



Tarkoituksenmukaisuus elävässä luonnossa ja sen selitykset

Kari Lagerspetz



Ihmisen jalat ovat kävelemistä varten, lintujen siivet ovat lentämistä varten. Ihmisen jalat ovat tarkoituksenmukaisia kävelemiseen, lintujen siivet lentämiseen. Ne ovat sopeutuneet näihin toimintoihin. Miksi veri kiertää? Koska sydän pumppaa sen liikkeelle. Mitä varten veri kiertää? Se tuo ravintoa ja happea ruumiin kudoksiin ja vie niistä kuona-aineita ja hiiliidioksidia pois. Sydämen toiminta ja verenkierto ovat tarkoituksenmukaisia elämän ylläpitämiseksi.



Nämä esimerkkilauseet ovat nykypäivänkin biologiaan sopivia. Tarkoituksenmukaisuus on selvästi ominaista monille elävän luonnon ilmiöille. Mutta ihmiset ovat myös halunneet tietää, mitä elävän luonnon tarkoituksenmukaisuus on ja miksi sitä ilmenee. Tämä on ollut koko biologian ja sitä koskevan filosofian peruskysymys viimeksi kuluneitten 200 vuoden ajan ja on sitä edelleenkin, vaikka suurimmat siihen liittyvät ongelmat onkin tänä aikana ratkaistu. Elävän luonnon tarkoituksenmukaisuuden ongelmaan edelleen kohdistuvaa luonnonfilosofien kiinnostusta osoittaa esimerkiksi se, että tänä vuonna (1998) ilmestyi MIT Pressin kustantamana 600-sivuinen antologia *Nature's Purposes. Analyses of function and design in biology*, jonka yksi amerikkalainen biologi ja kaksi filosofia ovat koonneet aiheesta viimeisten 25 vuoden aikana ilmestyneistä alan tutkijoiden kirjoituksista. En nyt kuitenkaan käsittele tätä kirjaa.



Aristoteleen käsitys



Palaan kysymyksiin "miksi veri kiertää?" ja "mitä varten veri kiertää?" Aristoteleen meille säilyneiden noin vuodelta 330 e.a.a. olevien kirjoitusten mukaan hän tunsikin hyvin Välimeren eläimet. Meille Aristoteles on pääasiassa kuitenkin paitsi biologian, myös luonnonfilosofian ja logiikan perustaja. Aristoteles erotti "miksi"- ja "mitä varten"-kysymykset ja niihin annettavat vastaukset selvästi toisistaan. Vastauksena "miksi"-kysymykseen oli ilmiön syy (causa efficiens) ja vastauksena "mitä varten"-kysymykseen oli ilmiön tarkoitus (causa finalis). Syyt ehkä vaihtelivat, mutta tarkoitukset olivat pysyviä: luonnon ja koko olevaisuuden suuri ominaisuus oli harmonia, tasapaino, josta kaikki muu seurasi. Mitään luojaa tai jumalaa ei tähän tarvittu. Aristoteleen mukaan elottoman luonnon ilmiöt olivat yhtä lailla tarkoituksenmukaisia kuin elävänkin luonnon. Voidaan ehkä sanoa, että Aristoteles laajensi hyvin tuntemassaan elävässä luonnossa ilmenevän tarkoituksenmukaisuuden myös elottomaan luontoon.



Teologiset selitykset



Kesti noin 2000 vuotta, noin vuoteen 1600 a.a.j., ennenkuin elottoman luonnon ilmiöiden tarkoituksenmukaisuus hylättiin Galileo Galilein tähtitieteellisissä tutkimuksissa ja Francis Baconin filosofiassa. Aikaväli on pitkä, mutta on muistettava, että vasta 1200-luvulla Aristoteleen vihdoin löydettyjä teoksia alettiin kääntää latinaksi, silloiseksi Rooman valtakunnan perinteenä olevan kirkon ja oppineiden valtakieleksi. Ne sopivat hyvin, kunhan vain tarkoituksenmukaisuuden alkuperäksi tai ylläpitäjäksi lisättiin kristinuskon (tai Mooseksen uskon tai Islamin) Jumala. Uskonto, valtarakenteet, uskonnolliset ja poliittiset arvot vallitsivat ajattelua. Soveltava etiikka oli filosofisen tutkimuksen pääkohteena ainakin 1600-luvulle, Descartes'iin saakka. Uskonto näytti antavan selityksen myös kaikille luonnon ilmiöille. Vaikka elottoman luonnon ilmiöitä, kuten planeettojen liikkeitä ei enää 1600-luvun jälkeen pidettykään mihinkään tarkoituksenmukaisina, elävän luonnon ilmiöt osoittivat monille vielä kauan maailman suurta yleistä jumalallista tarkoituksenmukaisuutta. Tutkijatkin saattoivat tietysti tehdä hyvää työtä aikansa muusta tutkimuksesta, esimerkiksi yhä enemmän esille tulevasta kehitysajatuksesta välittämättä, kuten Carl von Linné 1700-luvulla. Linné kannatti Aristoteleen käsitystä luonnon tarkoituksenmukaisuudesta kristillisen teologian sille antamassa muodossa.



Luonnon valinnan teoria



Vasta 140 vuotta sitten, 1858 Charles Darwin julkaisi ensimmäisen esityksen kehitysopista ja nimenomaan sitä selittävästä luonnon valinnan teoriasta. Darwinin pääteos Lajien synty ilmestyi seuraavana vuonna. Darwinin valintateoria selittää elävän luonnon tarkoituksenmukaisuutta siten, että periytyvän muuntelun aiheuttamat eliöissä ilmenevät epätarkoituksenmukaisuudet karsiutuvat valinnan vaikutuksesta pois, ja eliöiden jälkeläiset ovat yhä paremmin sopeutuneita ympäristöönsä. Se, mitä Darwinin teoria ei selittänyt, oli periytyvän muuntelun alkuperä.

Tämä selvisi 1900-luvun alussa periytyvien muutosten, mutaatioiden tullessa tunnetuiksi samaan aikaan kuin Mendelin jo 1866 esittämät periytymisen lait löydettiin uudelleen.

Näytti kuitenkin siltä, että vaikka valintateoria saattoikin selittää lajien sopeutumisen tiettyihin olosuhteisiin karsimalla niissä huonon säilymiseen ja lisääntymisen aiheuttavia perintötekijöitä, tämä olisi voinut johtaa vain lajien säilymiseen muttei uusien ominaisuuksien kehittymiseen.

Mutaatiot ovat siinä mielessä sattumanvaraisia, että suurin osa niistä on kulloinkin vallitsevissa olosuhteissa eliöiden säilymisen kannalta vahingollisia tai ainakin hyödyttömiä. Mutta hyödyttömät mutaatiot voivat olosuhteiden muuttuessa tullakin hyödyllisiksi, eliöiden säilymistä ja lisääntymistä edistäviksi.

1930- ja -40-luvuilla perinnöllisyystieteen tulokset ja valintateoria yhdistettiin neodarwinistiseksi eli synteettiseksi evoluution valintateoriaksi. Tämän mukaan luonnon valinta voi sekä ylläpitää eliöissä niiden perintötekijöissä olevaa aikaisempaa informaatiota että tuottaa uutta, muuttuneissa olosuhteissa eliöille tärkeää informaatiota. Uuden informaation tuotto on nykyisen valintateorian ydin ja yleensä myös sen vaikein ymmärrettävä sisältö. Koska vastaavaa ilmiötä ei esiinny elottomassa luonnossa, vaan juuri se selvimmin erottaa elollisen elottomasta, tämä on monille muilla aloilla päteville henkilöille vaikeaa hyväksyä. Se jäi esimerkiksi Eino Kailalta tavoittamatta, mistä kerron jäljempänä.

Eliöiden sisäisen tarkoituksenmukaisuuden selitykset

Vaikka ainakaan 1700-luvulta alkaen ei tähtitieteessä, fysiikassa eikä kemiassa ole käytetty ilmiöiden tai ominaisuuksien tarkoituksenmukaisuuteen perustuvia selityksiä, biologiassa ne sen sijaan ovat olleet tavallisia.

Eliöiden elintoiminat ovat yleensä hyvin sopeutuneet toisiinsa, esimerkiksi hengitys ja verenkierto ovat jatkuvassa yhteistoiminnassa, ja kudosten hapensaanti kasvaa niiden hapentarpeen mukaan. Energian kulutus ja sen tuotto ovat yleensä tasapainossa. Eliöissä on siis elintoimintojen keskinäistä tarkoituksenmukaisuutta ylläpitäviä yhteyksiä.

Jo 1800-luvun lopulla kävi selväksi, että eliöiden toiminat noudattavat fysiikan ja kemian peruslakeja. Biokemian kehittyessä tämä tuli monin tavoin varmistetuksi. Onko fyysikaalisissa ja kemiallisissa järjestelmissä siis joitakin elintoimintojen tarkoituksenmukaisuutta selittäviä piirteitä? Näitä on kaksi: avoimien järjestelmien itsesäätelykyky ja takaisinsyöttöön perustuva kyberneettisten järjestelmien itsesäätelykyky.

Avoimet järjestelmät ovat sekä aineen- että energianvaihdossa ympäristönsä kanssa. Kynttilän liekki on avoimien järjestelmien vanha esimerkki. Kuumassa kaasuuntuneet hiilihiukkaset hehkuvat palaessaan hiilidioksidiksi ja vedeksi. Hiilihiukkaset vaihtuvat koko ajan, mutta liekki pysyy samanlaisena. Vaikka sitä häiritään tilapäisesti esimerkiksi ilmavirralla, se palaa häiriön jälkeen entisenlaiseksi. Eliöt ja niiden solut ovat avoimia järjestelmiä, jotka ottavat ainetta ja energiaa ympäristöstään ja palauttavat sen siihen muuttuneessa muodossa. Jos tällainen avoin, ainetta ja energiaa muuntava, ja virtaustasapainossa (engl. steady state, saks.

Fliessgleichgewicht) oleva järjestelmä poikkeutetaan virtaustasapainotilastaan, se palaa siihen takaisin. Tämä on järjestelmän fyysikaalis-kemiallista itsesäätelyä, joka vaatii sekin energiaa. Näyttää siltä kuin poikkeutettu järjestelmä "pyrkisi" takaisin tasapainotilaan. 1930-luvun lopulta 1940-luvulle eräät tutkijat, kuten amerikkalainen fysiologi Alan C. Burton, itävaltalainen biologi Ludvig von Bertalanffy ja venäläis-belgialainen fyysikkokemisti Ilya Prigogine selvittivät ei-käänteisten avoimien systeemien termodynamiikkaa (Prigogine sai työstään vihdoin fysiikan Nobelin palkinnon 1977).

Aine ja energia ovat ainoat tunnetut informaation välityksen muodot. Koska eliöt saavat ympäristöstään sekä ainetta että energiaa, ne saavat niiden mukana myös informaatiota. Tätä eliöt voivat tallentaa eri tavoin, elintoimintojen ja rakenteiden nopeana sopeutumisena, immunologisena muistina, tavallisena muistina ja, sukupolvien jatkuessa geneettisenä

Tarkoituksenmukaisuuden loogiset ja semanttiset selitykset

Palaan tämän esityksen alkuun, tarkoituksenmukaisuuden käsittelyyn ajattelussa ja kielenkäytössä.

Tarkoituksenmukaisuus on eräs yksisuuntainen suhde kahden eri ominaisuuden välillä. P on tarkoituksenmukainen Q:lle.

Tämä merkitsee sitä, että 1) P ei haittaa Q:ta ja 2) P voi edistää Q:ta ja/tai P on Q:n välttämätön ehto. Tämä tulkinta johtaa siihen, että ominaisuus Q pitäisi kvantifioida (haitattu Q, edistetty Q). On selvää että Q:sta ei seuraa mitään P:n suhteen. Mutta myös välttämättömän ehdon käsite tulee esille. Tarkoituksenmukaisuussuhde ei ole looginen vaan empiirinen suhde, Aristoteleen *causa finalis* -suhde.

Myös kausaalisuhde (syy-seuraus -suhde) on kahden eri ominaisuuden välinen yksisuuntainen suhde. Esimerkiksi R on S:n syy, jolloin S on R:n seuraus. Kausaalisuhdekaan, joka vastaa Aristoteleen *causa efficiens* -suhdetta, ei ole looginen suhde.

Näille läheinen varsinaisen logiikan osa on induktiivisen päättelyn logiikka, joka koskee ominaisuuksien välttämättömiä ja riittäviä ehtoja. Tätä ovat mm. C. D. Broad, G. H. von Wright ja J. L. Mackie kehittäneet. Jos ominaisuus T on riittävä ehto ominaisuudelle U, U on puolestaan T:n välttämätön ehto.

Välttämättömyys on yksisuuntainen suhde kahden eri ominaisuuden välillä, mutta sen vallitessa on myös näillä ominaisuuksilla toisinpäin riittävyysuhde. Vaikka tuntuu mahdolliselta tulkita syy seurauksensa riittäväksi (tai välttämättömäksi) ehdoksi, ja näin tieteen induktiopäätelmissä tehdäänkin, kausaalisuhteeseen kuuluu myös synn ja seurauksen välinen aikaero, jota ei välttämättömien ja riittävien ehtojen logiikka ota huomioon.

On myös huomattava, että ominaisuudet U ja T voivat olla saman tai eri yksilön (olion tai ilmiön) ominaisuuksia. Lisäksi T:n riittävä ehto U tai T:n välttämätön ehto V voi olla yhdistelmä, esimerkiksi ehtojen A, B ja C konjunktio (A ja B ja C) tai niiden disjunktio (A ja/tai B ja/tai C). Tämä mutkistaa riittävien ja välttämättömien ehtojen logiikkaa, mutta tuo sen lähemmäksi tieteessä käytettyjä päättelyitä ja käsitteitä.

Biologiassa puhutaan usein myös tehtävistä, funktioista. Esimerkiksi: "Sydämen tehtävä on pumpata verta", "Veren punasolujen tehtävä on kuljettaa happea", "mahalaukun ja suoliston tehtävänä on ruoansulatus". Näillä kaikilla on, tai voi toki olla muitakin tehtäviä, mutta eräät niistä ilmaistaan tällä tavalla. Nämä ns. funktionaaliset selitykset ovat hyvin yleisiä biologiassa, ja erityisen tarpeellisia biologian yleistajuistamisessa. Silti ne eivät aiheuta erityistä filosofian ongelmaa, kuvastavat ehkä vain taipumustamme esittää erilaisia asiaintiloja parhaiten kokemamme ihmisen tarkoituksellisen toiminnan tapaisina.

En kuitenkaan tässä käsittele ihmisen tietoisuuteen ja muistiin perustuvaan tarkoituksenmukaista toimintaa, vaikka se onkin varmaan kaiken luonnon tarkoituksenmukaisuutta koskevan ajattelun eräs lähtökohta. Ihmisen tarkoituksenmukaisen toiminnan selittämisestä on kirjoitettu paljon. Kysymykset ihmisen alitajuisesta toiminnasta ja eräiden eläinten tietoisuudesta jäävät myös tässä käsittelemättä.

Teleologisilla (tarkoituksenmukaisuus-) selityksillä on monia käyttötapoja biologiassa, mutta sellaisia objektiivisia ilmiöitä, joita eivät luonnon valinnan teoria, avoimien järjestelmien teoria ja kybernetiikka voisi selittää tavallisen kausaliteetikäsitteen (*causa efficiens*) avulla ei ole löytynyt. Tätä mieltä on myös filosofi J. L. Mackie 1974 ilmestyneessä teoksessaan *The Cement of the Universe. A Study of Causation*.

Tarkoituksenmukaisuuteen liittyvistä käsitteistä biologiassa keskeisin on adaptaation eli sopeutumisen (tai sopeutumun) käsite. Sen tärkeyden ja käyttökelpoisuuden myöntävät kaikki biologitkin, ja sen selittäminen ja ymmärtäminen luonnon valinnan teorian ja säätelyopin avulla ei tuota vaikeuksia. Eräs jäljelle jäänyt ongelma on Aristoteleen *causa finalis* -suhteen ja induktion logiikan välinen yhteys.

Jos P on Q:n välttämätön ehto, niin jos ei ole P:tä ei ole Q:takaan. Ominaisuus Q on toteutuessaan ikäänkuin vetänyt mukanaan myös P:n toteutumisen. Jos tähän liitetään kausaalisuhteeseen (joka ei ole looginen suhde) liittyvä synn ja seurauksen aikaero, näyttää siltä kuin tuleva ilmiö Q olisi vaikuttanut aikaisemman ilmiön P:n esiintymiseen.

Olen aikaisemminkin (mm. väitöskirjassani *Teleological explanations and terms in biology*, 1959) puolustanut sitä ajatusta, että biologiassa tarkoituksenmukaisuudesta puhuttaessa usein esitetään jonkin ilmiön tai ominaisuuden välttämättömiä ehtoja. Sydän on olemassa verenkiertoa varten, eli sydän on verenkierron välttämätön ehto. Tämän tulkinnan mukaan tarkoituksenmukaisuudesta puhuminen on eräänlaista yksinkertaistettua, ymmärrettävää ja hyväksyttävää biologien

ammattikieltä. Mitä enemmän jonkin ilmiön välttämättömiä ehtoja tunnetaan, sitä enemmän lähestymme ilmiön esiintymisen kausaalista selitystä ja sen ennustettavuutta. Tarkoituksenmukaisuusselitykset eivät tässä mielessä ole ristiriidassa kausaaliselitysten kanssa vaan juuri niihin pyrkimistä.

Kirjoittaja on Turun yliopiston eläintieteen emeritusprofessori. Hän on tutkinut eläinten fysiologista sopeutumista. Kirjoitus perustuu esitelmään Luonnonfilosofian seuran kokouksessa 26.11.

