, paine kasvaa, täh-

det hajoavat ja alkeishiukkasista muodostuu kuumaa plasmaa. (Greene 2004, 229–230.) Näistä tekijöistä – erityisesti aineen ja energian puristumisesta äärettömään tiheyteen alkuräjähdyksen aikana – ei newtonilainen mekaniikka kyennyt sanomaan mitään.

Suhteellisuusteoria kumosi Newtonin keksintöjen painoarvon lopulta kahdessa keskeisessä suhteessa. Ensiksi se kykeni tuottamaan teoreettisesti huomattavan paljon uskottavamman ja syvällisemmän selityksen maailmankaikkeuden rakenteelle kuin Newtonin teoria. Toiseksi Einsteinin keksintöjen vakuuttavuuden puolesta puhuivat monet kokeelliset todisteet. Lisäksi Einsteinin teoria oli monessa suhteessa esteettisesti tyylikkäämpi ja matemaattisesti kauniimpi kuin Newtonin teoria. Nämä tekijät yhdessä vaikuttivat lopulta siihen, ettei suhteellisuusteorian julkaisun jälkeen ollut enää paluuta aikaisempiin oppeihin.

---

*Jouni Huhtanen on tieteiden ja aatteiden historian tohtorikoulutettava Oulun yliopistossa.*

## KIRJALLISUUS

- Cushing, James T. 1998. Philosophical Concepts in Physics. The Historical Relation Between Philosophy and Scientific Theories. Cambridge ja New York: Cambridge University Press.
- DiSalle, Robert 2006. Understanding Space-Time. The Philosophical Development of Physics from Newton to Einstein.

- Cambridge ja New York: Cambridge University Press.
- Earman, John 1989. World Enough and Space-Time. Absolute versus Relational Theories of Space and Time. Cambridge ja Lontoo: The MIT Press.
- Friedman, Michael 1983. Foundations of Space-Time Theories. Relativistic Physics and Philosophy of Science. Princeton: Princeton University Press.
- Greene, Brian 1999/2000. The Elegant Universe. Superstrings, Hidden Dimensions, and the Quest for the Ultimate Theory. New York: Vintage Books.
- Greene, Brian 2004. The Fabric of the Cosmos. Space, Time, and the Texture of Reality. New York: Vintage Books.
- Jammer, Max 1954/1993. Concepts of Space. The History of Theories of Space in Physics. Esipuhe Albert Einstein. 3. laajennettu painos. New York: Dover.
- Jammer, Max 1957/1962. Concepts of Force. A Study in the Foundations of Dynamics. New York: Dover.
- Jammer, Max 1961/1997. Concepts of Mass in Classical and Modern Physics. New York: Dover.
- Jammer, Max 2000. Concepts of Mass in Contemporary Physics and Philosophy. Princeton: Princeton University Press.
- Sklar, Lawrence 1974/1977. Space, Time, and Spacetime. Berkeley, Los Angeles ja Lontoo: University of California Press.

# **TIEDEMAAILMA**

# KIINA TÄHTÄÄ GLOBAALIKSI INNOVAATIOMAHDIKSI PUOLUEEN JOHDOLLA



Geopoliittinen kilpailu ja Yhdysvaltojen Kiinalle asettamat sanktiot ovat saaneet Kiinan johdon määrittelemään tieteellis-teknologisen omavaraisuuden maan kohtalonkysymykseksi. Kiinan tiedestrategia keskittyy nyt resurssien kohdistamiseen strategisille aloille ja koko tiedejärjestelmän trimmaamiseen globaaliin kilpailukuntoon. Rankka uudistaminen onkin tarpeen.

**K**iina asetti tieteen ja teknologian strategisten suunnitelmiansa keskiöön jo 2010-luvun puolivälissä. Kiinan kommunistisen puolueen pääsihteeri **Xi Jinping** ilmoitti vuonna 2017 pidetyssä 19. puoluekokouksessa vuoteen 2050 ulottuvasta strategiasta, jonka päämääränä on nostaa Kiina maailman suurvaltojen joukkoon. Taloudellinen ja sotilaallinen mahti sekä johtava asema tieteen ja teknologian aloilla ovat perinteisiä suurvallan peruspiirteitä.

Yhdysvaltojen aloittama talous- ja teknologiakilpailu on antanut Kiinan suunnitelmille vielä lisäpontta. Kilpailun seurauksena Kiinan johto on järjestänyt uusiksi sekä tiedejohdamisen organisaation että julkisen

rahoitusjärjestelmän. Päämääränä on vahvistaa kansallista riippumattomuutta strategisilla tieteenaloilla.

Yhdysvaltojen luoman kilpailuasetelman ansiosta Kiina poistaa vauhdilla muitakin tiedejärjestelmänsä ongelmakohtia, kuten maassa yleisesti esiintyvää tutkimusvilppiä. Samalla poliittinen ohjaus on vahvistunut entisestään, ja geopoliittinen tilanne on lisännyt siviilitutkimuksen kaksoiskäyttöä myös sotilaallisiin päämääriin.

## PUOLUE-VALTIO-KAKSOISJÄRJESTELMÄ

Kiina on onnistunut saavuttamaan johtavan aseman muutamalla tieteen saralla. Maan

---

Kiinalaiset yliopisto-opiskelijat juhlistavat kommunistisen puolueen satavuotista taivalta lukuvuoden avajaisissa Wuhanissa vuonna 2021.

## Yliopistojen koko henkilökunnan tulee nykyään osallistua ideologiseen koulutukseen ja puoluekokouksiin, mikä vie aikaa tutkimukselta.

tiedemaailmaa on silti vaivannut pitkään rakenteellisista ongelmista ja tiedekulttuurista johtuva tehottomuus ja kapea-alaisuus sekä vaikeus kaupallistaa tutkimustuloksia. Näitä ongelmia oli pyritty ratkaisemaan jo ennen teknologiasotaa mutta tuloksetta.

Muutaman viime vuoden aikana Kiinan tiedejärjestelmää on uusittu kovalla otteella. Merkittävin muutos lienee tiede- ja teknologiaministeriön uudelleenorganisointi ja koko sektorin asettaminen suoraan kommunistisen puolueen tieteen ja teknologian keskuskomission alaisuuteen. Tällä muutoksella haluttiin varmistaa koko maan resursien tehokas käyttö huipputason innovaatioympäristön luomiseen ja strategisten tieteen ja teknologian alojen nopeaan kehitykseen. Komissio perustettiin vuonna 2023 koordinoimaan koko tiedekentän toimijoita ja poistamaan kentän hajanaisuutta. Tiede- ja teknologiaministeriöstä tuli sen toimeenpaneva elin.

Tieteenalakohtainen ohjaus siirrettiin samalla alakohtaisille organisaatioille, kuten ministeriöille, yliopistoille ja tutkimuslaitok-

sille. Esimerkiksi maatalouden tutkimuksen ohjaus ja teollisuuden ja informaatioteknologian kehitys annettiin suoraan kyseisten ministeriöiden vastuulle, mikä siirsi rahoituksen jakopäätökset ja tulosten seurannan aiempaa asiantuntevempiin käsiin. (Naughton ym. 2023.)

Puolueen ja valtionhallinnon rinnakkaisjärjestelmä kertautuu paikallistasolla sekä yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa. Maakuntien ja kaupunkien puolueoimistot laativat paikallisia tiedestrategioita, joita paikallishallinto toteuttaa omalla tiedebudjetillaan. Aiemmin paikallishallintojen piti seurata Pekingissä laadittuja strategioita, vaikka niille ei löytynyt tarvittavaa tukea paikallisessa tutkimusympäristössä. Siitä seurasi valtavaa tutkimusresurssien haaskausta.

Uuden ohjenuoran mukaan strategisille aloille satsaavat vain ne alueet, joilla on edellytyksiä korkeatasoiseen tutkimukseen. Kiinan uuden tiedestrategian ydinalueiksi on nimetty kolme rannikon kaupunkikeskittymää Pekingin, Shanghaiin ja Shenzhenin

ympärillä sekä Chengdun ja Chongqingin ”Twin-city” alue Länsi-Kiinassa. Niiden odotetaan edistävän Kiinan tiedettä ja teknologiaa suurin harppauksin. Muutama Keski-Kiinan kaupunki, kuten Wuhan ja Xi’an, on myös mainittu tärkeinä tiedekeskuksina, joille annetaan vastuuta tieteellisten läpimurtojen saavuttamiseksi.

Maan köyhemmille alueille muutos on toivottu, koska ne voivat nyt panostaa paikallisen maatalouden ja teollisuuden kehittämiseen mikrosiru- ja litiumakkujen tutkimuksen sijaan. Tämä onkin yksi tämänhetkisen strategian kulmakivistä. Vuoden 2024 keväällä lanseerattiin toimintaohje *New quality productive forces according to local conditions*, joka määrittelee tieteen ja teknologian tärkeimmiksi tuotantovoimiksi ja ohjaa eri alueet kohdistamaan resurssinsa paikallisten vahvuuksien mukaisesti. Tavoite on vahvistaa Kiinan tieteen ja tuotannon omavaraisuutta. (Luova ja Sookari 2025.)

Myös yliopistot ja muut tutkimuslaitokset ovat Kiinassa nykyään tiukassa poliittisessa ohjauksessa. Käänteentekevä muutos tuli vuonna 2019, kun korkeakoulujen peruskirjoissa korvattiin maininnat akateemisesta riippumattomuudesta ja ajatuksenvapaudesta viittauksilla kommunistipuolueen johtajuuteen tutkimuksessa.

Puolueen asema korkeakoulujen johdossa vahvistui kaksi vuotta myöhemmin, kun puolue julkaisi päivitettyt ohjeet puolueyksi-

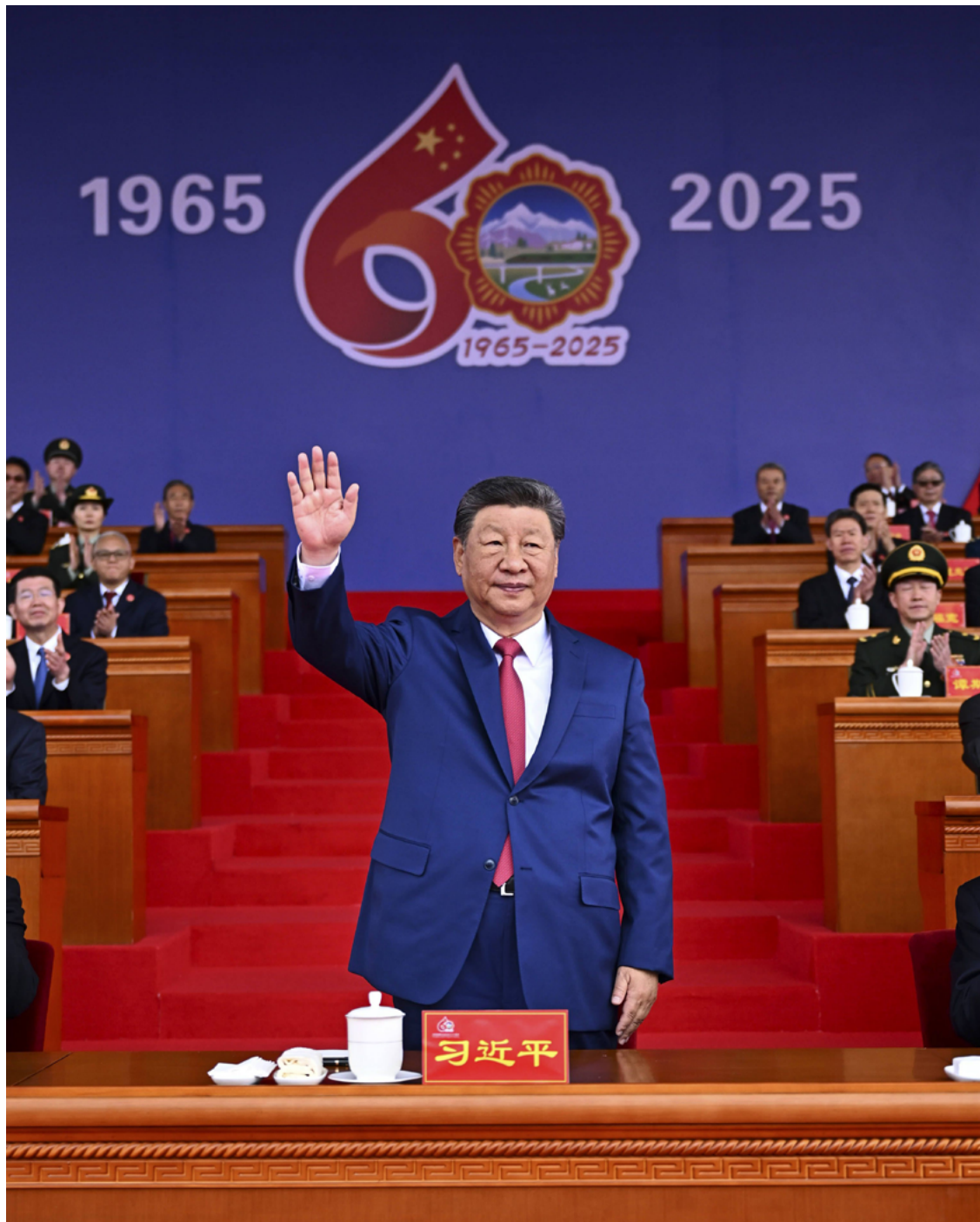
köiden toiminnasta korkeakouluissa. Uudet säännöt korostivat ideologista ohjausta ja ruohonjuuritason puolueyksiköiden tärkeyttä toiminnan suunnittelussa. Vuonna 2023 yliopistojen rehtorintoimistot yhdistyivät puolueoimistojen kanssa. (Times Higher Education 2024.)

Yliopistojen koko henkilökunnan tulee nykyään osallistua ideologiseen koulutukseen ja puoluekokouksiin, mikä vie aikaa tutkimukselta. Tiukka ideologinen ohjaus ja strategisten tutkimusaiheiden saneleminen ylhäältä käsin vie pohjaa vireään innovaatioympäristön rakentamiselta. Uusien aiheiden tutkimukseen ei ryhdytä, jos ne eivät ole linjassa oman työyksikön puolueosaston määrittämien päämäärien kanssa.

Poliittinen ohjaus määrittelee myös esimerkiksi historian ja yhteiskunnan tutkimuksessa poliittisesti korrektin lähestymistavan, ja se sulkee pois sensitiiviset aiheet tutkimuksen ja opetuksen piiristä. Xi Jinpingin teorioita käsittelevät projektit saavat avokätistä rahoitusta, mikä on pois yhteiskunnallisten ongelmien tutkimukselta. Ylipäätään humanististen ja yhteiskuntatieteiden asema on heikentynyt. (Wang 2025.)

### RAHOITUSJÄRJESTELMÄN MUUTOKSET

Kiinassa sekä julkinen rahoitus tutkimukselle että yritysten rahoittama tutkimus- ja kehitystoiminta (TK) ovat kaksinkertaistuneet



KUVAN LÄHDE: AFP, LEHTIKUVA

**Presidentti Xi Jinpingin teorioita koskevalle tutkimukselle on ollut saatavilla runsasta rahoitusta Kiinassa.**

sen jälkeen, kun USA:n ja Kiinan välinen teknologiakilpailu alkoi. Rahoitus nousi vuoden 2017 1,8 biljoonasta juanista 3,6 biljoonaan yuaniin vuonna 2024 (NBSC 2025).

TK-rahoituksesta huomattava osa tulee yrityksiltä. Yksityiset suuryritykset, kuten Tencent ja Alibaba, pyörittävät omien tutkimusyksikköjensä lisäksi rahoitusohjelmia

## Kiina houkuttelee myös kiinalaistaustaisia huippututkijoita takaisin Yhdysvalloista.

sekä tekevät yhteistyötä yliopistojen kanssa. Merkittävä osa yritysrahoituksesta tulee valtion omistamilta yrityksiltä. Huomion arvoista on, että vain pieni osa rahoituksesta menee perustutkimukseen. Vuonna 2023 sen osuus koko TK-rahoituksesta oli vain 6,7 prosenttia. (NBSC 2024.)

Julkisen rahoituksen runsas saatavuus ja teknologiakilpailun aiheuttama kiireen tuntu johti aluksi valtavaan tuhlailuun. Rahaa jaettiin ilman riittävää suunnittelua ja koordinaattia esimerkiksi uusien keskustien ja infrastruktuurin rakentamiseen ilman, että niillä oli soveltuvaa henkilöstöä tai kytkentää paikallistalouksiin. Osittain tämän kaaoksen seurauksena valtionjohto päätti rahoitusjärjestelmän uusimisesta ja hankkeiden tiukasta sitomisesta paikallisiin vahvuuksiin. Tämä on yksi korjausliikkeistä, joita Kiinan tiedemaailmassa on viime vuosina nähty.

Julkisen rahoitusjärjestelmä on nykyään rakenteeltaan hyvin samantapainen kuin länsimaissa. Merkittävimpiin julkisiin tutkimusrahoittajiin kuuluvat National Natural Science Foundation of China (NSFC), National Social Science Fund of China, ministeriöt ja tiede-

akatemit. Näiden lisäksi rahoitusta jakavat maakuntien ja kaupunkien tutkimusrahastot, yritykset, yliopistot sekä säätiöt.

Luonnontieteissä arvostetuin rahoittaja on NSFC, jonka rahoitusta pidetään tutkijanuran kannalta keskeisenä meriittinä. Avaruusfyysikko **Dou Xiankang** valittiin NSFC:n johtajaksi vuonna 2023, ja hän aloitti heti uudistukset nuorten tutkijoiden tukemiseksi ja erityisesti naistutkijoiden urien vahvistamiseksi. (Conroy 2024.)

Kiina houkuttelee myös kiinalaistaustaisia huippututkijoita takaisin Yhdysvalloista. Se onkin onnistunut osittain siksi, että Yhdysvaltojen presidentti **Donald Trump** alkoi syyttää kiinalaistutkijoita vakoojiksi. Monet eivät kuitenkaan halua palata Kiinan tiedemaailman tiukan poliittisen ohjauksen takia, vaan he etsivät urilleen uusia polkuja muissa maissa.

Rahoitushaun arviointijärjestelmää on uudistettu, jotta resursseja voitaisiin ohjata myös vakiintuneiden tutkijaryhmien ulkopuolelle. Yhtäältä halutaan lisätä inklusiivisuutta ja avoimuutta: Tärkeä strateginen tutkimusrahoitus voidaan laittaa avoimeen

hakuun, jossa ei arvioida CV:tä tai muita taustatietoja, jolloin hakijat voivat ilman syrjintää osoittaa kykynsä ongelmanratkaisussa. Toinen uusi keino on projektirahoituksen myöntäminen ensin muutamalle parhaalle tutkimusryhmälle, joista parhaiten selviytyvä(t) saa (vat)merkittävän jatkorahoituksen. (Luova 2021.)

### EETTISET PERIAATTEET KUNTOON

Kiinassa sekä tutkijoiden että tutkimuksesta vastaavien hallintovirkahenkilöiden urakehitys on ollut kiinni siitä, kuinka paljon julkaisuja ja patenteja kaupungissa ja maakunnassa määrällisesti tuotetaan. Tämän takia tutkijat ovat keskittyneet niiden tehtailuun eivätkä viranomaiset ole välittäneet, miten ne on tuotettu. Kovan julkaisupaineen alla moni käyttää apunaan haamukirjoittajia tai haamulaborantteja tai julkaisee tutkimustuloksia heikoin perustein. Tiedevilppi on yleistä, ja se on vienyt kansainvälistä uskottavuutta kiinalaiselta tutkimukselta.

Sekä valtio että puolue ovat säättäneet ohjeistuksia eettisten ongelmien kitkemiseksi sen jälkeen, kun Kiina määritteli korkealaatuisen tieteen ja teknologian maan kohtalonkysymykseksi. Kiinan kommunistinen puolue julkaisi vuonna 2018 ohjeet akateemisen vilpin havaitsemiseksi ja todentamiseksi. Seuraavana vuonna perustettiin Kansallinen tieteen ja teknologian eettinen komi-

tea (National Science and Technology Ethics Committee). Vuonna 2021 päivitetty tiede- ja teknologialaki kielsi suoraan haamukirjoittajien ja -laboratorioiden käytön.

Vuonna 2023 tiede- ja teknologiaministeriö julkaisi kattavat vastuullisen tutkimustoiminnan ohjeet (Guidelines for Responsible Research Conduct). Samana vuonna Tiede- ja teknologiaministeriö julkaisi muiden toimijoiden kanssa testiversion ohjeista tieteen ja teknologian eettiseen arviointiin (Measures for the Review of Science and Technology Ethics, Trial). Lopullinen versio ohjeista ei ole vielä valmistunut tätä kirjoitettaessa.

Ohjeistuksista huolimatta vilppitapauksia ilmenee edelleen. Vuonna 2025 NSFC havaitsi, että 25 sen rahoittamaa tutkijaa oli tilannut tutkimuksensa ”artikkelitehtaasta” tai syyllistynyt plagiointiin. (Retraction Watch 2025.)

Innovaatorahoituksen nopean kasvun myötä keksintöihin liittyvät vilpit lisääntyivät nopeasti. Myös tekoälyn käyttöönotto on osaltaan myötävaikuttanut siihen, että uusimmat tutkimuksen eettisyyteen liittyvät ohjeistukset koskevat ennen kaikkea immateriaalioikeuksien suojelua. Kiinan Korkein kansanoikeus on julkaissut ohjeet teknologiainnovaatioiden turvaamisesta korkealaatuisilla oikeudenkäyntipalveluilla. (Winger 2025.) Elokuun alussa Korkein kansanoikeus julkaisi vielä ohjeistuksen juuri voimaan tulleen yksityisen sektorin edistämislain tueksi. Myös se pyrki kohentamaan korkean tekno-

logian immateriaalioikeustapausten käsittelyä. (China Daily 2025.)

Muiden tutkimusetiikkaan liittyvien toimenpiteiden ohella tutkimusetiikka on myös lisätty kansalliseen luotettavuuden arviointijärjestelmään (englanniksi *social credit system*). Tutkija tai tutkimusjohtaja voi nyt joutua niin sanotulle mustalle listalle, jos hänen toimintansa synnyttää ”vakavaa epäluottamusta”. Käytännössä tämä voi tarkoittaa esimerkiksi sulkemista rahoitushakujen ulkopuolelle ja arvonimien mitätöintiä. (Luova 2021.)

### KIINAN TIEDEMAAILMAN NÄKYMÄT

Kiina on aloittanut suuria muutoksia tiedejärjestelmänsä tehostamiseksi. Askeleet osoittavat oikeaan suuntaan. Aikaisempien uudistusyritysten jääminen valjuiksi antaa kuitenkin viitteitä siitä, että vanhoja tapoja on erittäin vaikea muuttaa.

## Tiedevilppi on yleistä, ja se on vienyt kansainvälistä uskottavuutta kiinalaiselta tutkimukselta.

Panostukset ovat kovat erityisesti teknologian kärkialoille. Valtiojohdon valitsemilla kapeilla aloilla nähdään varmasti merkittävää edistystä ja tieteellisiä läpimurtoja. Vahvan innovaatiojärjestelmän luominen vaatisi kuitenkin laaja-alaisempaa panostusta varsinkin perustutkimukseen.

Ihmistieteiden heikentyminen on huolestuttavaa, sillä Kiina kohtaa valtavia yhteiskunnallisia haasteita väestön ikääntyessä ja talouskasvun hiipuessa. Näiden ongelmien takia Kiina tarvitsisi avaramielistä tutkimusta ratkaisujen löytämiseksi, mutta nykyisessä tutkimusympäristössä politiikka sanelee sallitut kysymykset ja soveliaat vastaukset.

Viime vuosina tiedejärjestelmän uudistukset ovat edenneet nopeasti kokeillen ja oikeita ratkaisumalleja hakien. Vuoden 2026 keväällä Kiinan johto julkaisee uuden viisivuotissuunnitelman kaudelle 2026–2030. Yleinen suunnitelma ja sen pohjalta tehty tiedesektorin suunnitelma vahvistavat Kiinan

johdon kannalta hyväksi havaitut toimintamallit. Tieteen uusi viisivuotissuunnitelma on ehdottoman tärkeää luettavaa jokaiselle Kiinan tiedemaailman kehityksestä kiinnostuneelle.

*Outi Luova on dosentti ja Kiinan tutkimuksen vanhempi yliopistonlehtori Turun yliopiston Itä-Aasian tutkimus- ja koulutuskeskuksessa.*

## KIRJALLISUUS

- China Daily 2025. Top court boosts protection for private sector innovators, 8.8.2025 <https://global.chinadaily.com.cn/a/202508/08/WS6895905ca3108a99c1905dc6.html>. Viitattu 2.9.2025.
- Conroy, Gemma 2024. How a space physicist is shaking up China's research funding. NEWS Q&A, 2.8.2024, Nature. <https://www-nature-com.ezproxy.utu.fi/articles/d41586-024-02464-9>. Viitattu 2.9.2025.
- Luova, Outi 2021. Tunne kiinalainen partnerisi (2). Kiinan korkeakoulujen ohjauksjärjestelmä. CEAS Insights 3. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-29-8729-0>
- Luova, Outi ja Sookari, Tommi 2025. New quality productive forces "according to local conditions" – regulatory and planning aspects. ReConnect China Policy Brief 24. <https://www.reconnect-china.ugent.be/2025/06/30/reconnect-china-policy-brief-24-local-conditions/>. Viitattu 2.9.2025.
- National Bureau of Statistics of China, NBSC 2024. Distribution of expenditure on research and development (R&D) in China from 2017 to 2023, by category. In Statista. <https://www.statista.com/statistics/1465642/research-and-development-expenditure-in-china-distribution-by-type/>. Viitattu 2.9.2025.
- National Bureau of Statistics of China, NBSC 2025. Total expenditure on research and development (R&D) in China from 2014 to 2024 (in billion yuan). In Statista. <https://www.statista.com/statistics/279951/internal-research-and-development-expenditure-in-china/>. Viitattu 2.9.2025.
- Naughton, Barry, Cheung, Tai Ming, Xiao, Siwen, Xu, Yaosheng ja Yang, Yujing 2023. Reorganization of China's Science and Technology System. IGCC Working Paper No 10. <http://escholarship.org/uc/item/8503h22s>. Viitattu 2.9.2025.
- Retraction Watch 2025. Chinese funding agency penalizes 25 researchers for misconduct. <https://retractionwatch.com/2025/07/02/chinese-funding-agency-penalizes-25-researchers-for-misconduct/>. Viitattu 2.9.2025.

- Times Higher Education 2024. Party strengthens control of Chinese university administration, 29.1.2024. <https://www.timeshighereducation.com/news/party-strengthens-control-chinese-university-administration>. Viitattu 2.9.2025.
- Wang, Amber 2025. Fudan's cuts fuel fears for future of humanities in China. University World News. <https://www.universityworldnews.com/post.php?story=20250407144723181>. Viitattu 2.9.2025.
- Wininger, Aaron 2025. China's Supreme People's Court Releases "Opinions on Securing Technological Innovation with High-Quality Trial Services". The National Law Review XV,221. <https://natlawreview.com/article/chinas-supreme-peoples-court-releases-opinions-securing-technological-innovation>. Viitattu 2.9.2025.

# KUN TUTKIMUSIDEOITA VERTAILLAAN, ONKO TYYLILLÄ VÄLIÄ?



Tutkijan työn yksi vaativimmista taidoista on tutkimusrahoituksen hakeminen. Oman tutkimusidean jalostaminen valmiiksi, toteutettavaksi rahoitushakemukseksi vaatii yleensä runsaasti aikaa, ajatustyötä ja arabicaa. Usein tuloksena on kuitenkin hylätty rahoitushakemus. Kuinka siis parantaa mahdollisuuksiaan ja kirjoittaa laadukkaampia rahoitushakemuksia?

**R**ahoitushakemusten kirjoittamisesta on kirjoitettu lukuisia tekstejä ja oppaita, jotka sisältävät hyviä ohjeita ja vinkkejä laadukkaiden rahoitushakemusten laatimiseen. Kun tutkimusidealle lähdetään suunnittelemaan rahoitusta, on tärkeää tunnistaa sille oikea rahoituslähde ja peilata ideaa rahoitushaun tavoitteisiin.

Rahoituslähde tai -haku asettaa tutkimushankkeelle usein myös teknisiä vaatimuksia. Ne liittyvät esimerkiksi hankekumppaneiden määrään ja maantieteelliseen sijoittumiseen, tutkimushankkeen odotettuihin vaikutuksiin sekä tutkimusrahan käyttöön. Näihin on syytä tutustua tarkasti ennen hakemusprosessin aloittamista.

Oppaissa on myös avattu yleisesti, mitä rahoitushakemuksia kirjoittaessa kannattaa

huomioida, mutta vähemmälle huomiolle on jäänyt miten rahoitushakemuksia kannattaa kirjoittaa. Onko rahoitushakemuksen tekstin tyyllillä väliä sen laadun kannalta?

## TARINALLISUUS LISÄÄ TIETEELLISEN TEKSTIN YMMÄRRETTÄVYYTTÄ

Rahoitushakemustekstien kielellistä analyysiä vaikeuttaa se, että hakemukset sisältävät usein salassa pidettäviä tietoja eivätkä ne siksi ole julkisesti saatavilla. Tällöin on mahdollonta kerätä kattavaa aineistoa rahoitushakemuksista ja tarkastella analyytisesti niiden kieltä. Muutamia tällaisia analyyseja on kuitenkin pystytty tekemään ja julkaisemaan.

Esimerkiksi Yhdysvalloissa on tehty pienen otoskoon tutkimus, jossa sokkoutettu arvioitsija pystyi erottelemaan hyväksytyyn rahoit-

## Tutkija on kertoja, joka kertoo arvioitsijalle eli lukijalle, mitä hän tulee tutkimushankkeessaan tekemään.

tushakemuksen hyläystä tekstin diskurssin laadukkuuden perusteella (Boyack ym. 2018). Samojen tutkijoiden jatkotutkimuksessa tarkasteltiin noin 3 500 rahoitushakemusta, jotka oli lähetetty Yhdysvaltain terveystieteiden rahoitusohjelmiin. Tutkijat arvioivat hakemusteksteistä niiden pituutta, selkeyttä, kielen sukupuolittuneisuutta, positiivisia ja negatiivisia tunteita ilmaisevien sanojen osuutta sekä tarinankaarta (Smith ym. 2019). Tässä tutkimuksessa vain tarinankaari korreloi rahoitushakemuksen menestyksen kanssa: tietynlainen tarinankaari näytti menestyvän rahoitushauissa muunlaisia paremmin.

Uusimmassa tutkimuksessa vuodelta 2022 hollantilaiset tutkijat analysoivat useaa muutujaa yli 2 900 rahoitushakemustekstissä. He havaitsivat muun muassa, että analyttinen kirjoitustyyli korreloi negatiivisesti hakemuksen menestyksen kanssa (van den Besselaar ja Mom, 2022). Havainto on mielenkiintoinen, koska tieteellinen kieli on usein analyttistä. Tässäkin tutkimuksessa kaikki rahoitushakemukset saivat korkeat pisteet analyttisestä kirjoitustyylistään.

Kuitenkin hollantilaistutkimuksessa näiden analyttisten tekstien joukossa parhaiten menestyivät ne hakemukset, joissa oli mukana tarinallisen kirjoittamisen elementtejä. Tarinallisuuden lisäksi hakemusten pisteytykseen näyttivät vaikuttavan positiivisesti myös lauseiden pituus sekä varmuutta ja syysuhdetta kuvaavien sanojen käyttö. Liian pitkät lauseet puolestaan vaikuttivat pisteytykseen negatiivisesti.

Toinen tapa tutkia tieteellisten tekstien kielen vaikutusta niiden menestykseen on analysoida jo julkaistujen tieteellisten tutkimusartikkeleiden kieltä suhteessa niiden viittausmääriin. Tällaiset tutkimukset ovat osoittaneet, että tekstin selkeydellä, tarinallisuudella ja saavutettavuudella on merkittävä positiivinen vaikutus tutkimusartikkeleiden viittausmääriin (Hillier ym. 2016; Ryba ym. 2019). Yhdessä tutkimuksessa havaittiin myös, että näillä kielellisillä tehokeinoilla voidaan parantaa merkittävästi tieteellisten abstraktien luettavuutta ja ymmärrettävyyttä (Ryba ym. 2021). Tämä havainto todennäköisesti selittää myös po-

sitiivisen vaikutuksen viittausmääriin: mitä vaivattomammin tutkija löytää tekstistä etsimänsä, sitä helpommin hän voi siihen tukeutua.

Mainittujen tutkimustulosten valossa on perusteltua ajatella, että kielellä ja kirjoitustyyllillä on vaikutusta rahoitushakemusten menestykseen. Etenkin tarinallisuuden elementit nousevat näissä analyyseissä esille hyvinä kielellisinä tehokeinoina tekstin selkeyden ja luettavuuden parantamiseksi. Tämä ei kenties ole yllättävää ottaen huomioon, että ihmistä on usein kutsuttu tarinoita kertovaksi eläimeksi. Ihmiskunnan historiassa tarinat ovat olleet tärkeä keino tiedonvälittämisessä sukupolvelta toiselle, ja edelleenkin aivomme ovat sopeutuneet muistamaan ja ymmärtämään asioita tarinoiden kautta.

Yksinkertaisimmillaan tarina voidaan ajatella sellaisena, että joku kertoo toiselle, mitä tapahtui. Tästä kertoja-lukija-tapahtumaksi on helppo löytää yhtäläisyys myös rahoitushakemusten luonteeseen: tutkija on kertoja, joka kertoo arvioitsijalle eli lukijalle, mitä hän tulee tutkimushankkeessaan tekemään.

Todellisuudessa tarinallisuus koostuu useista eri elementeistä, jotka ulottuvat kertojan tekemistä kielellisistä valinnoista lukijan odotuksiin ja tulkintaan asti. Miten voitaisiin siis käytännössä peilata rahoitushakemuksen kirjoittamista näiden elementtien kautta ja tuoda niitä omaan kirjoittamiseen?

### AKTIIVINEN KIELI TUO ESILLE TEKIJYYDEN JA ROOLIT

Yksi helpoimmin tunnistettavista tarinallisuuden elementeistä on aktiivinen toimijuus. Tarinat, kuten tutkimushankkeetkin, tapahtuvat aktiivisen toiminnan kautta. Tämän aktiivisen toimijuuden pitää myös välittyä rahoitushakemuksesta: mikään tutkimushankkeen toimenpide ei tapahdu itsestään!

Yksi tieteellisen kirjoittamisen perisynteesinä on perinteisesti ollut tekijyyden häivyttäminen tekstistä. Turvaudumme usein passiiviin etäännyttääksemme itsemme tieteen tekemisestä ja luodaksemme kuvan tieteen ja tulosten objektiivisuudesta. Rahoitushakemuksissa passiivin käytöllä on kuitenkin selvä negatiivinen vaikutus, koska se voi jättää arvioitsijalle epäselväksi, kuka on vastuussa tutkimushankkeen eri tehtävistä.

Koska rahoitushakemuksia laaditaan usein englanniksi, alla on kaksi kuvitteellista englanninkielistä esimerkkiä projektinhallintaan liittyvästä kappaleesta:

*Project meetings will be organised twice a year to monitor the progress of the project, and any possible delays are reported to the funding agency.*

*The project management team meets twice a year to monitor the progress of the project and reports any possible delays to the funding agency.*

Projektitapaamisia järjestetään, ja projekti-tiimi tapaa. Vaikka ero näiden muotoilujen välillä on pieni, vivahde-ero on selvä. Alempi esimerkki ei jätä epäselväksi, kenen vastuulla on projektin seuranta ja mahdollisten viivästy-misten raportointi rahoittajalle.

Aktiivinen toimijuus läpi rahoitushake-muksen lisää myös tutkimushankkeen uskot-tavuutta: tehtävien ja vastuiden selkeä kirjaa-minen osoittaa, että niistä on keskusteltu ja sovittu, ja jokaisella toimijalla on selkeä, pe-rusteltu roolinsa hankkeessa sekä tehtäviin tarvittava osaaminen ja resurssit.

### KIELELLISET TIENVIITAT LUOVAT YMMÄRRYSTÄ, PUNAINEN LANKA USKOTTAVUUTTA

Toisena olennaisena tarinallisuuden ele-menttinä nousevat esille aika ja tapahtu-mien syy-seuraussuhteet. Siinä missä tarinat koostuvat sarjasta yksittäisiä tapahtumia, tutkimushankkeet ovat sarja erilaisia toimen-piteitä. Näiden tapahtumien tai toimenpitei-den listaus ei kuitenkaan vielä luo tarinaa, vaan tarina syntyy tapahtumien ja toimen-piteiden yhteyksistä: miten tutkimushank-keen yksittäiset toimenpiteet nivoutuvat loogisesti yhteen ja luovat yhtenäisen ja us-kottavan kokonaisuuden?

Rahoitushakemuksissa tapahtumien ajal-lisuutta ja syy-seuraussuhdetta voidaan aja-tella sekä mikrotasolla että makrotasolla.

Mikrotasolla huomio kiinnittyy siihen, miten tekstissä tuodaan esille asioiden yhteydet. Tällöin kirjoittajana apuna ovat kielelliset tienviitat, jotka auttavat sitomaan yksittäisiä lauseita yhteen ja siten ohjaamaan lukijan ajatuksia kohti kokonaisuutta. Sanat, kuten *furthermore*, *for example* tai *consequently*, vihjaavat heti lukijalle, että tulevan lauseen ajatus juontuu kiinteästi sitä edeltävästä lau-seesta. Sanat *firstly* tai *lastly* kertovat lukijalle, milloin jokin tietty ajatuskokonaisuus alkaa ja milloin se loppuu. Sanat *however* tai *in contrast* vievät lukijan ajatukset vastakkain-asetteluun, jolloin tuleva ajatus on jollain ta-valla ristiriidassa edellisen kanssa. *Currently*, *previously* tai *in Europe* puolestaan ankkuroi-vat ajatuksen tiettyyn aikaan tai paikkaan ja siten auttavat lukijaa hahmottamaan ajatuk-sen kontekstin.

Makrotasolla taas tarkoitetaan sitä, miten eri hankkeen toimenpiteet ovat yhteydessä toisiinsa. Tällä tasolla rahoitushakemuksen tarinan raamit, lähtökohta ja päämäärä löy-tyvätkin usein hakutekstistä. Lähtökohta on yleensä ratkaistava haaste tai ongelma ja pää-määrä odotetut tuotokset tai vaikutukset.

Rahoitushakemuksen tehtävä on välittää rahoittajalle hakijan tarina siitä, miten hän aikoo ratkaista hakutekstin antaman ongel-man ja saavuttaa sen asettamat tavoitteet. Rahoittajan tehtävä on sitten arvioida, pi-tääkö se hakijan tarjoamaa tarinaa uskotta-vana. Uskottavuuden kannalta on tärkeää,

## Uskottavuuden kannalta on tärkeää, että rahoitus-hakemuksesta löytyy kertomuksen punainen lanka.

että rahoitushakemuksesta löytyy kertomuk-sen punainen lanka, joka kulkee yksittäisten tutkimustulosten ja toimenpiteiden kautta konkreettisiin tuotoksiin ja edelleen niiden synnyttämiin vaikutuksiin.

Usein ongelma ei kuitenkaan ole varsinaisesti epäuskottavuus, vaan se, että tarinan uskottavuutta on vaikea arvioida. Yleensä tämä johtuu siitä, että hakemuksissa ei ole tarpeeksi yksityiskohtaisesti kuvattu suunniteltuja toimenpiteitä, jolloin on mahdotonta päätellä, miten ne kuljettavat tarinaa kohti päämäärää. Esimerkiksi työpajojen järjes-täminen toimenpiteenä ei itsessään kuljeta tarinaa eteenpäin, jos hakemuksesta ei käy ilmi, kuinka monta ja miksi niitä järjestetään, milloin, missä, kenelle ja kenen toimesta sekä mitkä ovat niiden odotetut lopputulokset ja mitä niiden järjestämisestä seuraa.

*South Park* -animaatiosarjan luojat **Matt Stone** ja **Trey Parker** kertoivat New Yorkin yliopistossa pitämässään kirjoitusseminaa-riissa, että heidän yksinkertaisin sääntönsä tarinoiden luomiseen on korvata sanapari

*and then* sanalla *therefore*. Käytännössä tämä tarkoittaa, että jokaisen tarinan osan tulisi johtaa loogisesti tarinan seuraavaan osaan: ”*X happens, so therefore Y happens*”. X tapahtuu, joten Y tapahtuu.

Koska rahoitushakemukset ovat alisteisia rahoittajan hakutekstilelle, Stonen ja Parke-rin ohje voidaankin projektin suunnittelus-sa kääntää toisinpäin: ”*Y needs to happen, so therefore X needs to happen*”. Tällainen ajattelutapa hakemusta kirjoittaessa ohjaa ajattelua hankkeen toimenpiteiden vaikut-tavuuden suuntaan: hankkeen yksittäiset toimenpiteet nivoutuvat yhteen palvelen jotain tarkoitusta.

### AUTA LUKIJAA YMMÄRTÄMÄÄN

Kolmantena ja ehkä tärkeimpänä tarinal-lisuuden elementtinä rahoitushakemusten kontekstissa on itse tarinan lukija eli arvioit-sija. Ensinnäkin arvioitsijan on ymmärrettä-vä kertomamme tarina. Edellä jo mainitut kielelliset asiat, kuten aktiivisen kielen ja

## Osaamme kertoa tutkimuksestamme rennosti ja ymmärrettävästi seminaarin lounaspöydässä, mutta kun menemme seminaarissa esiintymään, vaihdamme puhetyylimme jäykäksi asiantuntijapuheeksi.

kielellisten tienviittojen käyttö, ovat yksiä keinoja lisätä tekstin ymmärtämistä, mutta niiden lisäksi on hyvä tunnistaa myös muita keinoja.

Yleisimpiä ongelmia rahoitushakemuksissa on liiallisen ammattikielen käyttäminen. Ilmiö on havaittavissa usein myös tieteellisissä esityksissä. Osaamme kertoa tutkimuksestamme rennosti ja ymmärrettävästi seminaarin lounaspöydässä, mutta kun menemme seminaarissa esiintymään, vaihdamme puhettyylimme jäykäksi asiantuntijapuheeksi.

Tietysti hakemuksesta on välityttävä, että tunnemme oman alamme termit ja käsitteet, mutta hakemusta kirjoittaessa on hyvä muistaa, että arvioitsijat ovat harvoin juuri saman alan asiantuntijoita. Arvioitsijat ovat usein myös kiireisiä. He saattavat lukea oman päivätyönsä ohessa kymmeniä hakemuksia, joten heillä ei ole ylimääräistä aikaa yrittää ymmärtää tekstiä, vaan sen on avauduttava heille nopeasti. Hakemuksia kirjoitettaessa

onkin hyvä miettiä tekstin ymmärrettävyyttä: kun kerromme tarinaa, mitä kuulijan pitää tietää ja ymmärtää, jotta hän pystyy seuraamaan ja ymmärtämään tarinaamme?

Toinen lukijaan liittyvä elementti on tulkinta ja odotukset. Kun luemme tietyn genren tarinaa, meillä on tiettytyyppisiä odotuksia sitä kohtaan ja tulkitsemme niitä usein edellisten kokemustemme mukaan. Arvioitsijat lukevat myös rahoitushakemuksia tiettyjen odotusten mukaan. Rahoitushakemusten genressä tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että asiat sanotaan siellä, missä arvioitsija odottaakin. Tämä liittyy myös tekstin tulkintaan.

Rahoitushakemuksissa haluamme jättää mahdollisimman vähän tilaa arvioitsijan omalle tulkinnalle, koska hänen tehtävänsä on löytää hakemuksen heikkoudet ja näin hänen tulkintansa on todennäköisesti negatiivinen. Jotta vastaisimme arvioitsijan odotuksiin ja vähentäisimme väärän tulkinnan

mahdollisuutta, hakemuksissa kannattaa selkeästi ilmaista arvioinnin kannalta olennaiset avainkohdat. Selkeimmillään ilmaisut, kuten *the aim of this study is, the expected results of this study are* tai *the results contribute to the funder's objectives by*, auttavat arvioitsijaa heti löytämään arvioinnin kannalta tärkeitä asioita ja jättävät vähän sijaa tulkinnalle.

Myös hakutekstissä esiin nostetut termit, arvot ja politiikkalinjaukset kannattaa selkeästi mainita itse hakemuksessa. Jos hakutekstissä vaaditaan rahoitettavien hankkeiden edistävän Euroopan unionin Vihreän siirtymän ohjelmaa, kiireinen arvioitsija todennäköisesti etsii ja odottaa tekstistä mainintaa Vihreän siirtymän ohjelmasta, jotta hän voi arvioida, miten hakija on kuvannut hankkeen edistävän tätä ohjelmaa. Jos arvioitsija ei löydä tätä mainintaa, hän joutuu itse tulkitsemaan, edistääkö hanke ohjelmaa vai ei ja onko hakija ottanut huomioon ohjelman edistämistä hankkeessaan.

### RAHOITUSHAKEMUS ON TARINALLISUUDEN JA TIEDELLISYYDEN TASAPAINOILUA

Lopulta on kuitenkin hyvä muistaa, että rahoitushakemus on pohjimmiltaan tieteellinen, analyttinen teksti ja sitä arvioidaan myös tieteellisillä mittareilla. Hyväkään teksti ei pelasta rahoitushakemusta, jos sen idea ja tavoitteet eivät ole tieteellisesti hyvin perusteltuja. Toisaalta hyväkään idea ei johda

rahoitettavaan hakemukseen, jos ideaa ja sen arvoa ei pystytä selittämään ymmärrettävästi hakemuksessa.

Hyvän rahoitushakemustekstin voisikin summata seuraavasti: tarpeeksi tarinallinen ymmärrettäväksi, tarpeeksi tieteellinen vakuuttaakseen.

Richard Forsgård on hankekirjoittaja Hämeen ammattikorkeakoulussa.

### KIRJALLISUUS

- Boyack, K. W., Smith, C. ja Klavans, R. 2018. Toward predicting research proposal success. *Scientometrics* 114, 449–461. <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2609-2>.
- Hillier, A., Kelly, R. P. ja Klinger, T. 2016. Narrative Style Influences Citation Frequency in Climate Change Science. *PLOS ONE* 11, e0167983. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167983>.
- Ryba, R., Doubleday, Z. A. ja Connell, S. D. 2019. How can we boost the impact of publications? Try better writing. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 116, 341–343. <https://doi.org/10.1073/pnas.1819937116>.
- Ryba, R., Doubleday, Z. A., Dry, M. J., Semmler, C. ja Connell, S. D. 2021. Better Writing in Scientific Publications Builds Reader Confidence and Understanding. *Front. Psychol.* 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.714321>.
- van den Besselaar, P. ja Mom, C., 2022. The effect of writing style on success in grant applications. *J. Informetr.* 16, 101257. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2022.101257>.