



Valinnan voima

A. W. F. Edwards

Luonnonvalinta on mekanismi, joka tuottaa äärimmäisen korkeaa epätodennäköisyyttä. Epätodennäköiset seikat kuitenkin saavat ajan mittaan lisää todennäköisyyttä, kunnes epätodennäköiseksi muuttuu niiden puute, ei enää niiden esiintyminen.

Blaise Pascalin "odotusarvon" ajatus oli merkittävänä elementtinä "Logiikka eli Ajattelun taito" -teoksen neljännessä osassa. Tämän vaikuttavan kirjan, joka "käsitti tavallisten sääntöjen lisäksi useita uusia arvioinnin muodostamiseen sopivia havaintoja", laativat Port Royalin luostarissa Pariisissa Pascalin ystävät Antoine Arnauld ja Pierre Nicole. Se ilmestyi 1662 ja ehti parissa vuosikymmenessä viidenteen painokseen. Neljanteen osaan sisältyi luku - kuudestoista, koko kirjan viimeinen - nimeltä "Arvioita joita meidän olisi tehtävä tulevista sattumuksista", ja juuri siinä painotettiin odotuksen ylivoimaisuutta toimintaohjeena. Moderni päätöksentekoteoria oli syntynyt. On jopa ajateltu, että Pascal itse kirjoitti tämän luvun, sillä se on niin täysin hänen ajatuksensa läpitunkema.

Mutta matemaattinen odotusarvo ei merkitse kaikkea. "Toisinaan jonkin asian menestys on niin epätodennäköinen, että olisipa se miten hyödyllinen hyvänsä ja olipa sen saavuttamisen riski miten pieni hyvänsä, olisi suotavaa olla yrittämättä sitä. Niinpä olisi mieletöntä lyödä vetoa kaksikymmentä *souta* kymmentä miljoonaa *livrea* tai kokonaista valtakuntaa vastaan siitä että lapsi noukkiessaan kirjapainokastin kirjakkeita umpimähkään tulisi saman tien laatineeksi Vergiliuksen *Aeneiksen* kaksikymmentä ensimmäistä säettä." Älä lyö vetoa äärimmäisen epätodennäköisestä tapahtumasta, vaikka palkintona olisi "valtakunta". Pidä sen sijaan lanttisi.

Vuosia sitten, kun lapseni olivat pieniä, he antoivat mieleenpainuvan esimerkin siitä, että odotusarvo ei merkitse kaikkea. Ylittäessämme kerran laivalla Pohjanmerta annoin heille jokaiselle kolme Ruotsin kruunua hedelmäpeliä varten ja selitin odotusarvon periaatetta: noilla koneilla odotusarvo oli luultavasti vain yksi kruunu jokaista kolmea likoon pantua kohti. Vanhin tytär Ann mietti jonkin aikaa, meni sitten pelaamaan ja menetti kaikki kolme kruunuaan. Voiton toivo merkitsi hänelle ilmeisesti kuitenkin enemmän kuin moraalinen ja muu huoli uhkapelistä. Keskimmäinen, Thomas, pani yksinkertaisesti kruunut taskuunsa ja selitti: "Nämä ovat seuraavaa veturiä varten." Charlotte, nuorimmainen, meni heti pelaamaan, sai sievoisen voiton ja juoksi nauraen tiehensä. Olen aina muistanut tämän tapauksen, koska se kuvastaa hämmäntävällä tavalla lasten luonteita, mutta meille muille se muistuttaa, että jokainen pelaa omalla tavallaan, eikä odotusarvojen yhtäläisyys ole ainoa kriteeri. Port Royalin "Logiikka" muistuttaa, että äärimmäisen epätodennäköisiin tapahtumiin ei pitäisi panostaa, ja äärimmäisen epätodennäköisenä tapauksena se esittää Aeneiksen ensimmäisten kahdenkymmenen säkeen syntyminen pikkulapsen umpimähkään poimimista kirjasimista.

Pascalin aikana kirjapainossa oli tarjottimia, "kasteja", joissa oli oma lokeronsa jokaista erilaista kirjasinta varten. Kukin kirjain ja välimerkki kiinnitettiin noin tuuman mittaisen lyijytangon pintaan. Isot kirjaimet asustivat ylemmissä kasteissa ja pienet alemmissä. Myöhemminä vuosisatoina kirjaimet valettiin sitä mukaa kuin niitä tarvittiin, joko yksitellen (monotyyppi) tai kokonaisina riveinä (linotyyppi), mutta pienissä kirjapainoissa oli aina kasti toisensa päällä, ja kirjanpainaja valitsi niistä huolellisesti kirjaimet ja välikkeet, pisteet ja pilkut, yhden toisensa jälkeen.

Kirjapainon pahin rikkomus oli pudottaa kirjasinkasti niin että kaikki kirjasimet levisivät lattialle epämääräiseksi kasaksi. Oli riittävän hankalaa hajottaa käytettyjä kirjasinrivejä silloin kun niitä ei enää tarvittu, mutta silloinkin voitiin vähintään nähdä sanat peilikuvina sitä mukaa kuin niiden kirjasimia poimittiin takaisin kasteihin. Mutta kun lattia peittyi pieniin lyjynpalasiin kastin pudottua, epätoivo ei ollut kaukana. Tämä oli 1600-luvulla vahva vertaus, ja muodossa tai toisessa se on elänyt siitä eteenpäin.

Sen jälkeen kun kirjoituskone oli keksitty, vertaukseen sijoitettiin apinat ja kirjoituskone. Eräs puhuja käytti kerran Britannian Tieteenedistämisseuran (British Association for the



Advancement of Science) kokouksessa tätä versiota todistellakseen, että äärimmäisen epätodennäköisetkään tapahtumat eivät itse asiassa olleet mahdottomia: "Jos kuusi apinaa pantaisiin kirjoittamaan kuutta kirjoituskonetta, kestäisi pitkään ennen kuin ne olisivat tuottaneet pelkästään sattumalta kaikki British Museumin kirjaston kirjat, mutta ääretön tämä aika ei olisi." Tämä innoitti erästä kirjoittajaa *Manchester Guardianissa* runoon, joka kallistui Pascalin vastakkaisen näkemyksen kannalle:

*On elo lyhyt, taide pitkä.
Näin viisaat vakuuttavat sen;
Niin pähkähullua et tapaa,
Ken kiistäisi tuon totuuden.
Kirjoja loputtomin tehty
On ihmiskunnan noususta,
Vaan olennaista tässä silti
On ajan pitkän kuluma.*

*Siis ääreen kirjoittavan koneen
Istuta kuusi apinaa
Ja anna niistä joka sorkan
Naputtaa niin kuin haluaa.
Kas! Ihmiskunnan ivikuvat
Tolkuttomassa puuhassaan
Aikanaan kaiken ihmistiedon
Saa kaksinkertaistumaan.*


*Oi kiitos, tieteen urhomiehet,
Oi Aasiakatemia!
Jo pitkään olen nautiskellut
Mä teiltä makupaloja.
Ja tällä kertaa paras herkku
On sielun silmin oivaltaa,
Kuin apinoiden ikijoukko
Ajasta aikaan naputtaa!*

Lucio, suom. Anto Leikola

Jonathan Swift käytti kuuluisassa Royal Societyyn kohdistuneessa satiirissaan *Gulliverin matkoissa* (1726) samaa vertausta 64 vuotta sen jälkeen kun se oli ilmestynyt Port Royalin "Logiikassa". Swift oli John Arbuthnotin ystävä ja keskusteli tämän kanssa luultavasti sattuman ongelmista, sillä Arbuthnot oli kääntänyt Hyugensin kirjan sattumasta englanniksi, ja hän oli saanut virikkeitä Pascalilta. Todennäköisyyksien maailma oli pieni noihin aikoihin.

Kapteeni Lemuel Gulliverin vieraillessa Lagadon Suuressa Akatemiassa hän joutui aluksi tutustumaan mieheen, joka oli kahdeksan vuotta suunnitellut, miten kurpitsoista voitaisiin vetää takaisin auringonsäteitä, ja sen jälkeen, perehdyttyään moniin muihin vastaaviin projekteihin, hän lähti "Akatemian toiseen osastoon, jossa, kuten sanoin, oleskelivat spekulatiivisten tieteiden suunnittelijat."

Ensimmäinen kohtaamani professori oli erittäin avarassa salissa, ympärillään noin neljäkymmentä oppilasta. Tervehdittyämme hän huomasi minun tarkkaavasti katselevan puutelinettä, joka täytti suurimman osan huoneen pituutta ja leveyttä, ja sanoi, että minä kenties ihmettelin nähdessäni hänen käyttävän käytännöllisiä ja mekaanisia välineitä spekulatiivisen tieteen kehittämiseksi. Maailma saa pian havaita, kuinka hyödyllistä se on, ja hän mairitteli itseään väittämällä, ettei ylevämpää ajatusta ollut milloinkaan syntynyt kenenkään ihmisen aivoissa. Tietäähän jokainen, kuinka vaivalloista on tavanomaista menetelmään noudattaen perehtyä taiteisiin ja tieteisiin; hänen keksintönsä avulla sitä vastoin voi tietämätönkin henkilö kohtuullisin kulungein ja hiukan ruumistaan vaivaten kirjoittaa filosofisia, runollisia, poliittisia, lainopillisia, matemaattisia ja jumaluusopillisia teoksia tarvitsematta vähintäkään nerollisuutta tai opillista sivistystä. Sitten hän vei minut telineen luo, jonka vieressä hänen oppilaansa seisovivat riveissä. Teline oli kaksikymmentä jalkaa kulmaltaan ja sijaitsi keskellä huonetta. Sen pinnan muodostivat erilaiset, suunnilleen nopan kokoiset puupalaset, joista muutamat olivat toisia suurempia. Niitä kaikkia liittivät yhteen ohuet metallilangat. Näiden puupalasten joka puolelle oli liimattu paperia ja papereihin oli kirjoitettu kaikki heidän kielensä sanat eri tapa-, aika- ja taivutusmuodoissaan, mutta ei minkäänlaisessa järjestyksessä. Professori kehotti minua nyt



tarkkaamaan, koska aikoi panna koneensa käyntiin. Hänen käskystään kävivät oppilaat kiinni rautaisiin vääntimiin, joita oli neljäkymmentä kehyksen reunoissa, ja jokaisen äkkiä liikahduttaessa omaa väännintänsä sanojen keskinäinen suhde kerrassaan muuttui. Sitten mestari käski kolmenkymmenenkuuden pojan hiljaa lukea eri rivejä, ja keksiessään kolme tai neljä sanaa, jotka voivat kuulua samaan lauseeseen, lukijat sanelivat ne neljälle kirjuripojalle. Tempu uudistettiin kolme, neljä kertaa, ja koneen rakenteesta johtui, että sanat joka kerta vaihtoivat paikkaa kuutiomaisten kappaleiden kääntyessä.

Nuoret ylioppilaat askarsivat päivittäin kuusi tuntia tässä työssä, ja professori näytti minulle useita suuria folionidoksia, joihin hän oli jo kerännyt lauseiden katkelmia. Ne hän aikoi liittää yhteen antaakseen tämän runsaan aineiston avulla maailmalle kaikkien taiteiden ja tieteiden täydellisen kokoelman. Hän arveli kuitenkin voitavan teosta vielä parantaa ja sen ilmestymistä melkoisesti edistää, jos suuri yleisö keräisi rahaston, jonka varoilla voitaisiin Lagadon järjestää viisisataa sellaista tutkimusvälinettä, joiden käyttäjät veloitettaisiin luovuttamaan kokoelmansa hänen käytettäväkseen.

Jonathan Swift: *Gulliverin matkat*, suom. J. A. Hollo, Helsinki 1926

Yksittäisistä kirjaimista oli tullut sanoja ja apinoista - tai lapsesta - joukko ylioppilaita, joilla oli käytössään mekaaninen satunnaistamiskone. Puset kuutiot sisälsivät kokonaisia sanoja kiinalaisten merkkien tapaan. Mutta Swift oli liittänyt mukaan todella merkittävän uuden idean, *valinnan*.

Kaikkiaan 36 opiskelijaa valikoi kolmen tai neljän sanan mittaisia lauseita, joissa oli tarpeeksi mieltä, niin että niistä tuli laputankielisten lauseiden osia. Tällaisten lauseiden todennäköisyys oli varsin vähäinen, sillä suurimmaksi osaksi syntyi pelkkää sekasotkua, mutta kun sekasotku hylättiin, todennäköisyys lopputuloksen mielekkyyteen kasvoi suuresti. *Valinta on sellaisia tapauksia tuottava mekanismi, jotka ilman sen vaikutusta olisivat äärimmäisen epätodennäköisiä.*

Vaikka Arbuthnot oli ihastunut Gulliverin matkoihin kokonaisuutena, Gulliverin kuvaus Lagadon Suuresta Akatemiasta ei miellyttänyt häntä. Onnittelukirjeessään Swiftille 5.11.1726 hän kirjoitti: "Luovutan Sinulle kaikki saatavani Gulliverin matkoista, sillä uskon sen saavan yhtä suuren menestyksen kuin John Bunian. Gulliver on onnellinen mies, kun hän siinä iässä pystyy kirjoittamaan niin hauskan kirjan", mutta "sanon Sinulle suoraan, että tarina suunnittelijoista ei ole niin loistava kuin muut". Royal Societyn jäsenenä hän havaitsi liiankin helposti yhtäläisyyden joihinkin niistä projekteista ja kirjoituksista, jotka olivat ilmestyneet seuran *Philosophical Transactions* -julkaisusarjassa. Hän on saattanut loukkaantua myös siitä ilmeisestä seuran kunnioitetun esimiehen Sir Isaac Newtonin karikatyyristä, joka esiintyi kirjan nimiön Gulliver-kuvassa. Kun tämä kuva vaihdettiin myöhemmissä painoksissa toiseen, sen piirteissä oli selvää yhtäläisyyttä Arbuthnotiin itseensä.

Darwin, sattuma ja Gulliverin matkat

Charles Darwin ja hänen vaimonsa Emma jättivät toukokuussa 1840 Lontoon-kotinsa asettuakseen Emman kotikartanoon, Wedgwoodien Maer Halliin. Darwin ei ollut hyvässä kunnossa; häntä vaivasi jo silloin, 31 vuoden iässä, se sairaalloisuus josta hän tuli kärsimään koko loppuikänsä. Emma oli suosittelut hänelle maalaisilmaa.

Suuren ajatuksen varjo alkoi pidentyä Darwinin mielessä - evoluution selitys sukupolvesta toiseen siirtyvien satunnaisten muutosten luonnollisella valikoitumisella. Tapauksen kulkua ei tunneta aivan tarkoin, mutta ajatus populaation sopivimpien jäsenten valikoituvasta eloonjäännistä oli ollut hänelle tuttu ainakin kahden vuoden ajan, siitä lähtien kun hän oli lukenut Thomas Malthusin "Esseen väestöperiaatteesta". Valinta siis oli tiedossa. Entä sattuma?

Kuukautta Malthusin kirjan lukemisen jälkeen Darwin merkitsi muistiinsa: "Tavaksi tulleen toiminnan täytyy vaikuttaa aivoihin jollain tavalla, joka voi siirtyä eteenpäin - tämä on verrattavissa seppään, jonka lapsilla on vahvat kädet. - Noiden

lasten toinen periaate. mikä *sattuma*? tuottaa vahvat kädet, ohittaa heikommat, voisi soveltua vaistojen muodostukseen, tavoista riippumatta. ..."

Alleiviivaus on Darwinin, vaikka hän on voinut tehdä sen myöhemmin, ja kysymysmerkki on hyvin heikko, melkein päkyseenalainen. Muistiinpano laajentaa syntyvän teorian sovellutuskenttää fyysisistä ominaisuuksista - vahvoista käsistä - henkiin, ja siihen sisältyy kaksi alateoriaa. Ensimmäkin se, että sepän lapsilla on vahvat kädet, koska heidän isänsä on voimistanut omiaan päivittäisessä työssään - tästä ajatuksesta Darwin ei koskaan luopunut kokonaan - ja toiseksi se mahdollisuus, "toinen periaate", että sattuma antaisi joillekin lapsille vahvat kädet ja he siksi ohittaisivat heikommat sisaruksensa.

Tiedämme siis, että sattuma piileksi Darwinin oman mielen varjoissa hänen pitkällä kesälomallaan Maerissa. Suuren osan kesää hän käytti lueskeluun, ja hänen muistiinpanojensa mukaan luettujen kirjojen joukossa oli *Gulliverin matkat*. Hänen on täytynyt ihastua Gulliverin kuvaukseen Lagadon Suuresta Akatemiasta! Voimme kuvitella hänen lepäävän kirja polvillaan luettuaan ensimmäisen kappaleen "spekulatiivisten tieteiden suunnittelijoista" ja tuijottavan etäisyyteen, yllättävän ajatuksen iskeytyä hänen mieleensä. Kenties hän oli vielä aamukävelyllään pohdiskellut evoluution raaka-aineen ongelmaa, ja sitten, kun lounaan jälkeen oli otettu Gulliverin matkat käteen, ratkaisun avain olikin siinä!

Kun Thomas Huxley, joka sittemmin tunnettiin "Darwinin bulldogina", kuuli ensimmäisen kerran Darwinin ajatuksesta, hän huudahti: "Miten typerää etten itse tullut ajatelleeksi sitä!" Jokainen ihastuu, jolla on ollut etuoikeus tehdä jokin tieteellinen keksintö, miten pieni hyvänsä (eikä sen edes tarvitse olla alkuperäinen, kunhan sitä luulee tuolla hetkellä alkuperäiseksi), tietää miten inspiraation ketjun viimeinen lenkki usein ilmaantuu aivan odottamattomalta taholta, mutta kun se ilmaantuu, kaikki asettuu äkkiä kohdalleen. On yleinen kokemus, että ratkaiseva idea pyrkii asettumaan mieleen useampaakin kertaan, mutta vasta kun se onnistuu, muistamme aikaisemmat yritykset ja ihmettelemme, miksi me hylkäsimme ne, kun asia nyt on täysin selvä.

Darwinin koko teoria oli tulosta ankaran ajatustyön täyttämistä vuosista geologina ja biologina eikä minkään äkillisen inspiraation seuraus; mutta on hupaisaa ajatella, että viimeinen oivallus, joka sai hänet näkemään sattuman olennaisen osuuden, on saattanut johtua Royal Societyyn suunnatun satiirin lukemisesta - vain vuotta sen jälkeen kun hänet itsensä oli valittu seuran jäseneksi.

Omasta mielestään Darwin ei ollut mikään matemaatikko. Hän kirjoitti omaelämäkerrassaan: "Mitä akateemisiin opintoihin tulee, Cambridgessa viettämäni kolme vuotta valuiivat yhtä lailla hiekkaan kuin aikani Edinburghissa ja sitä ennen koulussa.

Yritin matemaatiikkaa ja menin jopa kesällä 1828 yksityisopettajan (muuten varsin typerän miehen) kanssa Barmouthiin, mutta edistykseni oli hidasta. Työ oli minusta vastenmielistä, etenkin siksi että en nähnyt mitään järjeä algebran alkeissa. Tämä kärsimättömyys oli perin ajattelematon, ja vuosia myöhemmin olen syvästi katunut sitä etten edennyt niin pitkälle, että olisin edes ymmärtänyt joitakin matematiikan johtavista periaatteista, sillä ihmisillä jotka ymmärtävät niitä tuntuu olevan kuin ylimääräinen aisti." (Charles Darwin: *Elämäni*, suom. Anto Leikola, Pohjoinen 1987).

Yksityisopinnoistaan hän totesi: "Jutun lujasti pohjamutaan ja pysyn siinä *in statu quo*." Eräs hänen opiskelutovereistaan Barmouthin opintopiirissä kirjoitti myöhemmin: "Käsittääkseni hänellä ei ollut mitään luontaista taipumusta matemaatiikkaan, ja hän luopui matematiikan opinnoista ennen kuin oli selviytynyt algebran ensimmäisestä osasta, käytyään erityisen kamppailun irrationaalilukujen ja binomiaaliteoreeman kanssa."

Sen matemaattisen aukon, jonka Darwin jätti teoriaansa, täytti aikanaan toinen Cambridgen mies, joka sattui opiskelemaan matemaatiikkaa samana vuonna, 1909, jona yliopisto juhli Darwinin syntymän satavuotis- ja Lajien synnyn viisikymmenvuotisjuhlaa. Tämän miehen nimi oli R. A. Fisher, ja hänen osakseen tuli karkottaa ne epäilyt joita hänen aikansa tiedemiehillä oli "darwinismin" suhteen.

Maxwellin demoni



Lajien synnyn julkaisu vuosi 1859 oli tietehistoriassa toisellakin tapaa merkittävä. Darwinia 22 vuotta nuorempi James Clerk Maxwell sai Cambridgen yliopiston Adams-palkinnon tutkielmastaan "*On the Stability of the Motions of Saturn's Rings*", jossa hän osoitti leijonankyntensä fysikaalisten ilmiöiden matemaattisessa analysissä. Eräät tämän tutkielman ideat johtivat Maxwellin kehittämään kaasujen molekyyli-teorian, joka tarjoaa loistavan esimerkin valinnan voimasta. Vuonna 1871 Cambridgeen perustettiin Cavendish-laboratorio, johon Maxwell tuli ensimmäiseksi kokeellisen fysiikan professoriksi, ja hänen samana vuonna ilmestyneeseen oppikirjaansa *Theory of Heat* sisältyi "lajittelevaksi demoniksi" nimetty kuuluisa ajatuskoe.



Maxwellin teoriassa kaasun ominaisuudet johdetaan käsitteellisestä mallista, jossa kaasu esiintyy molekyyli-pilvenä, niin että jokaisen molekyylin liikkeen suunnan ja nopeuden määräävät sen törmäilyt naapureihinsa ja säiliön seinäin, sinne tänne, nopeammin, hitaammin, kuin Arbuthnotin "villit atomit sekasortoisessa tanssissa". Niiden liikkeet näyttävät täysin satunnaisilta, mutta mitä suurempi niiden keskinopeus on, sitä korkeampana kaasun lämpötila ilmenee. Lämpöä voidaan pitää molekyylien energettisen käyttäytymisen seurauksena.



Maxwell kuvitteli kaasun täyttämän säiliön, jonka väliseinä jakoi kahteen osaan, ja väliseinässä oli juuri molekyylien mentävä reikä. Osuessaan reiän kohdalle ne menivät sen läpi, niin että normaalitapauksessa kummassakin osastossa oli jatkuvasti yhtä paljon molekyyliä. Kummastakin osastosta poistuvien molekyylien määrä olisi verrannollinen siinä olevien molekyylien määrään, niin että tiheämmin kansoittuneesta osastosta syntyisi virtaus vähemmän kansoittuneeseen. Jos aluksi molekyyliä olisi n kappaletta, suunnilleen puolet niistä olisi millä hyvänsä annetulla hetkellä väliseinän toisella ja suunnilleen puolet toisella puolella. Tuntuessamme binomiaalijakauman lain voisimme jopa määrätä todennäköisyyden mille hyvänsä n :n molekyylin jakautumalle eri osastoihin, ja siitä voisimme päätellä, että edes havaittava epätasapaino olisi erittäin epätodennäköinen, kuten terve järkikin sanoo. Sitä paitsi yhden puoliskon molekyyli eivät poikkeaisi millään tavoin toisen puoliskon molekyyleistä, niin että kummankin osaston molekyylien keskinopeus olisi jokseenkin sama. Toisin sanoen molempien kammioiden lämpötila olisi sama.



Jos lämmittäisimme toista osastoa, sen molekyylien keskinopeus tietenkin nousisi, mutta tämä kiihtynyt liikelehti leviäisi vähitellen myös toiseen osastoon, vaikka väliseinä olisi tehokas eristin. Ajan mittaan noin puolet kummankin osaston molekyyleistä olisi siirtynyt toiseen väliseinän pikku reiän kautta ja tuonut energiansa tullessaan, niin että lopulta se jakautuisi tasaisesti kumpaankin osastoon. Molempien osastojen lämpötila olisi jälleen sama.



Maxwell esitti kuvitelman, jossa väliseinän kohdalla asustaisi "lajitteleva demoni"; se pystyisi sulkemaan aukon aina kun jokin molekyyli lähestyy sitä liian nopeasti tai liian hitaasti. Jos säiliön molemmat osastot olisivat aluksi samassa lämpötilassa, mutta demoni päästäisi vain verraten nopeat molekyyli yhteen ja verraten hitaat toiseen suuntaan, ensimmäisen osaston lämpötila laskisi jatkuvasti ja toisen vastaavasti nousisi.



Maxwellin keskeinen viesti oli, että sama *voisi* tapahtua myös ilman demonia, mutta todennäköisyys siihen olisi äärimmäisen pieni. Hän halusi osoittaa, että termodynamiikan toinen pääsääntö (että suljetussa systeemissä entropia aina kasvaa) pitää paikkansa vain tilastollisesti, jos entropiaa pidetään tällaisen systeemin epäjärjestyksen mittana. Jälkikäteen näyttää siltä, että demoni ei ollut Maxwellin esimerkissä ensinkään relevantti, mutta sen paradoksaalinen voima johti fyysikot monenlaisiin luoviin keskusteluihin, kunnes kävi selväksi, että demoni itse vaatisi jonkin energianlähteen pystyäkseen toimimaan. Meille kuitenkin juuri demoni on tärkeä: *Valinta on sellaisia tapahtumia tuottava mekanismi, jotka ilman sen vaikutusta olisivat äärimmäisen epätodennäköisiä.*



Kun siis - mielikuvituksessamme - tapaamme säiliön, jonka toinen puolisko pitää sisällään kaasua korkeassa lämpötilassa ja toinen puolisko matalassa, vaikka puoliskojen väliseinä on reikä, emme hevin usko selitykseksi sitä, että ero olisi syntynyt molekyylien satunnaisesta jakaumasta, sillä se olisi äärimmäisen epätodennäköistä. Tämä epätodennäköisyys "räjäyttää hajalle Onnekkouden käsitteen", käyttääkseni de



Moivren ilmausta, ja ryhdymme etsimään muita selityksiä. Emme tässä tapauksessa tietenkään päättelee, että reiän suulla on ollut valikoiva demoni, vaan ajattelemme pikemminkin, että joku on käynyt salaa lämmittämässä säiliön toista puoliskoa.

Ennen Darwinia juuri näin ajateltiin tapahtuneen niille lukemattomille elämän muodoille, jotka olivat kehittyneet maapallolemme. Vaikka evoluutio olisi hyväksytty tosiasiaksi, *jonkun* ajateltiin pitävän sitä käynnissä ja johtaneen "korkeampien" eliöiden kehitystä, yhä ylemmäs ja ylemmäs, aina siihen asti kun ihminen oli ilmaantunut Jumalan kuvaksi. Tämä kelloseppä oli äärimmäisen tarkkanäköinen ja kätevä, ja hän pystyi laatimaan erinomaisen mutkikkaita, tarkoituksenmukaisia ja kauniita piirustuksia. Charles Darwin havaitsi kauhukseen, että kelloseppä olikin sokea, lainatakseni Richard Dawkinsin kuuluisaa vertausta. Kellosepän sijasta työssä oli valikoiva demoni, joka päästi sukupolvien rajan yli vain huolella kohti eloonjäämistä suunnatun geenivirran. *Darwinin luonnonvalinnan demoni* vartioi seuraavan sukupolven sisäänkäyntiä.

Maxwell itse näki nopeasti kaasujen molekyyli-teorian ja Darwinin teorian yhtäläisyydet - ja erot. Kirjassaan *Theory of Heat*, joka ilmestyi vain toistakymmentä vuotta Lajien synnyn jälkeen hän ei ainoastaan esitellyt lajittelvaa demoniaan vaan pohdiskeli myös seuraavaan tapaan: "Mieleen tulevat jotkin eliölajien suhteita koskevat spekulatiot. Havaitsemme, että niidenkin yksilöt ryhmittyvät luonnollisesti lajeiksi ja että lajien kesken ei ole välimuotoja. Mutta joka lajissa tapahtuu muuntelua, ja lajin yksilöt syntyvät ja tuhoutuvat jatkuvassa saatossa. Siksi on mahdollista laatia teoria nykyisen tilan selittämiseksi syntymisen, muuntelun ja epätasaisen tuhoutumisen kautta. Molekyylien jokainen yksilö on kuitenkin pysyvä, eikä saman lajin yksilöiden kesken ole syntymistä, hajoamista, muuntelua ja siten myöskään eroja. Niinpä sellainen spekulointi, joka on tullut meille niin tutuksi evoluutioteorioiden nimellä, ei sovellu lainkaan molekyylien maailmaan."

Viime vuosina useampikin kirjoittaja on esittänyt, että juuri hän on ensimmäisenä liittänyt evoluution entropiaan, mutta kuten näemme, vertaus esitettiin jo Cavendish-laboratoriossa yli sata vuotta sitten. Ei ole sattuma, että Fisher, joka kirjassaan *The Genetical Theory of Natural Selection* (1930) vertasi "luonnonvalinnan perusteoreemaa" termodynamiikan toiseen pääsääntöön, opiskeli vuoden ajan (1912-1913) tilastollista mekaniikkaa ja kvantiteoriaa juuri Cavendishissa. Julian Huxley, Thomas Huxleyn pojanpoika, kertoi Fisherin sanoneen vuosia myöhemmin: "Luonnonvalinta on mekanismi, joka tuottaa äärimmäisen korkeaa epätodennäköisyyttä." Tämä aforismi on sittemmin siirtynyt tieteelliseen kielenkäyttöön sellaisten kirjoittajien kuin C. H. Waddingtonin ja Richard Dawkinsin kautta.

"Darwinin tärkein panos", Fisher kirjoitti 1954, "ei vain biologiaan vaan koko luonnontieteeseen oli se että hän toi esiin prosessin jonka mukana a priori epätodennäköiset seikat saavat ajan mittaan lisää todennäköisyyttä, kunnes epätodennäköiseksi muuttuu niiden puute, ei enää niiden esiintyminen."

Darwinin kauhistuttava johtopäätös

Ironista kylläkin, Swiftin satiiri on saattanut antaa Darwinin lisäksi kimmoketta myös John Herschelille, joka kaksi vuotta *Lajien synnyn* ilmestymisen jälkeen käytti sitä juuri Darwinin todistelun kaatamiseen. Herschel, jolle todennäköisyyslaskenta oli tuttua puuhaa, oli kirjoittanut vuoden 1859 *Encyclopaedia Britannicaa* varten joukon artikkeleja, jotka hän sitten oli koonnut kirjaksi nimeltä *Physical Geography*. Kun *Lajien synty* sitten saman vuoden lopulla ilmestyi, Darwin sai kuulla, että Herschel oli käyttänyt hänen teoriastaan nimitystä *the law of higgledy-piggledy*, "sekasotkun laki". ("Mitä tämä oikeastaan tarkoittaa, sitä en tiedä, mutta epäilemättä se on jotain varsin halventavaa.") Herschel liitti *Physical Geography*n toiseen painokseen 1861 alaviitteen, jossa hän sanoi: "Emme voi hyväksyä mielivaltaisen ja satunnaisen muuntelun periaatetta *sinänsä* riittäväksi selitykseksi muinaiselle ja nykyiselle eliömaailmalle, sen enempiä kuin hyväksymme laputalaisten kirjojenlaatimismenetelmää (vietynä loppuun asti) riittäväksi tuottamaan Shakespearea ja Principiaa. Kummassakin tapauksessa on päämäärän ohjaaman älyn johdettava jatkuvasti muutoksen askeleita, säänneltävä niiden määrää,

rajoitettava niiden hajaantumista ja suunnattava niitä tietylle väylälle."

Sir William Thomson, sittemmin lordi Kelvin, ilmoitti Brittain Tieteenedistämissseuran kokouksessa lukemassaan puheenjohtajan tervehdyksessä, että Herschelin huomautus luonnonvalintaoppia vastaan - "että se muistutti liikaa laputalaisten kirjantekoa ja että se ei riittävässä määrin ottanut huomioon jatkuvasti ohjaavaa ja kontrolloivaa älyä" - oli hänestä hyvin arvokasta ja opettavaista kritiikkiä. Jos Maxwell oli paikalla - hänen kirjansa lämmön teoriasta ilmestyi samana vuonna - argumentin on täytyntä nostaa kuiva hymy hänen huulilleen.

Täsmälleen saman linjan valitsi itsenäisesti toinenkin Darwinin kriitikko, vironsaksalainen embryologi K. E. von Baer. Vuonna 1873 julkaisemassaan artikkelissa hänkin muisteli Lagadon akatemiaa, kirjoittaen Gulliveristä: "Pitkään näiden kuvausten kirjoittajaa pidettiin vitsailijana, koska on itsestään selvää, että satunnaistapahtumista ei milloinkaan syntyisi mitään hyödyllistä ja merkittävää. ... Nyt meidän on myönnettävä tuo filosofi syvälliseksi ajattelijaksi, koska hän pystyi näkemään tieteen tämänpäiväiset voittokulut!"

Mutta Herschel ja von Baer olivat jättäneet olennaisen seikan huomiotta. Totta kyllä, Akatemiassa tuotetut kirjat eivät voisi olla mestariteoksia vain siksi, että ne oli kirjoitettu laputankielien sääntöjen mukaan. Menetelmä on järjetön siksi, että saadakseen sen toimimaan professorin olisi etukäteen tiedettävä, mikä on arvokasta, säästettävää aineistoa ja mikä pois heitettävää roskaa. Pelkän kielipollisesti oikean ja sulsointuisen proosan ja runouden tuottaminen ei millään kielellä varmista sitä, että tällä tekstillä on myös jokin merkitys.

*On illan paisto ja silkavat saijat
Luopoissa pirkeinä äyrien ponkii,
Turheisna kai kiljuvat lorokaijat,
Ja vossut lonkaloistaan ulos vonkii.*

*Oi poikani, pekoralisti, ja varo, se houraa,
Sen leuat louraa, se päivä jauhaa,
Varo jubjub-lintua, sen kalmankouraa,
Pöyrtäjän huokua, ei anna se rauhaa.*

*Sanasta miekkaan poikani tarttui
Ja mies miesten maat kävi etsien,
Tumtum-puun alla aika karttui,
Kun kuunteli hän, oi kuuro metsien.*

*Kun siinä hän mietti kärhevin mielin,
Tuli pekoralisti, tuo säkenisti,
Kuhkui tulisilmin ja loihekielin,
Ja päpättelitten viidasta ohi.*

*Ykskaks, eestaas, miekkainen sohi,
Läviisi lävet, pitkitsi, poikitsi,
Pään poikki listi, sen kainaloon pisti,
Ja takaisin kaksin päin voititsi.*


*Oi löitkö sen liskon ja hirviön voitit?
Loistoisa poikani, käy syliini, käy!
Ei oo, ei oo riemua ei, autuutta ei, hei heleijaa,
Ei sekuli peekoralistia näy!*

*On illan paisto ja silkavat saijat
Luopoista pirkeinä möyrien ponkii,
Surheisna kai kirkuvat vorokaijat,
Ja vossut vonkaloistansa ulos vonkii.*

Lewis Carroll, suom. Kirsi Kunnas

Teknisesti oivallista runoa, jossa muoto, runomitta, loppusoinnut ja kielioppi on otettu huomioon mutta jossa silti ei ole mitään meltä.

Miten siis Darwinin laputalainen mekanismi olisi voinut johtaa eliöiden ja erityisesti itse ihmisen tavattomaan mutkikkouteen ja sopeutuneisuuteen? Miten niin paljosta roskasta olisi noussut niin paljon merkitystä? Vastaus, jota Herschel ja von Baer eivät uskaltaneet edes ottaa pohdiakseen, on siinä että meillä ja muullakaan luonnolla *ei ole mitään merkitystä*.



Olemme elossa, koska sopeudumme ympäristöömme, ja sopeudumme siihen, koska luonnonvalinta on pystynyt muuttamaan meitä nopeammin kuin ympäristö on muuttanut (joskin saatamme itse olla viemässä tätä vaihetta loppuun). Mutta me emme ole *merkityksellisiä*, ja juuri *tämä* Darwinin johtopäätös oli monelle niin kauhistuttava. Siksi Swiftin mekanismi on niin täydellinen malli luonnonvalinnan toteuttamalle evoluutiolle: se tuottaa sanoja, lauseita, jopa kokonaisia kirjoja, jotka ovat hyvin sopeutuneita kielellisen ympäristön syntaktisiin, kieliopillisiin ja muihin erityisvaatimuksiin. Mutta *niissä ei piile mitään merkitystä*. Niinpä Herschelin ja von Baerin oli seurausten pelosta kiistettävä mekanismin toimivuus. He väittivät, että evoluutio ei voisi tapahtua, jos prosessi oli satunnainen, ja että joka tapauksessa kaikilla muutoksilla on perimmäiset syynsä eivätkä ne siksi voi olla satunnaisia. Ensimmäinen kohta ei pidä paikkaansa, ja mitä toiseen tulee, Darwin ymmärsi erinomaisesti, että hänen esittämillään muutoksilla oli syynsä. Mutta koska hän ei tuntenut niitä, hän ymmärsi myös, että niitä voitaisiin pitää satunnaisina siinä mielessä, että niiden vaikutus organismiin ei mitenkään liittynyt niiden syihin. "Suuressa lajikirjassaan", jonka Darwin joutui panemaan syrjään keskittyessään *Lajien syntyyn* (ja joka julkaistiin vasta 1975 nimellä *Charles Darwin's Natural Selection*), hän kirjoitti: "Lisäksi ne syyt, joita meidän on niiden äärimmäisen mutkikkaan luonteen tähden yleensä pakko nimittää pelkiksi sattumiksi, ja jotka tuottivat ensimmäisen kyseessä olevan muuntelun, toimisivat samanlaisissa olosuhteissa usein edelleenkin."

Tänään sanoisimme saman toteamalla, että geenien mutaatiot ovat suuntautumattomia.

Kirjoittaja on tilastotieteen professori Gonville and Caius Collegessa Cambridgen yliopistossa. Hän piti 12.8.2000 Jyväskylän kansainvälisen kesäkoulun kymmenvuotissymposiossa esitelmän R. A. Fisherin teoksesta "Genetical Theory of Natural Selection". Häneltä ilmestyy lähiaikoina teos "The Chance of Your Life", johon tämä kirjoitus sisältyy.

Artikkelin on suomentanut Antto Leikola.

