

TEORIASTA MALLIN JA HYPOTEESIN KAUTTA AINEISTON HANKINTAAN

Pertti Hari

Helsingin yliopisto
metsäekologian laitos
PL 27 (Latokartanonkaari 7)
pertti.hari@helsinki.fi

Käsitykset teorian ja aineiston suhteesta ovat muuttuneet voimakkaasti ja tälläkin hetkellä törmään usein erilaisiin käsityksiin. Alustuksessa esitän, että teoriavetoisella lähestymistavalla on useita etuja. Se edistää tiedon kumuloitumista ja aikaisemman tutkimuksen hyödyntämistä, mahdollistaa perustellun kokeiden suunnittelun eikä edellytä yli-inhimillisiä tutkijoita. Teoriavetoista tutkimusta havainnollistan fotosynteesi-esimerkin avulla.

Asiasanat: Teoria, malli, ennakko-odotukset, Thomas Kuhn

Käsitykset teorian ja aineiston suhteesta ovat muuttuneet voimakkaasti ja tälläkin hetkellä törmään usein erilaisiin käsityksiin. Viime vuosisadan puolivälissä ainakin biologisissa tieteissä ja niiden sovellutuksissa vakiintui käsitys, että aineiston tulee

kertoa puolueettomasti kohteesta ja tutkijan tuli tarkasti varoa manipuloimasta dataa. Ääritapauksissa jopa kokeen huolellista suunnittelua on pidetty epäilyttävänä manipulaationa. Saadut mittaustulokset käsiteltiin ilman tiedostettuja ennako-odotuksia käyttäen tilastollisia menetelmiä. Edellä kuvatulla tutkimusotteella on saatu tärkeitä tuloksia, mutta siihen liittyy myös vakavia ongelmia.

Thomas Kuhn esitti 1960-luvulla uusia ajatuksia tieteestä ja tutkijoiden työskentelystä. Hänen perusteemojaan oli, että tutkijat ovat ihmisiä ja tutkijat muodostavat yhteisöjä, jotka taistelevat vaikutusvallasta. Ennen Kuhnia oletettiin implisiittisesti, että tutkijat käyttäytyvät ihanteellisesti superihmisten tavoin ja työskentelevät vain löytääkseen tieteellisen totuuden. Nykyisin katsotaan yleisesti, että Kuhnin perusteesi on oikea ja että meidän on mahdotonta työskennellä ilman ennakkokäsityksiä ja että nämä ennakkokäsitykset vaikuttavat osaltaan tuloksiin. On valheellista väittää tutkivansa puolueettomasti ja ilman omia ennakkokäsityksiä. Mutta on mahdollista tiedostaa tulosten vääristymisen vaara ja pyrkiä siltäkin osin mahdollisimman hyvään tulokseen.

Toinen ongelma työskentellessä " ilman " ennako-odotuksia liittyy tiedon kerääntymiseen. Jos tutkimustieto koostuu vain tehtyjen kokeiden raporteista, niin ajattelussa ei ole sijaa tulosten synteetille; eli teorialle. Vailla ennako-odotuksia tehty tutkimus ei suuntaudu synteetin ohjaamana, ja saadut tulokset eivät kerro mihinkään.

Tutkittavaa ilmiötä kuvaavassa teoriassa on esitetty tiiviissä muodossa aikaisemmissa tutkimuksissa saadut tulokset. Tämän teorian tulee olla työskentelyn lähtökohtana. Usein teoriasta johdetaan ilmiötä kuvaava malli. Mallin formuloinnissa, vaikka teoria määrää perusrakenteen, on usein erilaisia vaihtoehtoja, joita voidaan kutsua hypoteeseiksi. Koe tehdään ja aineisto kerätään mallin testaamiseksi. Aineisto tulisi tuottaa sellaisissa olosuhteissa, jotka tehokkaasti paljastavat mallin puutteet. Kokeen taitavalla suunnittelulla voidaan olennaisesti lisätä aineiston informaation sisältöä. Datan analyysissä sovitetaan malli mittauksiin, siis mallin rakenne on ennalta annettu, eikä mallin rakennetta etsitä tilastollisilla menetelmillä datasta.

Päätelmien lähtökohtana on hypoteesin selviytyminen kokeen avulla tehdystä testistä. Jos käy ilmi, että malli ei sovellu datan kuvaamiseen hypoteesi falsifioituu eli se hyljätään. Jos sattuu niin hyvin, että malli käy yksin aineiston kanssa ja vieläpä niin hyvin, että kilpailevat mallit eivät pysty samaan, niin silloin hypoteesi saa tukea kokeesta. (Koe ei osoita hypoteesia oikeaksi).

Esimerkki

Fotosynteesin ympäristöriippuvuus luonnon olosuhteissa

Fotosynteesissä syntetisoidaan sokeria hiilidioksidista ja vedestä auringon valon energian avulla. Fotosynteesin perusreaktiot tapahtuvat kloroplasteissa mesofyllisolukossa syvällä lehden sisällä. Diffuusio kuljettaa hiilidioksidin ilmasta ilmaan, sen alaisen ilmatilan ja lopuksi mesofyllisolukon kautta kloroplastiin. Vettä kuluu fotosynteesissä vain vähän haihduntaan verrattuna, joten veden saatavuus tuskin vaikuttaa fotosynteesiin. Valon intensiteetti on sen sijaan hyvin tärkeä, koska se on energian lähde.

Oletuksesta, että fotosynteesinopeus on suoraan verrannollinen mesofyllin hiilidioksidipitoisuuden ja valon intensiteetin tuloon ja että diffuusio kuljettaa hiilidioksidin mesofylliin voidaan johtaa fotosynteesinopeuden malli. Olkoon p fotosynteesinopeus ja I fotosynteettisesti aktiivisen säteilyn intensiteetti. Malli on

$$p(I) = \frac{p_{\max} I}{I + b}, \quad (1)$$

missä p_{\max} ja b ovat parametrejä. Parametriä p_{\max} kutsutaan maksimifotosynteesiksi ja b :tä puoliarvoksi. Tätä ns Michaelis-Menten-tyyppiä olevaa mallia käytetään yleisesti fotosynteesitutkimuksessa.

Luonnon olosuhteissa fotosynteesi vaihtelee voimakkaasti; varhain aamulla esiintyy vain vähäistä sokerin synteesiä, kun taas keskipäivällä tuotanto on runsasta. Tutkitaan hypoteesiä: Valon lisääntyminen päivän kuluessa aiheuttaa fotosynteesin

voimistumisen ja valon intensiteetin ja fotosynteesinopeuden välinen yhteys on yhtälön (1) mukainen.

Hypoteesin ankara testaaminen vaatii fotosynteesinopeuden ja fotosynteettisesti aktiivisen säteilyn maastomittauksia. Tämä on nykytekniikalla melko helposti järjestettävissä. On jopa olemassa useiden laitevalmistajien tekemiä kannettavia mittausjärjestelmiä. Käytän jatkossa SMEAR I:llä Värriössä mitattua aineistoa, koska vastaavan tasoista aineistoa on vaikea tuottaa kannettavilla laitteistoilla. Tämä laitteisto on melko järeä ja vaativa kokonaisuus.

Lapin ilmasto on erittäin pilvinen, eikä aurinko aurinko näyttäydy ollenkaan koko päivän kuluessa. Tämä tarjoaa hypoteesin testaamiselle sopivat olosuhteet. Analysoidaan pilvisen päivän fotosynteesinopeuden ja fotosynteettisesti aktiivisen säteilyn välistä yhteyttä. Kun piirretään fotosynteesinopeus valon funktiona nähdään hyvin selkeä yhteys, jonka kuvaamiseen yhtälön (1) riippuvuus sopii erittäin hyvin. Siis hypoteese, malli ja teoria saavat voimakasta tukea.

Kun vastaava analyysi tehdään aurinkoisena päivänä mitatulle aineistolle on valon ja fotosynteesinopeuden yhteys vain aamulla sama kuin pilvisenä päivänä ja jo ennen keskipäivää fotosynteesi on selvästi estynyt. Hypoteesi ei siis enään saa tukea ja ilmeisesti teoriasta ja mallista puuttuu jotain. (Tämä on tietysti ilmarakojen toiminta).