

150 vuotta luonnonvalinnan teoriaa

■ Johanna Mappes

Vietämme evoluutioteorian juhluvuotta. Tänä vuonna tulee kuluneeksi tasan 200 vuotta luonnontieteilijä, luonnonvalinnan teorian isän, Charles Darwinin syntymästä. Darwinin pääteoksen, lajien synnyn julkaisemisesta on niin ikään pyöreät 150 vuotta. Jos aivan tarkkoja ollaan, luonnonvalinnan teorian juhluvuotta olisimme voineet juhlia jo viime vuonna, sillä kesäkuussa 1858 Lontoon Linnean Societyn tiloissa arvokkaista herroista koostunut ryhmä kokoontui lukemaan tekstejä, jotka Alfred Wallace ja Charles Darwin olivat toimittaneet seuralle luettavaksi.

Nämä kaksi luonnontieteilijää ja tutkimusmatkailijaa olivat päätyneet lähes yhtä aikaa, vastakkaisilla pallonpuoliskoilla päätelmiin, joilla on ollut aivan erityinen merkitys tieteelle ja ihmisten käsitykseen elämästä ja sen synnystä. He esittivät ihmisen ajattelun mullistavan ajatuksen eliöiden sopeutumisesta ympäristöönsä ja hitaasta muutoksesta toiseksi yhteisestä kantamuodosta. Tämän muutoksen voimana toimii luonnonvalinta. Darwin on näistä luonnontieteilijöistä se, jonka nimi on jäänyt tieteen historiaan evoluutioteorian isänä osaksi hänen parempien poliittisten suhteidensa kautta mutta myös siksi, että hänen tutkimuksensa olivat laajempia ja perustellumpia.

Evoluutioteorian ymmärrys korkeintaan välttävä

Vaikka luonnontieteilijät lähes saman tien hyvin yksimielisesti hyväksyivät evoluutioteorian, ei-biologioiden käsitys evoluutioteoriasta näyttää usein tiivistyvän fossiileihin ja dinosauruksiin. Evoluution luullaan tapahtuneen joskus dinosaurusten aikaan kauan sitten ja siihen joko kuuluu uskoa tai sitten ei. Tai sitten muistetaan joko tahallaan tai tahattomasti vääristellyt mielikuvat, virhetulkinnat ja väärinkäytökset, jois-

ta synkimpinä ja epämiellyttävimpinä mielessä kummittelee sosiaalidarwinismi ja Natsi-Saksan groteskit rodunjalostusaatteet. On syytä kuitenkin muistaa, ettei näillä ihmiskunnan synkillä hetkillä ole muuta tekemistä luonnonvalinnan tai darwinismin kanssa kuin analogia ”heikkojen” karsiutumuksesta. Sosiaalidarwinismissa ja eugeniikassa ihminen, ei luonto, otti ohjat käsiinsä ja pyrki karsimaan ominaisuuksia, jotka omasta subjektiivisesta näkökulmastaan näki vääräksi tai huonoiksi. Ajatus luonnonvalinnan soveltamisesta sosiaalidarwinismin tai rotuhygienian kaltaisella tavalla suoraan yhteiskuntaan on kestävämpi kuin eettisesti kuin biologisesti. Vahvemman hyötyä ja kilpailu korostaville on syytä muistuttaa, että luonnonvalinta on tuottanut myös auttamishalun, yhteistyön, myötätunnon ja sosiaalisuuden. Nämä ominaisuudet ovat vähintään yhtä tärkeitä ominaisuuksia kaltaisemme sosiaaliselle lajille kuin kilpailu tai vahvat lihakset.

Luonnonvalinnan mekanismi

Evoluutio ei ole mikään mystinen uskon asia, oppi tai aate vaan tosiasia, jota tapahtuu ympärillämme kaiken aikaa. Evoluution seurannaisvaikutukset ovat usein myös hyvin käytännöllisiä. Niin käytännöllisiä, että emme edes aina ymmärrä sitä, kuinka paljon luonnonvalinnan sovellutuksista ja tuotoksista päivittäin nautimme ja kärsimme. Evoluutiota tutuimmillaan on jalostus. Jo esi-isät ja -äidit valikoivat parhaimman makuisten, ravitsevimpien ja runsassatoisimpien yksilöiden jälkeläisiä jatkamaan sukua. Esimerkiksi kaikki kaalit on jalostettu samasta villistä kaalin kantamuodosta.

Luonnonvalinnan perusmekanismi on varsin yksinkertainen, niin yksinkertainen, että sen yksinkertaisuus tuntuu tekevän siitä epäuskot-

tavan. Voiko jokin niin yksinkertainen periaate tuottaa kaiken sen vaihtelun ja monimutkaisen, jonka luonnossa näemme? Kyllä voi. Eliöiden lisääntymispotentiaali on hyvin suuri, mutta vain osa tuotetuista jälkeläisistä selviytyy lisääntymiskään. Yksilöiden välillä on muuntelua eli vaihtelua. Henkiinjääminen ei ole satunnaista vaan parhaiten omaan ympäristöönsä sopeutuneet yksilöt selviävät lisääntymään. Mikäli ominaisuudet, jotka auttoivat yksilöä selviytymään ja lisääntymään ovat periytyviä, nämä yksilöille hyödylliset ominaisuudet yleistyvät seuraavassa sukupolvessa, joka johtaa muutokseen populaatiossa. Ympäristöolot voivat tietysti muuttua, jolloin ennen hyödyttömät tai jopa haitalliset ominaisuudet voivatkin tulla toisissa olosuhteissa edullisiksi, jolloin valinnan suunta voi muuttua.

Myös ihmisen taloudellinen ja yhteiskunnallinen toiminta aiheuttaa muutoksia luonnollisissa ekosysteemeissä ja eliöihin kohdistuvissa valintapaineissa, aikaansaaden evoluutiota. Ympäristömuutosten ja niiden aiheuttamien evolutiivisten muutosten tutkiminen edesauttaa meitä rakentamaan paremman teorian ympäristöstämme sekä parhaissa tapauksissa ennakkoimaan muutosten seurauksia ja varautumaan niihin. Vaikka tiedämme, että kaikella luonnonvarojen käytöllä on evolutiivisia seurauksia, evoluutio otetaan harvoin huomioon luonnonvarojen käyttöä suunniteltaessa. Esimerkiksi suuriin kokoluokkiin kohdistuva kalastus, joka valikoi isot kalat populaatiosta, suosii sukukypsyyseen pienenemistä, mikä osaltaan voi vaikuttaa kalakantojen tuottavuuteen ja kestävyYTEEN. Lääkkeiden ja torjunta-aineiden käyttö suosii vastustuskyvyn kehittymistä taudinaiheuttajissa ja tuholaisissa, mistä aiheutuu suuria ongelmia terveydenhoidossa ja maataloudessa. Ihminen vaikuttaa evoluutioon myös epäsuorasti luomalla uusia elinympäristöjä lajeille. Esimerkiksi tuotantoeläinten tiheät kannat mahdollistavat tautien nopean leviämisen ja taudinaiheuttajien kehittymisen entistä vaarallisemmiksi. Intensiivinen tuotanto mahdollistaa myös tautien leviämisen lajista toiseen, esimerkkinä ihmisen influenssaepidemiät, jotka ovat lähtöisin tuotantoeläiminä pidetyistä linnuista.

Ensimmäiset tutkimukset luonnonvalinnasta

Ensimmäinen tieteellinen tutkimus, joka käytti perusteena luonnonvalinnan teoriaa, oli mimi-kria. Luonontieteilijä Henry Bates, tutkimusmatkoillaan Amazonilla (1848–59), teki havainnon, että myrkyllisiä ja muuten tehokkaasti petoja vastaan puolustautuvia lajeja usein matkii vaaraton laji. Hän esitti, että lintujen saalistus olisi toiminut valintatekijänä, joka on johtanut huijarin värityksen tai muun ominaisuuden muuttumiseen mallia muistuttavaksi. Henry Bates oli erityisen kiinnostunut eräistä kiitäjien heimoon kuuluvista perhostoukista, jotka häiritäytinä pullistavat päänsä ja muistuttavat erehdyttävästi käärmeen päätä. ”Nämä toukat näyttävät niin aidosti käärmeiltä, että jokainen vastaantulija, jolle toukkaa olen näyttänyt on pelästynyt ja luullut näkevänsä käärmeen”, kuvasi Henry Bates raportissaan näitä huijareita.

Tutuin kotimainen esimerkki mallista ja matkijasta ovat ampiainen ja kukkakärpänen. Ampiaisen musta-keltainen väritys on varoitussignaali pedoille. Varomattomalle pedolle on rangaistuksena tuskallinen pisto. Näin pedot oppivat välttämään saaliseläimiä, jotka ovat musta-keltaraidallisia. Monille pedoille on kehittynyt jopa myötäsyttyinen kyky varoa musta-keltaista raidoitusta. Harmiton kukkakärpänen ampiaista muistuttavalla värityksellään välttää ainakin osan petojen hyökkäyksistä. Ilmiö tunnetaan tänäkin päivänä keksijänsä mukaan Batesin mimikriana. Darwin oli hyvin kiinnostunut näistä havainnoista ja käytti kirjoissaan runsaasti esimerkkejä Batesin tutkimuksista. Vielä tänäkin päivänä varoitusvärit ja mimikria ovat yksi kauneimpia esimerkkejä luonnonvalinnan toiminnasta.

Joskus evoluutio on liian nopeaa

Vähintään kerran kesässä lehtiotsikoihin ilmestyy koloradonkuoriainen ja sen sitkeät leviämisyrietykset Suomen kamaralle perunanviljelijöiden kiusaksi. Viranomaiset ovat varpaillaan, sillä kyseessä on perunan pahin hyönteistuholainen, joka on sadassa vuodessa levittäytynyt koko Euroopan alueelle pohjoisinta Skandinaviaa ja

Britanniaa lukuun ottamatta. Laji on myös kuuluisa uskomattomasta lisääntymispotentiaalistaan ja sopeutumiskyvystään. Tähän mennessä sen tiedetään tulleen resistentiksi ainakin 44:lle eri torjunta-aineelle. Miten tämä on mahdollista?

Torjunta-aine resistenssi on evoluutioprosessi. Hyönteispopulaatiossa on geneettistä muuntelua torjunta-aineiden kestävydessä. Valintatekijänä toimii torjunta-aine, ja tuloksena torjunta-aineelle kestävimmat yksilöt jäävät henkiin. Henkiin jäävä populaatio on kestävämpi kuin edellinen sukupolvi ja mikäli valinta, eli torjunta jatkuu, tuloksena on torjunta-aineille yhä kestävämpi hyönteispopulaatio, haittoja ympäristölle sekä torjunta-ainejäämiä ravintoketjuun. Torjunta-aineresistenssin evoluutio voi olla hyvin nopeaa; merkittäviä muutoksia voi tapahtua parissa sukupolvessa. Onneksi modernit DNA-tunnistetekniikat ovat tulleet avuksi ja voimme nykyään tunnistaa tietyille torjunta-aineille resistentit yksilöt ja pysymme ajan tasalla siitä, minkälaista geneettistä kuoriaismateriaalia Suomeen on leviämässä. Onkin erittäin tärkeää, että torjunnasta vastaavat viranomaiset, viljelijät ja evoluutiobiologit tekevät saumatonta yhteistyötä vastaavia ongelmia ratkottaessa.

Vastaava, ihmisen näkökulmasta liian nopea evoluutioprosessi on mikrobien kehittyminen resistenteiksi antibiooteille tai puhdistusaineille. Mikrobipopulaation valtava koko ja muuntelu mahdollistavat nopean muutoksen. Vaikka mikrobien evoluutiopotentiaali on tunnettu verrattain pitkään, kuvattiinhan ensimmäiset antibiooteille resistentit bakteerikannat jo 1950-luvulla, vasta aivan viime aikoina on havahduttu ajattelemaan mikrobeita oikeina eliöinä, joilla on oma evoluutiohistoriansa ja jotka ovat osana ekologisia vuorovaikutuksia. Nämä vuorovaikutukset, kuten saalistus tai kilpailu, voivat vaikuttaa mikrobin taudinaiheutuskykyyn eli virulenssiin ja sen evoluutioon.

Esimerkiksi alkueläinten saalistus aiheuttaa saaliissa, eli mikrobissa, valintapaineen, joka suosii saalistusta paremmin kestäviä yksilöitä. Joskus nämä ominaisuudet voivat olla samoja, jotka vaikuttavat bakteerien virulenssiin eli

taudinaiheutuskykyyn. Alkueläinsaalistus voi esimerkiksi suosia mikrobin paksumpaa ulko-kuorta, joka auttaa sitä selviytymään pedon ruoansulatuskanavan läpi. Tämä sama ominaisuus tekee joistain *Salmonella*-bakteereista kestäviä myös ihmisen ruoansulatuskanavan hapoille.

Joskus evoluutio on liian hidasta

Vaikka monien hyönteisten ja mikrobien evoluutionopeus voi olla hyvinkin suuri, se ei silti tarkoita sitä, että eliöt voivat sopeutua mihin tahansa. Varsinkin ihmisen aikaansaamat muutokset ovat usein niin suuria ja nopeita, etteivät eliöt pysty sopeutumaan näihin muutoksiin. Esimerkiksi ilmastonmuutos pohjoisilla seuduilla on johtanut siihen, että lumipeite sulaa yhä aikaisemmin ja jotkut lajit, kuten teeri, erehtyy aloittamaan pesintänsä liian aikaisin. Poikaset kuoriutuvat ennen kuin hyönteisiä on riittävästi, ja suuri osa poikasista paletuu ja kuolee nälkään. On epätodennäköistä, että populaatiot pystyvät evolutiivisesti sopeutumaan tähän muutoksen, sillä geneettistä muuntelua pesinnän ajoittamisen suhteen on populaatiossa hyvin vähän.

Koko biologian alan kattoteoria

Darwinin 150 vuotta sitten esittämä teoria luonnonvalinnasta voidaan sanoa luoneen pohjan koko biologialle, sillä se antaa loogisen selityksen luonnon ihmeelliselle monimuotoisuudelle. Darwinin alkuperäistä teoriaa on osaltaan vahvistanut viime vuosikymmenten suuret edistysaskeleet biotieteissä, kuten kaikkien lajien yhteisen geneettisen koodin ratkaisemisen. Toivottavasti lisääntyvä ymmärryksemme ja tietomme eliöiden evoluutiosta ja ekologiasta myös opettaa meitä arvostamaan elämän monimuotoisuutta ja kauneutta.

Kirjoittaja on akatemiaprofessori. Artikkelin perustuu Tieteen päivillä 7.1.2009 pidettyyn esitelämään.