

Aivotiedon äärellä

Synnöve Carlson & Riitta Hari (toim.):
Aivoaakkoset. Aalto-yliopiston julkaisusarja
5/2021. Espoo: Aalto ARTS Books. 304 s.

Aalto-yliopiston piirissä toimivat neurotutkijat ovat tehneet kulttuuriteon laatimalla yleisteoksen omasta tutkimusalastaan. Kirjan ovat toimittaneet fysiologian emeritaprofessori Synnöve Carlson ja tieteen akateemikko, neurotieteen ja aivo-kuvantamisen emeritaprofessori Riitta Hari. Kiinnostukseni kirjaan heräsi Harin aiemmista julkaisuista, joita olin tullut lukeneeksi kielen oppimisen lähtökohtia pohtiessani (Kauppinen 2020). Aivoaakkosia lukiessani aloinkin pohtia, mitä se voisi tarjota lingvistille. Yllättäen *kieli* on kirjassa harvinainen hakusana ja sillä viitataan lähinnä yhteen artikkeliin. Tarkemmin luettuna käy kuitenkin ilmi, että *Aivoaakkosiin* sisältyy paljonkin kieleen liittyvää tietoa, kunhan sen kaivaa esiin. Tässä arvioissa tarkastelen teosta lingvistin näkökulmasta ja pyrin etsimään tutkimusalojen välisiä yhteyksiä.¹ Aivan ensimmäiseksi esitän kuitenkin pikakatsauksen siihen, miten aivot ovat näkyneet kielentutkimuksessa.

Kielentutkimuksen aivohistoriaa

Aivot ilmestyivät kielitieteelliseen kirjallisuuteen, kun Noam Chomsky vuonna 1957 esitti hypoteesin *sisäisestä kieliopista* (engl. *fixed nucleus*) aivojen biologisena ominaisuutena, jonka ansiosta ihmiselle kasvaa kieli. Hypoteesiin sisältyy yhtäältä filosofinen idea universaalista kieliopista ja toisaalta ajatus aivoissa olevasta ohjelmoidusta moduulista, jonka piiloi-set säännöt lapsi hallitsee vaistomaisesti

1. Kiitän professori Matti Lehtihalmesta aivotutkimusta koskevista tarkennuksista.

ja jotka voidaan määritellä ulkoista kielioppia analysoimalla (Piattelli-Palmarini 1980: 64–67; Chomsky 2007). Chomskyn generatiivisella kieliteorialla on ollut huomattava vaikutus erityisesti syntaksin tutkimukseen. Sen sijaan siihen kytkettyä ihmisen sisäisen kielikyvyn selitystä ei ainakaan suomalaisessa lingvistiikassa ole purematta nieltä. (Hakulinen & Karlsson 1979; Hakulinen 2007; Itkonen 1986, 1994.)² Onkin hyvä huomata, että generatiivisen kieliopin lausekerakennesääntöjä soveltavan tutkijan ei ole ollut tarpeen pohtia sisäisen kieliopin oletettua biologista eikä psykologista olemusta, vaikka se säännöissä onkin implisiittisesti läsnä syvärakenteen ja pintarakenteen käsitteinä.

Sisäisen autonomisen kieliopin idea on jatkanut elämää *biolingvistiikka*-nimisenä tutkimussuuntana, jonka piirissä sitä pyritään todistamaan kokeellisin aivotutkimusmenetelmin.³ Hauser, Chomsky ja Fitch (2002) esittävät, että sisäisen kieliopin (FLN) komputationaalisen järjestelmän tärkein ominaisuus on *rekursiivisuus* eli hierarkkisten rakenteiden toistettavuus tiettyjä toisistaan riippuvia sääntöjä noudattaen.⁴ Artikkelin on sittemmin julkaistu uudelleen ihmiskielen evoluutiota käsittelevässä artikkelikokoelmassa (Larson, Déprez & Yamakido toim. 2010). Samassa julkaisussa Philip Lieberman tyrää ajatuksen rekursiivisuudesta ja asettaa sen ti-

2. *Virittäjässä* ”transformaatioteoriaa” ehti esittelemään Paavo Ravila vuoden 1963 ensimmäisessä numerossa.

3. Termin *biolingvistiikka* loi Chomskyn (2007) mukaan Massimo Piattelli-Palmarini vuonna 1974 pidetyssä Royaumountin konferenssissa. Ko-koontumisesta on raportoitu teoksessa Piattelli-Palmarini 1980.

4. Biolingvistikassa kirjallisuudessa käytetään lyhenteitä FLN = pelkkä abstrakti komputationaalinen systeemi (sisäinen kieli) ja FLB = kielitaito laajassa merkityksessä (esim. Hauser ym. 2002; 2010).

lalle ajatuksen *toistosta* (*reiteration*), jolla hän kuvaa ihmisen kykyä omaksua vai-vattomasti sanoja ja kielen kokonaisuuksia ilman esitettyjä piiloisia sääntöjä. Toiston neuroperustan Lieberman (2010) kat-soo olevan etuaivojen toiminnoissa, jotka voivat tukea rutiinien automaattistumista mutta myös rajoittaa sitä. Samat alueet ovat alun perin kehittyneet motorisen toiston säätelyyn.

Biolingvistiksi tunnustautuva Pauli Brattico (2011) puolestaan hahmottee *Virittäjän* artikkelissaan hypoteesia vain ihmiselle ominaisesta synnynnäisestä kielikyvystä. Siihen kuuluisi ensinäkin luovuus, joka hänen määrittelemään tarkoittaa kykyä yhdistellä sanoja ja lausekkeita edellä mainittujen rekursiivisten sääntöjen mukaan. Toiseksi siihen kuuluisi aito referentiaalisuus, jolla Brattico tarkoittaa, että representat-ion ja viittauskohteen välillä ei tarvitse olla minkäänlaista yhtäaikaisuusvaatimusta. Näiden kahden yhdistelmällä, ”kompositionaalis-referentiaalisella merkitysilmillä”, on Bratticon mukaan aivo-perustainen selitys, jota hän perustelee viittaamalla moniin aivotutkimuksiin. Myöhemmässä artikkelissaan Brattico (2013) kuvaa yleisesti generatiivisen kielentutkimuksen menetelmiä, joilla mainitunlaisia tuloksia on saatu: ”– – kokeet tehdään tyypillisesti yhdellä tai muutamalla koehenkilöllä rekisteröimällä reaktioita minimaalisiin pareihin. Minimaaliset parit ovat kontrolloituja kokeita: lausepareja tai sarjoja, joissa varioidaan yhtä tekijää kerrallaan ja joiden avulla pyritään eristämään ilmiöiden todelliset vuorovaikutussuhteet. Kokeessa riippuva muuttuja on tyypillisesti kieliopillisuus tai merkityksellisyys.” (Mas. 103.) Brattico tähdentää, että generatiivinen kielitiede on kokeellista tutkimusta kontrolloiduissa olosuhteissa.

Aivojen kuvantamista hyödynnetään myös *neurolingvistiikka*-nimisellä tutkimusalalla, joskin sen tavoitteet ovat bio-

lingvistiikkaa käytännöllisemmät. Neuro-lingvistiikan tutkimusaiheet liittyvät tyypillisesti kielen häiriöihin, oppimiseen ja tuottamiseen. Havaittu kielen ongelma määritellään, minkä jälkeen siitä esitetään hypoteesi ja tutkimuskysymykset, joihin aivotutkimuksen menetelmin etsitään vastauksia. Alun perin neurolingvistiikka onkin kehitetty afasian tutkimisen avuksi. Aivokuvantamisella on mahdollista seurata aivojen eri osien aktivoitumista puhe-, kuuntelu- ja lukemistilanteissa. Neurolingvistiikka eroaa edellä kuvatusta biolingvistiikasta myös siten, että se ei ole sitoutunut tiettyyn kielikäsitteeseen, eikä sellaista myöskään ole tapana tutkimusraporteissa eksplisiittisesti kuvata. (Heikkola & Vainio 2020.)

Aivoaakkosten rakenne

Palaan seuraavaksi esiteltävänä olevaan *Aivoaakkoset*-artikkelikokoelmaan. Ensimmäisessä luvussa ”Aivojen rakenne ja toiminta” Synnöve Carlson luo yleiskatsauksen ihmisaivojen rakenteeseen ja toimintoihin. Heti aluksi huomio kiinnittyy erinomaisiin aivokuvaan, jotka monivärisinä auttavat maallikkolukijaakin liikumaan oudossa maastossa. Toisessa luvussa ”Ihmisaivojen kuvantaminen” Riitta Hari esittelee aivojen kuvantamis- ja stimulaatiomenetelmiä. Kirjan artikkeleissa niistä tulevat mainituiksi toiminnallinen magneettikuvaus (tMK), magnetoenkefalografia (MEG) ja elektroenkefalografia (EEG). Näistä ensiksi mainittu näyttää hermosolutoiminnan muutoksista syntyviä magneettikenttiä, joita koehenkilön aivoihin syntyy esitettyjen ärsykkeiden tai tehtävien vaikutuksesta. MEG:n avulla taas seurataan hermosolujen magneettikenttiä ja sen perusteella aivokuoren aktivoitumista esimerkiksi ennen koehenkilön omaa tahdonalaista liikettä tai hänen havaitsemaansa toisen henkilön liikettä. Elektroenkefalografia (EEG) puolestaan antaa tietoa aivojen

hermosolujen sähkövirtoihin liittyvistä jännitteenmuutoksista.

Carlsonin ja Harin artikkelit muodostavat kivijalan teoksen muille luville, joissa käsitellään aivojen ominaisuuksia, kuten verkostoitumista ja muovautuvuutta, sekä aivojen yhteyksiä tunteisiin, ajatteluun, tietoisuuteen, näkemiseen, lihastoimintoihin, kielelliseen prosessointiin ja jopa luovuuteen ja taitteisiin. Eri kirjoittajien artikkelit poikkeavat tyylistään toisistaan, mutta yleisesti ottaen tekstit ovat selkeitä ja terminologia yhtenäistä.

Hierarkkisuus, verkostot ja tunteet

Lingvisteille on ollut tarjolla hypoteesi, ehkä useitakin, aivotointojen hierarkkisuudesta.⁵ Nähdäkseni on kuitenkin epäselvää, mitä tällä hierarkkisuuudella oikeastaan tarkoitetaan ja miten se ilmenee kielenkäytössä – jos ilmenee. Tämän vuoksi onkin hyvä tarkastella aivotutkijoiden käsitystä asiasta. *Aivoaakkosista* käy ilmi, että ihmisäivot käsittelevät tietoa hierarkkisesti. Alemman tason verkostoja ovat havaintoihin – siis kuuloon, näkemiseen ja tuntoon – liittyvät verkostot; ylemmän tason verkostot puolestaan tukevat monimutkaisempaa toimintaa, kuten havaintojen edelleen käsittelyä. Ylemmän ja alemman hierarkkisen tason yhteydet ovat kaksisuuntaisia, ja eri aivoalueet toimivat yhteistyössä, kirjoittaa Carlson kirjan ensimmäisessä luvussa. Kuva aivojen toiminnasta konkretisoituu vielä myöhemmin Enrico Glerean artikkelissa, joka keskittyy soveltamaan aivotutkimukseen verkostoteoriaa. Malli on peräisin fyysikko Albert-László Barabásin (2002) verkostoteoriasta, jota on sovellettu laajalti eri ilmiöihin ihmisten sosiaalisista kontakteista taloustieteisiin ja virusten leviämiseen. Kaikissa niissä toteutuu samankaltainen verkostoja yhdis-

tävä periaate: pienistä piireistä informaatio kulkeutuu toisiin ryhmiin jo yhdenkin välittäjän kautta. Glerean toteaa (s. 68), että aivojen pienryhmiä eli aliverkostoja ovat (tMK:lla paikannettuina) *näköverkosto*, *kuuloverkosto*, *sensorimotorinen verkosto*, *tahdonalaisen tarkkaavaisuuden verkosto*, suoriutumista tukeva *toiminnanohjausverkosto* ja olennaisen erottava *salienssiverkosto*. Kun tätä luetteloa vertaata Carlsonin artikkelissaan esittämään kuvaukseen, huomaa, että aliverkot voivat olla keskenään joko hierarkkisessa tai rinnakkaisessa suhteessa. Aliverkon vahvimpia solmuja kutsutaan *kytkijöiksi* eli *solmuiksi*, ja niiden avulla aliverkko on yhteydessä moniin muihin verkkoihin.

Carlson, Glerean ja Hari mainitsevat kukin omassa artikkelissaan *oletusverkoston*, joka toimii aivoalueen korkean hierarkkisen tason ydinverkkona. Toisin kuin muut verkostot se alkaa kehittyä vasta syntymän jälkeen. Oletusverkoston toiminta lisääntyy lepotilassa. Se aktivoituu selvästi esimerkiksi muistelun, ”mielen vaeltelun”, tulevaisuudensuunnittelun ja sosiaalisen kognition aikana, mutta siten, ettei sen toiminta ole lukittu aikaan eikä paikkaan. Aivojen toiminta on epälineaarista; sekä Hari että Carlson tähdentävät artikkeleissaan, että aivot ovat jatkuvasti muotoutuva ja itseorganisoituvaa systeemi, joka tukeutuu vahvasti yksilön aikaisempiin kokemuksiin.

Aivojen verkostomallia soveltaa myös Iiro Jääskeläinen, joka esittää kuvan sosiaaliseen havaitsemiseen liittyvistä aivoalueverkostoista. Sosiaaliseen vuorovaikutuksen verkostot sijoittuvat siinä alueille otsalohko–ohimolohko–manteliumake. Ohimolohkon–manteliumakkeen alueelle sijoittuvat myös kasvojen ja puheen tulkinnan aiovasteet. Aivoalueverkostojen kuvaus liittyy Jääskeläisen artikkelissa siihen, millaisena ärsyksenä elokuva näytettyä aivotutkimuskuvantamisissa.

Jääskeläisen artikkelissa monivaiheisen tutkimusasetelman avulla on saatu

5. Ks. edellä Hauser ym. 2010.

kiinnostavia tuloksia. Usealle koehenkilölle tarjottiin samanaikaisesti elokuvien katkelmia, aluksi ilman kontekstia. Toisessa koetilanteessa näytettiin juoneen pääsemiseksi ensin elokuvan alkujakso ja sen jälkeen loppujakso. Tutkimuksessa kiinnitettiin huomiota erityisesti tunteiden ilmenemiseen aivoissa. Kontekstin vaikutus näkyi aivoissa selvästi: mitä laajempia elokuvan aiempia katkelmia koehenkilöille oli esitetty, sitä korkeammat aivojen hierarkiatasot (etuotsalohkoissa) informaatiota käsittelivät. Jääskeläinen viittaa myös toiseen tutkimukseen, josta oli käynyt ilmi, että etuotsalohkot käsittelivät tarinan sanoja niitä edeltävän kontekstin pohjalta, kun taas erillisten sanojen aivoedustuksissa vastaavanlaista etuotsalohkon toimintaa ei ollut näkynyt. Koetilanteiden aivoedustuksista voi siis lukea, että konteksti vaikuttaa sanojen tulkintaan. Kielentutkimuksen näkökulmasta sanan ja kontekstin yhteydessä on kysymys sanojen kahtalaisista ominaispiirteistä: yhtäältä (symbolin) vakiintuneisuudesta ja toisaalta sanan (merkin) indeksisestä ominaisuudesta, joka aktivoituu kielenkäyttötilanteessa. Esimerkiksi selvästi indeksisten sanojen, kuten pronomien kaltaisten *shifereiden*, tulkinta syntyy käyttötilanteessa, mutta *indeksisyys* on sanojen ja kielenainesten yleinen ominaisuus. (Rojola-Laitinen 1998; Helasvuo 2008.)

Kielentutkija voi saada uusia ideoita myös Lauri Nummenmaan ja Heini Saari­mäen tunteita käsittelevästä artikkelista. Tutkijoiden mukaan tunteet eivät ole pelkkiä kokemuksia, vaan niiden tehtävä on valmistaa elimistöä kohtaamaan uusia tilanteita. Tunteet ovat aivojen ja mielen taustatila, joka ohjailee muiden aisti- ja kognitiivisten järjestelmien toimintaa. Evoluution näkökulmasta tarkasteltuina tunteet tuottavat elonjäämisykyä. Tunteilla on geneettinen pohja, mutta ne kehittyvät myös ympäristön vaikutuksesta. Kirjoittajat rinnastavat ajattelun ja tunne-

elämän – molempien muutokset näkyvät aivotoimintojen muutoksina. Vuorovaikutustilanteita tukevat *tunnepeilaus* sekä aivojen ja kehon välinen *tunnesilmukka*. Artikkelissa tähdennetään, että tunteiden ja kehon välillä on vahva vuorovaikutteinen yhteys. Mainittakoon vielä, että empatia kehittyy varhemmin kuin ihmisen kyky tarkastella tuntemuksia sekä omasta että toisen näkökulmasta (Hari & Kujala 2009).

Nummenmaa ja Saarimäki eivät mainitse erikseen kielen yhteyttä tunteisiin, mutta heidän kuvauksensa perusteella voi olettaa, että tunteiden täytyy ilmetä kielessä, jopa varhaisvaiheista lähtien. Kielitieteessä tunteiden ilmaisu ovat tarkastelleet Herlin ja Visapää (2011, 2016) kielen ja empatian suhdetta käsittelevissä tutkimuksissaan, kognitiivisen lingvistiikan ja keskusteluanalyysin menetelmiä soveltaen. He viittaavat muun muassa kognitiivisen kielitieteen fenomenologiseen perustaan ja neurotutkijoiden peilisolu­havaintoihin. (Peilautumiseen palaan vielä myöhemmin tässä arvioissa.)

Tunteet voivat ilmetä myös kielen ensirakenteissa. Antropologisesti suuntautuneet lingvistit Ochs ja Schieffelin (1995: 87–88) mainitsevat Samoan saarilla elävien lasten käyttävän pyynnöissään produktiivisesti yksikön 1. persoonan pronomina affektiivista varianttia *ta ita* 'poor I/me' (19 kk:n iästä alkaen) aikuispuheessa yleisen neutraalin *a'u*-muodon sijaan (esim. *ia te ita* 'minulle raukalle'). Muutamia vastaavia havaintoja on tehty myös yksittäisiltä suomalaislapsilta, kuten pyyntöä tukeva intensiteettipartikkeli *vähän*, esimerkiksi *unkona vähä* 'haluan lähteä ulos' (23 kk), sekä uhmilun sävyä kantava partikkeli *koko*, esimerkiksi *mä lähen yksin koko* (35 kk), jonka affekti on peräisin aikuispuheen ilmaustyyppistä ”En pidä koko naapureista” (Kauppinen 1998, 2020). Surakka (2019) taas mainitsee esimerkkejä 4–5-vuotiaiden omaksu­masta *kohta*-partikkelin emotionaalisesta käytöstä. Ochs ja Schieffelin (1995) kat-

sovat tämäntyyppisen ilmiön olevan *indeksisen sensitiivisyyden* ansiota, jolla he tarkoittavat lapsen varhaista herkkyyttä tulkita kielen tilanteisia sävyjä ja kykyä ottaa käyttöönsä niitä kantavia ilmauksia.

Mitä kielestä?

Eksplisiittisesti kieltä käsitellään *Aivoaakkosissa* Riitta Salmelinin artikkelissa ”Kielellinen prosessointi”. Päähuomio on aivokuvantamisen tuloksissa, jotka kielen- tutkijan näkökulmasta näyttäisivät kuuluvan neurolingvistiikan alueelle. Yleisesti tiedetään, että aivojen kielialueita ovat vasempaan aivopuoliskoon sijoittuvat Brocan alue otsalohkon takaosassa ja Wernicken alue ohimolohkon takaosassa. Kuten aiemmin tässä arvioissa esillä olleista tiedoista voi päätellä, aivoedustukset ovat kuitenkin monin tavoin verkostoituneita. Salmelinin mukaan jo yksittäisten sanojen kieliedustukset sijoittuvat laajalti eri puolille aivoja, lähinnä ohimo- ja otsalohkoille, pääosin vasemmalle mutta myös oikealle aivopuoliskolle.

Salmelin etenee käsittelyssään ainoana *Aivoaakkosten* kirjoittajista sanojen ja lauseiden tasolle. Hän esittelee ensiksi yksittäisten sanojen aivoedustuksista tehtyjä tutkimuksia. Niistä pääteltynä kuultujen sanojen merkitys hahmotetaan noin 200 millisekunnissa. Luetun sanan aivoaktivaatiosta erottuvat myös eri vaiheet selvemmin. On havaittu esimerkiksi, että näköaivokuoren aktivaatiota seuraa lyhyt aktivaatio takaraivo-ohimolohkon rajalla, mikä tarkoittaa pelkkien kirjainjonojen erottelua. Sitä seuraa vasemman ohimolohkon yläosassa pitkäkestoinen aktivaatio (n. 200–600 ms), joka erottelee sanoja ”epäsanoista”. Konkreettisten sanojen edustuksissa näyttää Salmelinin mukaan olevan varsin hyvä vastavuus eri henkilöiden välillä.

Artikkelissaan Salmelin kuvaa myös tutkimusta, jolla oli selvitetty aiemman tiedon vaikutusta kielen ymmärtämiseen. Tietyissä koeasetelmissa tarkastel-

tiin sekä kuultujen että luettujen lauseiden tuottamia aivovasteita. Heikoin aktivaatiovaste syntyi odotuksenmukaiseen lauseeseen ”Sulhanen saapui myöhässä omiin häihinsä” ja voimakkain aktivaatio semanttisesti poikkeavaan ”He katselivat öisellä taivaalla tuikkivia *autoja*”. Näiden keskivaiheille vaste sijoittui lauseessa ”Matti heräsi varhain aamulla lintujen *ääniin*”, jossa viimeinen sana on merkitykseltään konventionaalinen mutta odottamaton. Erot näkyivät sekä luetun että kuullun perusteella noin 200 millisekunnin kuluttua havainnosta. Koe- tulokset kertonevat ainakin siitä, että ihmisellä on herkkyyttä kielellisten kuulojen näköhavaintojen erotteluun. Nähdäkseni ne tarkoittavat myös, että toistuvat sanat ja lausekonstruktiot ovat kokonaisuuksina juurtuneet ihmisen muistivarastoon. (*Juurtumisesta* terminä lisää myöhemmin tässä arvioissa.)

Salmelin puhuu edellä esitettyjen kielitestiä aivoaktivaatioiden perusteella aiemman ”sanan merkityksen hahmottamisesta ja merkityksen analyysistä” (s. 158) sekä ”sanojen merkityksen käsittelystä lauseissa” (s. 161). Tämä kiinnittää kielentutkijan huomion, sillä *merkitys* on lingvistiikassa, kuin myös semiotiikassa ja filosofiassa, keskeinen ja myös moniselitteinen termi.⁶ Yleisesti voitaneen sanoa, että merkitys ei sijaitse yksittäisissä sanajonoissa tai merkeissä vaan syntyy ihmisen mielessä, tilanteisena ja vuorovaikutteisena tulkintana. Salmelin täydentääkin, että jonkin aivoalueen aktivoitumisesta ei voi suoraan päätellä, että käynnissä on tietty prosessi, vaan perusteltujen tulkintojen tekemiseksi täytyy aina tietää, missä koeasetelmassa aktivaatio on havaittu. Tässä suhteessa erilainen koetilanne oli

6. Tieteen termipankissa *merkitys* on ”se mitä kielellinen muoto on vakiintunut ilmaiseen; ilmauksen sisältö; kielen semanttinen, kognitiivinen, intersubjektiivisesti hahmottunut osajärjestelmä” (Tieteen termipankki).

esimerkiksi Iiro Jääskeläisen edellä esitellyssä tutkimuksessa, jossa kontekstia luotiin elokuvan avulla.

Salmelin esittelee myös koneoppimisen tueksi suunniteltuja kielimalleja, jotka perustuvat muun muassa sanojen merkitysten samankaltaisuuteen ja laajojen tekstikorpusten perusteella konstruoi-tuihin tyyppilisiin esiintymisympäristöihin. Oletuksena on, että kun näin saadut sanavektorit saadaan yhdistetyksi sanojen aivovasteisiin, on mahdollista päästä selville siitä, ”miten kokonaiset merkitykset muodostuvat tiedon palasista” (s. 164).

Salmelin nostaa esiin ajatuksia herättäviä tutkimustuloksia. Kielitieteen näkökulmasta artikkeli on kuitenkin melko hajanainen. Ainakaan seuraavasta viitteettömästä huomiosta lukija ei juuri viisastu: ”On myös esitetty, että ihmisaivoissa olisi kehittynyt erityinen laskennallinen mekanismi, jonka avulla pystymme muodostamaan mutkikkaita sisäkkäisiä ilmauksia, lauseita lauseiden sisään. Etsintä jatkuu.” (S. 153.) Tämän enempää ei sanota. Artikkelin loppuun kirjoittaja heittää huolimattomasti muotoillun lainausjakson, joka antaa ymmärtää, että kielen abstraktit sanat olisivat lähinnä harmillisia ymmärtämisen esteitä. Voi vain toivoa, että keskustelu kielentutkijoiden kanssa syvenee, kun sanoja ja laajempia merkityskokonaisuuksia käsitellään ”osana luonnonmukaista jatkuvaa kielen tuottoa ja havaitsemista” (s. 166); maininta viitannee edellä mainittuihin koneoppimismalleihin, mutta implisiittisiä yhteyksiä näen myös muihin kirjassa esitelyihin neurotutkimuksiin.

Peilautuminen ja toimintasilmukka

Riitta Harin artikkeleita teoksessa on kolme. Niistä järjestyksessä toinen ”Tiedämmekö miten ihmisäivot toimivat?” avaa kielentutkijalle tuoreita reittejä merkitysprosessin ja vuorovaikutuksen ymmärtämiseen. Ihmisen motoriikka, siis fyysinen toiminta, on keskeinen kognitiiv-

visessa toiminnassa. Se on tullut kokeellisesti osoitetuksi 1990-luvun alussa tehtyjen peilisoluhavaintojen ansiosta. Italialaisen Giacomo Rizzolattin tutkimusryhmä löysi apinan aivoista soluja, joilla on poikkeava ominaisuus: ne aktivoituvat apinan tarttuessa esineeseen, mutta myös apinan nähdessä ihmisen tekevän samanlaisen tarttumisliikkeen. Peilisoluisissa havainnoissa toiminto peilaavat siis toisiaan. Ihmisenkin liikeaivokuori peilaa tiedostamattomasti toisen ihmisen liikkeitä: liikkeen näkeminen aktivoi katsojan liikeaivokuoren, siis sen saman, joka aktivoituu hänen itsensä tekemän samanlaisen liikkeen aikana. Myös tunneliikkeet välittyvät samalla periaatteella. Peilautumisilmiöstä juontuu samaten vaistomainen tapamme jäljitellä toisia ihmisiä. Harin mukaan motoriikka, kehollinen toiminta ja myös tunteet ovat ensisijaisia, kun taas aistiminen ja ajattelu ovat niiden palvelijoita. Hän toteaaakin, että ihmisen yhteys maailmaan syntyy hänen motoriikkansa kautta.

Peilautumisen ansiosta löydettiin myös toinen aivotoiminnan periaate, nimittäin *toimintasilmukka*.⁷ Hari kuvaa toimintasilmukan löytymiseen johtanutta poikkeuksellista koeasetelmaa: Kun aivotoimintoja on yleensä tutkittu yhden laboratoriossa olevan ihmisen toimintoina, näissä tutkimuksissa on sovellettu *kahden henkilön neurotiedettä* (*two-person neuroscience*) eli tarkasteltu toistensa kanssa vuorovaikutuksessa olevien koehenkilöiden aivotoimintojen muutoksia samanaikaisesti. Toimintasilmukka on liikkeiden ja aistimisen välinen, ulkomaailman kautta sulkeutuva ketju. Kahden ihmisen vuorovaikutuksessa, esimerkiksi keskustelussa, toimintasilmukoiden palaute tulee toisesta ihmisestä ja hänen motoriikastaan. Toimintasilmukkaan vaikuttaa aivoihin tallentunut rinnakkaiskopio

7. Toimintasilmukasta tarkemmin ks. Hari & Kujala 2009; Hari 2017; Hari, Järvinen, Lehtonen, Lonka, Sams & Ylikoski 2015.

(ns. *ennuste*), johon havaittua sensorista palautetta verrataan. Liikettä suunniteltaessa ja toteutettaessa aivoihin syntyy ennusteita tulevasta aistinpalautteesta, joka sitten vertautuu toteutuneeseen palautteeseen. Tuloksena on ennusteen ja syötteen suhde, joka tallentuu aivoihin. Näin toteutuu niin sanottu *ennustavan koodauksen* periaate, joka tarkoittaa, että havainnon lähtökohdaksi riittää aivoihin tallentunut epämääräinenkin tieto, jota havaittu tieto koko ajan täsmentää. Edellä kuvattua vuorovaikutteista toimintaa Hari luonnehtii kahdeksikon muotoiseksi yhteissilmukaksi, joka toistuu ja automatisoituu. Samanlainen väijäämättömyyden mielikuva välittyy kielentutkimuksen puolelta Stephen Levinsonin (2016) esittelemästä *vuorovaikutuskoneen (Interaction Engine)* käsitteestä, jolla hän luonnehtii keskustelun vuorovaihtoa ja esittelee myös siihen liittyviä neurotutkimuksia.

Harin mukaan maailma, keho ja aivot ovat tiukasti sidoksissa toisiinsa. Hän antaa esimerkin piirretyn kuvan hahmon vähittäisestä tarkentumisesta toimintasilmukan ansiosta. Kielentutkijan mieleen tulee myös sanan tai lausehahmon tarkentuminen havainnon toistuessa. Näin syntyvä ennustavan koodauksen tilanne tarkoittaaakin Harin mukaan samaa kuin tunnettu ajatus siitä, että ”aistiminen on loppujen lopuksi hypoteesien testausta” (s. 259).

Hari täydentää vielä, että aivotoimintojen yhteys kieleen ja ajatteluun syntyy emergenssin periaatteella. Aivojen eri yksiköiden (esim. hermosolujen) runsaudesta ja systeemin monimutkaisuudesta kehkeytyy eli *emergeoittuu* uusia ilmiöitä, joita ei voi palauttaa osatekijöihinsä.

Merkityksen synty

Toimintasilmukka tuo nähdäkseni lisää myös merkitysprosessin ymmärtämiseen. Edellä Salmelinin artikkelin yhteydessä esittelin erillisiä sanoja käsittelevän koetilanteen vaiheita: ensiksi aktivoitui-

vat visuaalisia tai akustisia piirteitä analysoivat aivoalueet ja heti sen jälkeen sanan tunnistamiseen liittyvät korkeamman tason verkostot. Harin mukaan tällaista alhaalta ylöspäin etenevää kuvausta tulisi vielä täydentää: merkitysprosessiin ei riitä pelkästään aistihavainnon siirtyminen ylemmän aivotason käsittelyyn, vaan siihen kuuluvat myös ylhäältä alas tulevat, palautuvat yhteydet, jotka tuovat aivohierarkian korkeammilta tasoilta käyttöön prosessoitua tietoa. Tämä on mahdollista osoittaa edellä kuvatussa kahden henkilön koetilanteessa. Siinä ilmenee myös aivotoiminnan dynaaminen luonne: merkitykset syntyvät aivoihin tallentuneen ennusteen ja vuorovaikutuksen aiheuttaman toimintasilmukan vaikutuksesta, siis tilanteessa, jossa aivojen ulkopuolelta tulevien havaintojen vaikutus otetaan huomioon. Toimintasilmukan käsite auttaa ymmärtämään myös kognition ja kehon välisiä yhteyksiä.

Nyt voi kysyä, vastaako *toimintasilmukan* käsitteeseen nojautuminen kielitieteen (semiotiikan, filosofian) käsitystä merkityksen olemuksesta. Mielestäni näkökulmat ovat toisiinsa sovitettavissa. Toimintasilmukassa syntyy merkityksiä siten, että aivoihin tallentunut ennuste joutuu aistein havaitun tiedon täsmentämäksi. Vuorovaikutus tuottaa merkityksiä.

Toimintasilmukasta juurtumiseen

Kognitiivisen kieliopin kehittäjä Ronald Langacker (1987) on tuonut kielentutkimukseen käsitteen *entrenchment* – käytän siitä käännöstä *juurtuminen*.⁸ Kun juurtumisen ideaa vertailee Harin *toimintasilmukkaan*, syntyy hämmästyttävä yhteensopivuuden vaikutelma, semminkin kun kirjoittajat edustavat eri tieteenaloja

8. Kiitän Maisa Martinia, Maija Surakkaa ja Tiina Onikki-Rantajääsköä *juurtumista* (engl. *entrenchment*) koskevasta keskustelusta Facebookin Kielitiede-ryhmässä.

ja perustavat teoriansa omiin tutkimuksiinsa. Seuraavassa esittelenkin lyhyesti Langackerin (2017) *juurtumisajatuksen* kehittelyä vertaillen sitä Harin *toimintasilmukkaan*.⁹

Molemmissa malleissa kuvataan oppimista, joka perustuu ulkopuolelta tuleviin havaintoihin ja niiden prosessointiin neuroverkoissa. Harin tutkimustulokset perustuvat kasvokkaiisiin vuorovaikutustilanteisiin, ja myös Langacker sanoo hermosolujen välisten yhteyksien muodostuvan kokemusten perusteella. Hari kuvaa merkityksen kehittyvän aivoissa ennustavan koodauksen periaatteella, jossa aiemmin aivoihin tallentunut tieto tarkentuu koko ajan uuden tiedon vaikutuksesta. Langackerin *juurtuminen* puolestaan tarkoittaa, että (kielen) yksikkö kotiutuu asteittain monien tapahtumien kautta, niin että jokainen toistuminen vaikuttaa minimaalisen säädön verran. Teorioille on siis yhteistä ulkopuolelta tulevien toistuvien havaintojen muokkaava vaikutus aiemmin tallentuneeseen tietoon.

Langacker tarkentaa vielä näkökulmaansa kielen suuntaan: Kielen rakenteet ovat ei-materiaalisia ja koostuvat toimintaprosesseista. Rakenteiden emergoitumisen lähtökohtina ovat mallit, jotka voidaan tietyn kaltaisuuden perusteella katsoa ”samaksi”. Prosessin käyttövoimana on jatkuva toistuvuus eri tilanteissa, jolloin kaltaisuus antaa mahdollisuuden samaksi hahmottuvien mallien vahvistumiseen ja kehkeytymiseen. Jokainen tapahtuma vaikuttaa yksikön seuraavaan juurtumiseen ja sitä seuraavan aktivaation helppouteen. Kielen rakenteet kehkeytyvät dynaamisessa prosessointitapahtumassa, jolle on ominaista jatkuvuus ja luontainen vaihtelu.

9. Hans-Jörg Schmid (2017) on kehittänyt *entrenchmentin* ideaa toimittamassaan monialaisessa artikkelikokoelmassa, jossa hän myös nimeää Langackerin *entrenchmentin* ”isäksi” ja jossa myös esittelemäni Langackerin artikkeli on julkaistu.

Langacker hylkää siis palasista koostuvan kielen periaatteen ja asettaa sen tilalle mallit tai hahmot. Koska kielen yksiköiden toistuminen aktivoituu todellisissa kielenkäyttötilanteissa, lingvistinen yksikkö ei jää täysin erilliseksi, vaan siihen jää vähintään skemaattinen jäännös lähtökontekstista. Tämä on tärkeä ajatus: kielen yksiköt kantavat rakenteissaan indeksisesti aiempien kontekstien ominaisuuksia.

Harin toimintasilmukkaa ja Langackerin juurtumisteoriaa yhdistävän periaatteen voisikin tiivistää seuraavasti: Toistuvuus on jatkuvaa pysyvyyttä. Kielen yksiköt muotoutuvat toistuessaan. Ne eivät ole staattisia, mutta potentiaalisen toiston perusteella niitä voi luonnehtia pysyviksi.

Lopuksi

Neurotutkimus jää humanistille helposti etäiseksi tutkimusalaksi, josta voi syntyä epämääräisiä mielikuvia. Siitä syystä yleistajuisiksi laadittu mutta silti tieteellisen tarkka *Aivoaakkoset* on kielentutkijallekin tervetullutta lukemista. Kirjan mitaan avartuu käsitys aivotutkimuksesta ja myös käytetyistä menetelmistä. Tietyntyyppisiin ärsykkeisiin perustuvien koetilanteiden rinnalle on tullut monipuolisempia menetelmiä, kuten (elokuva)tarinoiden tutkimusta ja vuorovaikutustilannetta simuloivia tutkimusasetelmia. Niitä lukiessa alkavatkin lingvistin sormet syyhytä.

Riitta Hari on hahmotellut kirjan viimeiseen lukuun kuvasarjan eri oppialojen yhteyksistä. Kuvasarjassa lähdetään täydellisestä erillisyydestä ja siirrytään toisilta saatujen ideoiden ja menetelmien lainaamisen kautta konvergoivaan tutkimukseen, jossa yhteisiin tavoitteisiin pyritään yhteistyössä. Viimeksi mainittua Hari havainnollistaa eri alojen toimijoita yhdistävällä liukuvärillä, jolla hän kuvaa yhteisen tutkimusaiheen tarkastelua eri alojen voimin. Tulkitseen hänen tarkoittavan sillä tieteidenvälisyyden ihannetilaa.

Joistakin *Aivoaakkoset*-kirjan artikkeleista voi päätellä, että aidosti tasavertaiselle kielen- ja neurotutkimuksen yhteistyölle olisi käyttöä. Se voisi saada aivotutkimuksen metodeja käyttävät tutkijat tietoisemmiksi siitä, mitä kielellä kulloinkin tarkoitetaan ja mitä uutta modernin kielentutkimuksen näkökulmat voisivat tarjota aivotutkimuksen tueksi. Parhaassa tapauksessa voitaisiin päästä näkemään, että eri tutkimusaloilla on itse asiassa päädytty samantyyppisiin ajatuksiin, kuten oli havaittavissa esimerkiksi toimintasilmukan ja juurtumisen välisissä yhtäläisyyksissä. *Aivoaakkosia* voi suositella lukemiseksi kaikille kielentutkijoille alan yleistiedon kartuttamiseksi ja uusien tutkimusideoiden virittämiseksi.

ANNELI KAUPPINEN
annelikauppinen@gmail.com

Kirjoittaja on kielikasvatuksen emerita-professori Jyväskylän yliopistosta ja suomen kielen dosentti Helsingin yliopistossa.

Lähteet

- BARABÁSI, ALBERT-LÁSZLÓ 2002: *Linkit. Verkostojen uusi teoria*. Suom. Kimmo Pietiläinen. Helsinki: Terra Cognita.
- BRATTICO, PAULI 2011: Erottava tekijä – *Virittäjä* 115 (2) s. 221–238.
- 2013: Introspektio, kielen autonomia ja aineistot. Pohdintoja kielitieteen menetelmistä. – *Virittäjä* 117 (1) s. 102–109.
- CHOMSKY, NOAM 2007: Of minds and language. – *Biolinguistics* 1 s. 9–27.
- HAKULINEN, AULI 2007: Silmäyksiä fenetiikan historiaan. – *Virittäjä* 111 (1) s. 89–96.
- HAKULINEN, AULI – KARLSSON, FRED 1979: *Nykysuomen lauseoppia*. Suomalaisen Kirjallisuuden Seuran Toimituksia 350. Helsinki: Suomalaisen Kirjallisuuden Seura.
- HARI, RIITTA 2017: Miten ymmärrämme toisiamme: neurotieteilijän näkökulma. – Antti Gronow & Tuukka Kaidesoja (toim.), *Ihmismielen sosiaalisuus* s. 30–53. Helsinki: Gaudeamus.
- HARI, RIITTA – KUJALA, MIIAMARIA 2009: Brain basis of human social interaction. From concepts to brain imaging. – *Physiological Revue* 89 (2) s. 453–479.
- HARI, RIITTA – JÄRVINEN, JAAKKO – LEHTONEN, JOHANNES – LONKA, KIRSTI – SAMS, MIKKO – YLIKOSKI, PETRI 2015: *Ihmisen mieli*. Helsinki: Gaudeamus.
- HAUSER, MARC D. – CHOMSKY, NOAM – FITCH, TECUMSEH W. 2002: The faculty of language. What is it, who has it, and how did it evolve? – *Science* 298 s. 1569–1579. <https://doi.org/10.1126/science.298.5598.1569>.
- 2010: The faculty of language: what is it, who has it, and how did it evolve? – Richard K. Larson & Viviane Déprez & Hiroko Yamakido (toim.), *The evolution of human language. Biolinguistic perspectives* s. 14–42. Cambridge: Cambridge University Press.
- HEIKKOLA, LEENA MARIA – VAINIO, SEPPÖ 2020: Psyko- ja neurolingvistiikka. – Milla Luodonpää-Manni, Markus Hamunen, Reetta Konstenius, Matti Miestamo, Urpo Nikanne & Kaius Sinnemäki (toim.), *Kielentutkimuksen menetelmiä I–IV* s. 985–990. Suomalaisen Kirjallisuuden Seuran toimituksia 1457. Helsinki: Suomalaisen Kirjallisuuden Seura.
- HELASVUO, MARJA-LIISA 2008: Minä ja muut. Puhujaviitteisyys ja kontekstuaalinen tulkinta. – *Virittäjä* 112 (2) s. 186–206.
- HERLIN, ILONA – VISAPÄÄ, LAURA 2011: Mitä on empatia ja mikä sen suhde kieleen? – Ilona Herlin, Emmi Laukkanen, Maria Mäkinen, Jutta Salminen & Laura Visapää (toim.), *Kieli ja empatia*. Kielen opissa 9. Helsinki: Helsingin yliopisto. <http://doi.org/10.31885/9789521075704>.
- 2016: Dimensions of empathy in relation

- to language. – *Nordic Journal of Linguistics* 39 (2) s. 135–157.
- ITKONEN, ESA 1986: Ajatuksia Chomskyn nykyvaiheesta. – *Virittäjä* 90 (3) s. 63–271.
- 1994: Universaalikieliopin kognitiiviset juuret. – *Virittäjä* 98 (2) s. 179–202.
- KAUPPINEN, ANNELI 1998: *Puhekuviot, tilanteen ja rakenteen liitto*. Helsinki: Suomalaisen Kirjallisuuden Seura.
- 2020: *Mistä kieli meihin tulee*. Tampere: Vastapaino.
- LANGACKER RONALD W. 1987: *Foundations of cognitive grammar. Vol 1. Theoretical prerequisites*. Stanford, CA: Stanford University Press.
- 2017: Entrenchment in cognitive grammar. – Hans-Jörg Schmid (toim.), *Entrenchment and the psychology of language learning. How we reorganize and adapt linguistic knowledge* s. 39–56. Berlin: De Gruyter Mouton.
- LARSON, RICHARD K. – DÉPREZ, VIVIANE – YAMAKIDO, HIROKO (toim.) 2010: *The evolution of human language. Biolinguistic perspectives*. Cambridge: Cambridge University Press.
- LEVINSON, STEPHEN C. 2016: Turn taking in human communication. Origins and implications for language processing. – *Trends in Cognitive Sciences* 20 (1) s. 6–41.
- LIEBERMAN, PHILIP 2010: The creative capacity of language, in what manner is it unique, and who had it? – Richard K. Larson & Viviane Déprez & Hiroko Yamakido (toim.), *The evolution of human language. Biolinguistic perspectives* s. 163–175. Cambridge: Cambridge University Press.
- OCHS, ELINOR – SCHIEFFELIN, BAMBI 1995: The impact of language socialization on grammatical development. – Paul Fletcher & Brian MacWhinney (toim.), *The handbook of child language* s. 73–94. Cambridge: Blackwell.
- PIATTELLI-PALMARINI, MASSIMO 1980: *Language and learning. The debate between Jean Piaget and Noam Chomsky*. London: Routledge & Kegan Paul.
- RAVILA, PAAVO 1963: Transformaatioteoria – *Virittäjä* 67 (1) s. 1–16.
- ROJOLA, LEA – LAITINEN, LEA 1998: Keskusteluja performatiivisuudesta. – Lea Laitinen & Lea Rojola (toim.), *Sanan voima. Keskusteluja performatiivisuudesta* s. 7–33. Tietolipas 160. Helsinki: Suomalaisen Kirjallisuuden Seura.
- SCHMID, HANS-JÖRG 2017: A framework for understanding linguistic entrenchment and its psychological foundations. – Hans-Jörg Schmid (toim.), *Entrenchment and the psychology of language learning. How we reorganize and adapt linguistic knowledge* s. 9–35. Berlin: De Gruyter Mouton.
- SURAKKA, MAIJA 2019: *Ajan paikka. Ajanilmausten kehityspolkuja lasten kielessä*. Dissertations in Education, Humanities, and Theology No 139. Joensuu: Itä-Suomen yliopisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-61-2973-0>.
- Tieteen termipankki = Tieteen termipankki: Kielitiede: merkitys. <https://tieteen-termipankki.fi/wiki/Kielitiede:merkitys> (21.9.2022).