



Kielenoppimisprosessien ja vuorovaikutuksen mittaaminen katseenseurannan ja joystick-koodauksen avulla

ANNA VON ZANSEN¹, PENTTI HENTTONEN², EEVA HAATAJA¹, ILONA LÄHTEENMÄKI¹ JA JOHANNA VIIMARANTA³

anna.vonzansen@helsinki.fi

¹Helsingin yliopisto, kasvatustieteellinen tiedekunta, ²Helsingin yliopisto, Humanistis-yhteiskuntatieteellinen instituutti (HSSH), ³Helsingin yliopisto, humanistinen tiedekunta

Tiivistelmä

Esittelemme kaksi tutkimusmenetelmää, joiden avulla voidaan tutkia kielen oppijoiden käyttäytymistä sekä luokkahuonekonteksteissa että digitaalisissa oppimisympäristöissä. Artikkelissa esitellyt menetelmät edistävät etenkin ei-kielillisiin signaaleihin ja vuorovaikutukseen liittyvää tutkimusta. Katseenseuranta ja videoiden koodaaminen joystickilla avaavat uusia näkökulmia kielididaktiseen tutkimukseen perinteisten menetelmien kuten kyselyjen, havainnoinnin, haastattelujen ja psykometriikan rinnalle. Artikkelissa esitellyt menetelmät hyödyttävät erityisesti tutkijoita ja opettajankouluttajia, jotka ovat kiinnostuneita ihmisten käyttäytymisestä ja vuorovaikutuksesta joko kasvokkain tapahtuvissa vuorovaikutustilanteissa tai digitaalisissa oppimisympäristöissä.

Avainsanat

Katseenseuranta, joystick-koodaus, kielididaktiikka, vuorovaikutus

Measuring language learning processes and interaction with eye-tracking and the computer-joystick method

Abstract

We present two research methods that can be used to study language learners' behaviour both in classrooms and digital learning environments. We believe that the methods presented in this article will especially benefit research on non-verbal signals and interaction. Eye-tracking and the computer-joystick method open new perspectives alongside traditional methods used in language didactic research, such as questionnaires, observation, interviews and psychometrics. The two presented methods benefit especially researchers and teacher educators who are interested in human behaviour and interaction, whether in face-to-face interaction or digital learning environments.

Keywords

Eye-tracking, continuous coding, language didactics, interaction

Johdanto

Tässä artikkelissa kuvaamme kahden tutkimusmenetelmän – katseenseurannan ja videoiden joystick-koodauksen – mahdollisuuksia ja rajoituksia kielididaktisessa tutkimuksessa (kielididaktiikasta tieteenalana esim. Hilden, 2020). Artikkelin tavoitteena on lisätä tietoisuutta kyseisistä menetelmistä. Katseenseurantaa hyödynnetään jo alan tutkimuksessa, mutta tiedonhakumme perusteella videoiden joystick-koodausta ei toistaiseksi ole hyödynnetty kielididaktiikan alalla.

Toisen ja vieraan kielen oppimista ja opettamista on perinteisesti tutkittu oppijan tai opettajan kokemusten ja näkemysten kautta esimerkiksi haastattelujen tai kyselyjen avulla. Lisäksi oppimisprosesseja ja strategioiden käyttöä on pyritty tutkimaan esimerkiksi pyytämällä kielen oppijoita ajattelemaan ääneen tehtävää ratkaistessaan tai havainnoimalla oppimistilanteita. Erilaisien kielenoppimismenetelmien tehokkuutta on arvioitu testaamalla kielitaitoa ennen ja jälkeen testattavan menetelmän käyttöä. Tilastollisiin menetelmiin perustuvaa psykometriikkaa puolestaan on hyödynnetty etenkin arviointimenetelmien laatutarkasteluissa (esim. Bachman, 2004) ja osioanalyysia esimerkiksi kielitestien toimivuuden tutkimisessa (esim. Boone ym., 2014). Kokeellisten tutkimusasetelmien avulla on voitu tutkia esimerkiksi pedagogisten interventoiden kuten oppimisympäristöjen tai aineistojen muokkaamisen vaikutuksia.

Kasvatustieteellisessä tutkimuksessa on kuitenkin viime aikoina liikuttu kohhti opetuksen ja oppimisen prosessien tarkastelua. Hubleyn ja Zumbon (2017) mukaan kielenoppimisen prosessit sisältävät paitsi kognitiivisia, myös emotionaalisia ja oppijan toimintaan liittyviä elementtejä. Tähän liittyy useita ulottuvuuksia. Ensinnäkin oppijat tai opettajat eivät välttämättä ole tietoisia tunteistaan, käyttäytymisestään tai ratkaisuihin vaikuttaneista ajatuskuluisista, eivätkä nämä ole aina nähtävissä päällepäin. Toiseksi kaikki tutkimukseen osallistuvat eivät välttämättä osaa tai halua sanoittaa kokemustaan oppimisen aikana eivätkä muista näitä prosesseja jälkeensä. Kolmanneksi suoriutumisen mittaaminen ja analyysi eivät välttämättä kerro tarpeeksi prosesseista, jotka ovat johtaneet lopputulokseen kuten tiettyyn pistemäärään kielikokeessa. Kielenoppimisen prosessiluonteen puuttuminen tutkimuksesta on ongelmallista sekä kielen oppijan vastaanottamistaitoihin (kuunteleminen ja lukemi-

nen) että oppijan tuottamistaitojen (puhuminen ja kirjoittaminen) liittyvässä tutkimuksessa (Euroopan neuvosto, 2020; Veivo, 2014). Neljänneksi useimmat menetelmät koskevat kielen oppijaa yksilönä, vaikka vierasta kieltä useimmiten käytetään ja harjoitellaan vuorovaikutuksessa muiden kanssa. Oppimisen tutkiminen ainoastaan luokkahuonetilanteessa tai muussa strukturoidussa kielennoppimisympäristössä ei myöskään pysty ottamaan huomioon sitä, että tärkeä osa oppimisesta tapahtuu usein näiden tilanteiden ulkopuolella (kielennoppimisen lähtökohdista Pietilä & Lintunen, 2014).

Tämän artikkelin tavoitteena on selvittää aiemman, osin muita tutkimusaloja käsittelevän kirjallisuuden perusteella, miten katseenseuranta ja videoiden jatkuva koodaus esimerkiksi joystickilla voivat avata uusia näkökulmia näihin kielididaktisen tutkimuksen haasteisiin. Tarkastelemme artikkelissa katseenseurannan ja videoiden joystick-koodauksen mahdollisuuksia kielten opetuksen kehittämisessä ja kielitaidon arvioinnissa. Kielididaktiikan lisäksi esitellyt lähestymistavat hyödyttävät tutkijoita ja opettajankouluttajia, jotka ovat kiinnostuneita ihmisten käyttäytymisestä ja vuorovaikutuksesta joko kasvokkain tapahtuvissa vuorovaikutustilanteissa tai digitaalisissa oppimisympäristöissä.

Artikkelimme on luonteeltaan teoreettinen. Esittelemme ensin katseenseurannan menetelmän ja sen aiempia käyttötapoja kielididaktisessa tutkimuksessa. Sen jälkeen tarkastelemme videoiden jatkuvaa koodausta ja sen käyttöä lähitieteenalioilla. Lopuksi pohdimme näiden menetelmien potentiaalia kielididaktisessa tutkimuksessa.

Katseenseurannan peruskäsitteitä

Ihmiset havainnoivat ympäristöönsä pääasiassa näköaistilla, joka koostuu kaapeasta tarkan näön alueesta ja laajasta, epätarkasta näkökentästä (Henderson, 2011). Visuaalinen tarkkaavuus liittyy ulkoisiin ärsykkeisiin, mutta myös yksilön sisäisiin ominaisuuksiin (esim. stressistä Chaudhuri ym., 2022) ja sosiaalisiin rakenteisiin (Hessels, 2020). Katseen pysähtymistä kohteeseen kutsutaan fiksaatioksi ja fiksaatioiden välisiä nopeita siirtymiä sakkadeiksi (Lappi, 2016). Katseenseuranta soveltuu niin tarkasti kontrolloituihin, kvantitatiivisiin laboratoriotutkimuksiin kuin laadullisiin asetelmiin ekologisessa ympäristössä (Haataja, 2021; Lappi, 2016). Katseenseurantalaitteilla voidaan tallentaa tarkan

näön liikkeet ympäristössä (mobiili katseenseuranta) tai tietokoneen näytöllä, kun katsetta halutaan käyttää visuaalisen tarkkaavuuden mittaamiseen. Katsetallenteesta voidaan tutkia katseen kohdistumista eri kohteisiin ja verrata tätä katsekäyttäytymistä muihin muuttujiin, kuten oppijan kielitaidon tasoon (Euroopan neuvosto, 2020).

Katseenseuranta kielididaktisessa tutkimuksessa

Digitaalisten oppimisympäristöjen osalta on kiinnostavaa tutkia esimerkiksi oppijan katseen kohdistumista ja siirtymistä: mihin ja kuinka kauan oppijan katse kohdistuu, ja miten katse siirtyy kohteesta toiseen. Katseenseurantaa on hyödynnetty soveltavan kielitieteen alaan kuuluvassa tutkimuksessa verrattain pitkään (Conklin ym., 2019; Godfroid, 2019), mutta vasta viime vuosina välineistöt ovat kehittyneet saavutettavammiksi helppokäyttöisyyden ja hinnan takia. Nostamme seuraavaksi muutamia esimerkkejä kielididaktisesta katseenseurantatutkimuksesta, laajemman kuvan saamiseksi suosittelemme lukemaan teokset Conklin ym. (2019) ja Godfroid (2019). Esimerkkimme koskevat kielitaidon osa-alueina pidettäviä luetun ja kuullun ymmärtämistä sekä puhumista ja kirjoittamista. Lisäksi ne koskevat ajankohtaisia kielenopetuksen kehityshaasteita kuten digitaalisten oppimisympäristöjen tuomia mahdollisuuksia ja tekoälyn käyttöä mm. automaattisen palautteen annossa.

Esimerkkinä luetun ymmärtämisen alaan kuuluvasta tutkimuksesta Brunfaut ja McCray (2015) tutkivat katseenseurannan ja retrospektiivisen haastattelun avulla aikuisten englannin oppijoiden (n=25) kognitiivisia prosesseja neljässä British Councilin Aptis-koetta mukailevassa lukemisen tehtävässä. He havaitsivat osallistujien lukemiskäyttäytymisessä malleja (engl. *patterns*), jotka liittyivät enemmän tehtävätyyppiin kuin tavoiteltuun taitotasoon. Lisäksi he havaitsivat, etteivät oppijoiden prosessit esimerkiksi B1-tason aukkotehtävissä vastanneet kokeen laatijoiden tarkoittamia lukemiseen liittyviä prosesseja.

Kuullunymmärtämistehtävät edellyttävät usein myös tehtävänantojen tai vastausvaihtoehtojen lukemista sekä kuuntelun aikana että ennen tai jälkeen kuuntelun. Aryadoust (2020) on katseenseurannan avulla tutkinut lukiolaisien (n=28) käyttäytymistä 12:ssa tietokoneella suoritettavassa kuunteluosiossa, jotka sisälsivät monivalinta- ja yhdistämistehtäviä. Tutkimus osoitti muun

muassa katseenseurantavideoiden avulla, että osallistujat muuttivat väärää vastauksiaan oikeaksi toisella kuuntelukerralla.

Katseenseurantaa voidaan yhdistää esimerkiksi haastatteluun, jolloin saadaan tarkempaa tietoa oppijan mielessä tapahtuvista prosesseista. Holzknechtin ym. (2017) tutkimuksessa osallistujan (n=16) silmänliikkeitä kuvattiin hänen ratkaistessaan monivalintakuuntelutehtäviä. Tämän jälkeen osallistujalle näytettiin tallenne hänen omista silmänliikkeistään, jonka avulla häntä pyydettiin perustelevaan toimintaansa (engl. *stimulated recall interview*). Tallenteiden avulla osallistujat pystyivät palaamaan ajatusprosesseihinsa ja perustelevaan ratkaisujaan tarkemmin. Menetelmän avulla voidaan tutkia oppijan mielessä tapahtuvia usein näkymättömiä tai tiedostamattomia prosesseja.

Lisäksi Holzknecht ym. (2021) havaitsivat, että osallistujat (n=30) katsovat pidempään ensimmäistä vastausvaihtoehtoa Aptis-kuullunymmärtämiskokeen monivalintaosioissa. Tutkimuksen mukaan oikean vastauksen sijainti vaikuttaa osion vaikeustasoon, mikä on ongelmallista etenkin tehtävissä, joiden vastausvaihtoehdot esitetään osallistujille sattumanvaraisessa järjestyksessä.

Digitaaliset oppimisympäristöt ja verkkotyökalut ovat yleistyneet sekä kielten opetuksessa että kielitaidon arvioinnissa. Burton (2023) on tutkinut edistyneempien B2–C1-tasoisten englannin oppijoiden (n=15) katsekäyttäytymistä puhumisen kokeessa, joka toteutettiin Zoom-videoneuvottelutyökalun avulla. Osallistujat suorittivat kymmenen tehtävää, jotka olivat vaatavuudeltaan eri tasoisia. Puhumisen tehtävien vaikeutuessa ja tehtävän vaatimustason kasvaessa osallistujat käänsivät tutkimuksen mukaan aiempaa vaihetta useammin katseensa pois keskustelukumppanista, kuten hypoteesina oli. Vastoin tutkijan hypoteesia, osallistujat eivät kuitenkaan räpyttäneet silmiään enempiä vaikeustason kasvaessa.

Tietokoneella kirjoittamisen prosessit ovat myös kiinnostaneet kielididaktiikan tutkijoita. Chukharev-Hudilainen ym. (2019) ovat verranneet turkkilaisen yliopisto-opiskelijoiden (n=24) kirjoittamisen sujuvuutta ensikielillä ja vieraalla kielellä yhdistämällä katseenseurantaa ja näppäimistön painallusten tallentamista CyWrite-verkkotyökalulla. Vieraalla kielellä kirjoittamiseen sisältyy enemmän taukoja ja kirjoittaminen on hitaampaa. Lisäksi lukemiskäyttäytymisessä havaittiin eroja: vieraalla kielellä kirjoittaessaan osallistujat

katsoivat useammin edeltävää lausetta (engl. *look-back fixations*) kuin silloin kun kirjoitus tapahtui ensikielellä.

Tekoälyä hyödyntävät sovellukset mahdollistavat kielenoppimisen ajasta ja paikasta riippumatta myös ilman opettajaresursseja. Liun ja Yun (2022) katseenseurantatutkimuksessa kiinalaiset 18–20-vuotiaat englannin oppijat (n=24) hyödynsivät Cambridgen Write & Improve -työkalun antamaa automaattista diagnostista palautetta työstäessään tekstiä. Tehtävänannot olivat jo käytöstä poistetusta IELTS-kokeesta. Osallistujien silmänliikkeitä tallennettiin, kun he muokkasivat tekstiään. Kuten Holzknichtin ym. (2017) tutkimuksessa, kirjoitusprosessin jälkeen osallistujalle näytettiin tallenne hänen silmänliikkeistään, jonka avulla häntä pyydettiin perustelemaan toimintaansa. Tutkimus antoi arvokasta tietoa siitä, miten ja minkä verran oppijat hyödyntävät erityyppistä automaattista palautetta, kuten suoraa yksityiskohtaista palautetta (sis. virheen sijainti, selitys ja korjausehdotus) tai epäsuorempaa palautetta (esim. ongelmallisen sanan tai ilmauksen merkitseminen). Tekoälyyn perustuvat sovellukset eivät kuitenkaan ole täydellisiä. Automaattista palautetta tulisikin Liun ja Yun (2022) mukaan jatkuvasti kehittää, jotta oppijoiden tekemiin väärin korjauksiin johtavat palautteet saataisiin karsittua työkalusta. Lisäksi tutkimuksen perusteella opettajien tukea tarvittaisiin sekä automaattisen palautteen paikkansapitävyyden tarkistamiseen että palautteen välittämiseen oppijoille.

Esimerkkeinä antamillemme katseenseurantaa menetelmänä käyttäneille tutkimuksille on yhteistä se, että katseenseurantaa on käytetty niissä kielitaitoa kehittävien ja sitä arvioivien tehtävien analyysissä. Seuraavassa pohdimme niitä hyötyjä, joita jatkuvan koodauksen menetelmä voi tuoda videoaineistojen analyysiin.

Videoiden analyysi ja jatkuva koodaus

Perinteinen laadullinen videoanalyysi tarkoittaa yleensä videotallenteen annotoimista, eli systemaattista kuvaamista, luokittelua ja jäsentelyä laadullisiin kategorioihin halutulla tarkkuudella. Laadulliseen analyysiin soveltuvia ohjelmistoja edustavat esimerkiksi MAXQDA (VERBI Software, 2021), ATLAS.ti (ATLAS.ti Scientific Software Development GmbH, 2023) ja Nvivo (Lumivero,

2023). Havaintoja voidaan tehdä esimerkiksi aineistolähtöisesti tai käyttäen olemassa olevaa tai tutkimusta varten luotua menetelmää (Glüer, 2018; Hawes ym., 2013). Valitun skeeman mukaisesti havainnot voivat olla itsenäisiä, eli mahdollisesti päällekkäisiä, tai jatkuvia havaintoja, jolloin jokainen ajanhetki saa yhden koodin (engl. *label*). Itsenäiset havainnot käsittävät usein ilmeitä, eleitä, toimintoja ja tapahtumia. Esimerkiksi yhden puheenvuoron aikana voidaan havaita useita hymyjä ja yksi lyhyt katse sivuun, jotka kaikki koodataan erillisinä tapahtumina, joilla on ajallinen alku ja loppu. Tällaisessa koodauksessa osa aineistosta jää usein ilman erillistä koodia. Jatkuvat havainnot puolestaan ilmentävät pääsääntöisesti laajempia ja abstraktimpia käsitteitä, kuten tunnetiloja tai käyttäytymismalleja. Esimerkkeinä interpersoonallisen teorian mukaisessa skeemassa henkilön affektiivisuus saa jokaisena hetkenä arvon, joka voi olla myös nolla. SPAFF-koodauksessa (engl. *specific affect coding system*; Coan & Gottman, 2007) jokainen hetki koodataan tiettyyn tunneilmajain luokkaan, joka voi myös olla neutraali.

Laadullisten mutta myös määrällisten koodausten tekemiseen soveltuvat esimerkiksi avoimen lähdekoodin ELAN (2023; ks. Lausberg & Sloetjes, 2009) tai kaupalliset Noldus Observer XT (Noldus Information Technology, 2024) tai INTERACT (Mangold International GmbH, 2024). Lisäksi useissa ensisijaisesti litteraatioiden tekemiseen tarkoitetuissa ohjelmistoissa esim. Transana (Woods, 2024) tai DOTE (McIlvenny ym., 2022) on vastaavia annotointiominaisuuksia. Ohjelmat mahdollistavat havaintojen kokoamisen ja arkistoinnin, niiden luotettavuuden laskemisen sekä tulosten alustavan visualisoinnin ja tilastoinnin.

Jos videosta halutaan analysoida erilaisia aikasidonnaisia prosesseja ja erityisesti niiden jatkuvaa vaihtelua, voidaan hyödyntää jatkuvan koodauksen joystick-menetelmää (engl. *computer-joystick method*; Sadler ym., 2009). Tässä menetelmässä käytetään ohjelmistoa, joka tallentaa joystickin (ks. Kuvio 1), tai vastaavan osoittimen, liikkeet pysty- ja vaakasuunnassa halutulla tiheydellä, esimerkiksi puolen sekunnin välein. Näin syntyy sarja, joka muodostuu joystickin osoittamista koordinaattipisteistä ja kuluneesta ajasta. Tällainen aikasarja (engl. *time-series data*) voi kuvata esimerkiksi henkilön arvioitua läheisyyttä ja toimijuutta (ks. interpersoonalisesta teoriasta alla) samaan tapaan, kuin lämpömittarin lukemat kuvaavat lämpötilan muutoksia ajassa. Lisäksi

joystickin painikkeita voidaan hyödyntää merkitsemään joko spontaanisti havaittuja tai ennalta määriteltyjä tapahtumia.



Kuvio 1. Joystick-ohjain ja taustalla analysoitava video sekä Joymon-ohjelma

Jatkuvien havaintojen analysointi vaatii tutkittavan ilmiön operationalisoinnin yhdeksi tai useammaksi jatkuvaksi muuttujaksi. Esimerkiksi ihmisten välistä vuorovaikutusta on analysoitu Interpersonaalisen teorian (Leary, 1957) avulla, jossa osallistujien vuorovaikutuskäyttäytyminen muodostuu toimijuuden (engl. *agency*) ja läheisyyden (engl. *communion*) komponenteista ja näiden vaihtelusta suhteessa toisiinsa (Gurtman, 2009). Tästä esimerkkinä Kuviossa 1 ruudulla näkyvässä asteikossa vaaka-akselilla voisi olla läheisyys ja pystyakselilla toimijuus. Jatkuva koodaus mahdollistaa laadullisten ja määrällisten kysymysten yhteistarkastelun, mutta luotettavuuden saavuttaminen vaatii moniulotteisten ilmiöiden, kuten opetus- ja oppimisvuorovaikutuksen,

huolellista operationalisointia ja analysoijien keskinäistä yhteisymmärrystä (Haataja ym., 2021). Kutsumme tässä artikkelissa menetelmää koodaukseksi (engl. *coding*), mutta eri tutkimustraditioissa koodaus voi tarkoittaa ilmiön tai tapahtuman havainnointia erotuksena arvioinnista (engl. *rating*), jossa pyritään kuvaamaan vaikeammin määriteltäviä ilmiöitä esimerkiksi arvioiden keskiarvon ja keskinäisen vaihtelun kautta. Taulukkoon 1 olemme kuvanneet jatkuvan koodauksen viisi vaihetta: valmistelun, harjoittelun, koodausprosessin, reliabiliteetin mittaamisen sekä aikasarjojen analysoinnin (ks. esim. Sadler ym., 2009).

Taulukko 1. Jatkuvan koodauksen vaiheet

Valmistelu	Laitteiston kokoonpano Ohjelmisto Kohdeilmiön operationalisointi Koodaajien rekrytointi
Harjoittelu	Tutustuminen menetelmään ja tutkimuksen aihepiiriin Harjoittelu Ohjeistus: ongelmatilanteet ja havainnot
Prosessi	Aineiston valmistelu Koodaussuunnitelma (järjestys, satunnaistus, päällekkäisyys) Arvio projektin vaatimasta työajasta
Reliabiliteetti	Seuranta prosessin aikana Kokonaisuus- ja yksilöluotettavuus Kokonaisuuden raportointi prosessin jälkeen
Analyysi	Tallennusten tiedostomuodon valinta Visualisointi Aikasarjoista laskettavat parametrit Tilastollinen analyysi

Jatkuva koodaus opetuksen ja oppimisen tutkimuksessa

Seuraavaksi luomme katsauksen joystick-koodaukseen opetuksen ja oppimisen tutkimuksessa, sillä menetelmää ei tietojemme mukaan ole vielä käytetty kielididaktiikan tutkimuksessa. Opettajien ja oppilaiden interpersoonallisen käyttäytymisen vaihtelua ja suhteutumista toisten käyttäytymiseen on tutkittu erilaisista näkökulmista. Haataja ja kollegat (2021) vertasivat opettajan interpersoonallista käyttäytymistä opettajien ja oppilaiden välisten katsekontaktien esiintymiseen. Lisäksi toimijuuden ja läheisyyden piirteitä opettajien vuorovaikutuskäyttäytymisessä on tarkasteltu oppijoiden motivaation (Ghafarpour & Moinezadeh, 2020), oppijoiden yhteistyökäyttäytymisen (van Vemde ym., 2022) ja oppijan ja opettajan välisen vuorovaikutuksen adaptiivisuuden (Pennings, 2017; Pennings ym., 2014, 2018) näkökulmista joystick-koodauksen avulla. Havaittua toimijuutta ja läheisyyttä on myös verrattu oppijoiden arviointeihin ja opettajan itsearviointiin omasta vuorovaikutuskäyttäytymisestäään (Donker ym., 2021). Lisäksi oppijoiden välistä vuorovaikutuskäyttäytymistä ryhmissä tehtävissä matemaattisissa ongelmanratkaisutehtävissä on tutkittu analysoimalla toimijuuden komponenttia suhteessa ongelmanratkaisuprosessin etenemiseen (Haataja ym., 2022).

Joystick-koodausta on käytetty myös muiden muuttujien kuin toimijuuden ja läheisyyden tarkastelussa: esimerkiksi oppijoiden osallistumista luokkahuoneessa on tutkittu koodaamalla käyttäytymisen vaihtelevan häiritsevän tehtävän ulkopuolisen käyttäytymisen ja aktiivisen tehtävään keskittyvän käyttäytymisen välillä (Goldberg ym., 2021a; Goldberg ym., 2021b; Golberg ym., 2023; Sümer ym., 2023). Luokkahuonekontekstin ulkopuolella joystick-koodausta taas on käytetty esimerkiksi arvioimaan neurotyyppillisten ja ei-neurotyypillisten henkilöiden (Stevanovic ym. 2017, 2019b) tai naisten ja miesten (Stevanovic ym., 2019a) välistä vuorovaikutusta ja käyttäytymistä keskustelun aikana toimijuuden ja läheisyyden kautta.

Käytännön näkökulmia menetelmien käyttöön

Tarkasteltujen menetelmien käyttö edellyttää soveltuvia laitteistoja ja ohjelmistoja. Katseenseurantaa voidaan toteuttaa joko mobiileilla laitteilla, kuten katseenseurantalaseilla, tai tietokoneen näyttöön kiinnitettävällä palkilla (ks. Henderson, 2011; Conklin ym., 2019; Godfroid, 2019). Tietokoneen näytöllä

liikkuvaa katsetta voidaan tallentaa myös webbikameran avulla. Myös erilaisiin virtuaalilaseihin on saatavilla katseenseurantateknologiaa.

Videoiden jatkuva koodaus puolestaan vaatii tietokoneen, näytön ja joystickin (esim. Logitech Extreme 3D Pro) sekä ohjelmiston videoiden näyttämistä ja arvioiden tallentamista varten. Vaikka aiempi tutkimus on korostanut juuri joystickin keskeisyyttä, havaintojen tekeminen on mahdollista myös muilla tavoilla, esimerkiksi tietokoneen hiirellä. Kuviossa 1 esitellyn Joymon-ohjelman (Lizdek ym., 2012; Sadler ym. 2009; Sadler & Woody, 2023) lisäksi esimerkiksi modernimpi DARMA-ohjelmisto mahdollistaa useiden parametrien muokkaamisen, kuten akselien nimeämisen sekä havaintojen visualisoinnin ja niiden tunnuslukujen ja luotettavuuden laskemisen (Girard & Wright, 2018). Käytetyn laitteiston ja ohjelmiston asetukset on hyvä kirjata ylös raportointia varten sekä pitää muuttumattomina koodausprojektin ajan. Nämä kattavat esimerkiksi arvioijien näkemän videon ja koordinaatiston koon, akseliston kuvauksen sekä arviointiskaalan ja näytteenottotaajuuden, jolla arvot tallennetaan.

Eksploratiivisen tutkimuksen tavoitteena voi olla myös sen selvittäminen, voidaanko tietty ilmiö operationalisoida riittävän yhteismitallisesti. Katseenseurannassa eksploratiivinen tutkimusote vaatii katsevideon laadullista analyysyä, esimerkiksi katsekohteiden laadullista annotointia (esim. Haataja ym., 2019). Jatkuvassa koodauksessa puolestaan luotettavien arvioiden saamiseksi arvioitavan materiaalin esitysjärjestyksen tulisi olla satunnaistettu ja arvioiden riippumattomia. Usein tämä tarkoittaa sitä, että arvioijat (esimerkiksi tutkijat tai avustajat) työskentelevät itsenäisesti saamiensa ohjeiden perusteella eivätkä keskustele arvioistaan. Ennen varsinaisten koodausten suorittamista järjestetään usein harjoitteluvaihe (ks. Sadler ym., 2009; Stevanovic ym., 2017), joka sisältää laitteistoon ja tutkimuksen aihepiiriin tutustumista sekä erillisiä tai aidolla aineistolla tehtäviä harjoituksia. Tätä varten voidaan erottaa osa kerätystä aineistosta harjoitteluun, joko koodaajakohtaisesti tai käyttäen esimerkiksi pilotti- tai aiemman tutkimuksen aineistoa.

Jos tavoitteena on aineiston systemaattinen läpikäynti katseenseurannalla tai jatkuvalla koodauksella, on mahdollista miettiä projektin resurssivaatimuksia ennalta. Tutkimuskysymysten huolellinen määrittely ja analysointiproseduurin ennakkosuunnittelu ovat tärkeitä vaiheita. Esimerkiksi jatkuvassa koo-

dauksessa tulee pohtia, kuinka moneen kertaan ja missä järjestyksessä analysoitava aineisto koodataan. Samalla suunnitellaan, halutaanko esimerkiksi selvittää kuinka luotettavia arviot ovat, joko suhteessa toisiinsa tai haluttuun ennalta laadittuun, esimerkiksi asiantuntijan tai projektin päätutkijan (engl. *ground truth*), koodaukseen. Tutkimuksen replikoimisen kannalta arviointi on pystyttävä toistamaan annetun ohjeistuksen mukaan.

Koodatuista aikasarjoista voidaan laskea haluttujen segmenttien aikaisia tunnuslukuja, kuten keskiarvo, hajonta ja (lineaarinen tai korkeamman asteen) trendi, eli keskimääräinen muutos sarjan aikana. Havaintoja voidaan yhdistää jo keräysvaiheessa osaksi laajempia ajallisia yksikköjä. Esimerkiksi vuorovaikutustilanne voidaan jakaa halutun mittaisiin peräkkäisiin jaksoihin jo arvoja tallennettaessa, tai sitten analyysivaiheessa jaotella ja keskiarvoistaa havainnot alku- keski- ja loppuvaiheen mukaan. Riippuen arvioiden päällekkäisyydestä, voidaan aikasarjat keskiarvoistaa tai pitää erillään. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi usean koodaajan havaintojen yhdistämistä yhdeksi aikasarjaksi jatkoanalyysiä varten.

Tutkittavasta ilmiöstä ja sen resoluutiosta riippuen voidaan soveltaa hienostuneempia aikasarja-analyysejä, kuten tutkittavan ilmiön purkamista trendien ohella eripituisiin sykleihin eli vaihteluväleihin (Jebb ym., 2015). Arvioijien välistä luotettavuutta yksittäisten summaavien tunnuslukujen suhteen voidaan vertailla sisäkorrelaatiokertoimella (engl. *intra-class correlation coefficient*, *ICC*), joka kertoo arvioijien samanmielisyydestä asteikolla 0–1 (ks. Koo & Li, 2016). Jatkuvien aikasarjojen samankaltaisuutta voidaan tutkia esimerkiksi visualisoiden sekä laskemalla muuttujien yhteyttä kuvaavia parametreja, kuten ristikorrelaatiota (Boker ym., 2002). Vaikka jatkuvan koodauksen menetelmä soveltuu hyvin yksilötutkimukseen, usein sitä käytetään nimenomaan vuorovaikutusta tutkittaessa niin, että aikasarjoja verrataan toisiinsa.

Kaikenlaisessa vuorovaikutuksessa olevien henkilöiden käyttäytyminen ja sitä kuvaavat arvot ovat usein riippuvaisia toisistaan. Tämä on otettava huomioon analyysissä, mutta voi myös muodostaa oman tutkimuskohteensa. Tällaisten ilmiöiden tutkiminen vaatii tilastollisesti soveltuvia menetelmiä, jotka käsittelevät muuttujien dyadisia (tai monimutkaisempia) riippuvuussuhteita (Kenny ym., 2006) sekä tiheämmin ilmiötä kuvaavien aikasarjojen synkronoitumista (Kleinbub ym., 2020).

Joystick-koodauksen menetelmä on verrattain helposti sovellettavissa, se ei vaadi kalliita laiteinvestointeja ja mahdollistaa tehokkaan sekä ennustettavan ajankäytön. Vaikka videoaineisto haluttaisiin analysoida vain yleisellä tasolla, se tulee kuitenkin aina katsoa kokonaisuudessaan. Tällöin arvioiden teko samalla ei kasvata arviointiin kuluva kokonaisaikaa, joka on arvioitavissa ennalta koko tutkimuksen osalta. On kuitenkin otettava huomioon, että koodaus edellyttää aina tarkkaa keskittymistä jo tilanteissa, joissa koodattava ilmiö on selkeästi määritelty. Kognitiivinen kuormitus voi abstraktimpien ilmiöiden kohdalla ja erityisesti kahden akselin samanaikaisen arvioinnin tapauksessa olla huomattavaa ja vaatia perusteellisempaa harjoittelua ja taukojen pitämistä.

Katsetutkimus puolestaan vaatii sekä taloudellisia että ajallisia investointeja niin tutkimuksen suunnittelun kuin analysoinnin vaiheissa. Katseaineiston manuaalinen analysointi on aikaa vievää (esim. Haataja, 2021). Automaattisen analyysin mahdollisuudet puolestaan riippuvat käytetystä teknologiasta ja tutkimusasetelmasta: mitä luonnollisempaan ja ennalta-arvaamattomampaan vuorovaikutus- tai oppimistilanteeseen katseenseurantaa sovelletaan, sitä enemmän manuaalista työtä ja tutkijan valintoja analyysi vaatii. Esimerkiksi yksilön kuvien tai tekstin katsomis- tai lukemisprosessien tutkiminen laboratorio-olosuhteissa on huomattavasti yksinkertaisempaa kuin vaikkapa dynaamista aineistoa kuten videota sisältävien multimodaalisten tehtävien prosessoinnin tai vuorovaikutteisten luokkahuoneeseen tai digitaaliseen oppimisympäristöön sijoittuvien prosessien tutkiminen. Toisaalta sitä kautta voidaan saada ainutlaatuista tietoa kielenoppimisen prosesseista.

Pohdinta

Tässä artikkelissa käsitellyt menetelmät antavat uusia mahdollisuuksia kielenoppimisen prosessien tarkasteluun. Perinteisten menetelmien rinnalla nämä menetelmät avaavat näkökulmia kielitaidon eri osa-alueiden (kuunteleminen, lukeminen, puhuminen, kirjoittaminen) opetukseen ja arviointiin mukaan lukien vastaus- ja palauteprosessit. Pohdimme seuraavaksi kyseisten menetelmien hyötyjä kielididaktisessa tutkimuksessa.

Ensinnäkin digitaalisten oppimisympäristöjen lisääntyminen edellyttää uudenlaisia tutkimusmenetelmiä, joita on etsittävä esimerkiksi käytettävyyss tutkimuksen puolelta (katseenseurannasta Lehtinen, 2005). Katseenseurannan avulla voidaan esimerkiksi tutkia oppijan katseen kohdistumista ja siirtymistä digitaalisissa ympäristöissä, joista kielididaktisina esimerkkeinä digitaaliset kielikokeet, oppimateriaalit ja työkalut. Lisäksi fysiologisten parametrien ja käyttäytymisen mittaaminen, kuten katseenseuranta (Henderson, 2011, soveltavan kielitieteen osalta Conklin ym., 2019; Godfroid, 2019) mahdollistaa oppijoiden vastaamiseen liittyvien prosessien kuten tunteiden, toimintojen ja ajatusten (Hubley & Zumbo, 2017) sekä vuorovaikutuskäyttäytymisen analyysin. Erillisten kanavien havaintojen yhdistäminen esimerkiksi oppijoiden havainnointiin tai ääneenajatteluun lisää tutkimuksen luotettavuutta.

Luokkahuoneen vuorovaikutustilanteita puolestaan on havainnoitu ja videoitu vuosikymmeniä, mutta videoaineiston käsittely on tunnetusti aikaa vievää. Suoraviivaisempi lähestymistapa on koodata oppijan vuorovaikutuskäyttäytymistä tietokoneen joystick-ohjaimen avulla (Lizdek ym., 2009; Sadler ym., 2009). Menetelmän hyödyt liittyvät koko aineiston systemaattiseen läpikäymiseen suhteessa aikaan. Aikaan sidotut mittaukset, arviot ja koodaukset mahdollistavat havaintojen määrän ja keston lisäksi niiden sijainnin tutkimisen systemaattisesti laajoistakin aineistoista, sekä voimakkaampien tilastollisten analyysimenetelmien hyödyntämisen. Aikaan sidottuja koodauksia on myös helpompi yhdistää keskenään, kuten opettajan vuorovaikutuskäyttäytyminen yhdistettynä opettajan ja oppijan katseeseen (Haataja ym. 2021).

Systemaattisesti koodattua aineistoa tarvitaan myös tekoälyä hyödyntävien sovellusten kehittämiseen, josta esimerkkinä puheen ja vuorovaikutuksen automaattiseen arviointiin tähtäävät hankkeet DigiTala (Kautonen & von Zansen, 2020) ja Aasis (von Zansen, 2023). DigiTalassa kehitetyillä koneoppimis malleilla (Al-Ghezi ym., 2023) pyritään ennustamaan ihmisarvioijien antamia arviointeja ja tarjoamaan automaattista palautetta oppijalle. Automaattiseen puheentunnistukseen perustuvan DigiTala-työkalun kehittäminen on edellyttänyt erilaisilta puhujilta kerättyjen puhenäytteiden lisäksi näytteiden litteraatteja ja ihmisten antamia arvioita (työkalun kehitysvaiheista ks. tarkemmin von Zansen & Kallio, 2024). Suullisen vuorovaikutuksen automaattinen arviointi puolestaan tulee edellyttämään dialogitehtävien videointia ja sekä kiel-

listen että ei-kiellellisten signaalien systemaattista prosessointia (von Zansen, 2023).

Kielenoppiminen tapahtuu aiemmin opitun sanaston ja rakenteiden tunnistamisen, toistamisen ja näin tapahtuvan omaksumisen kautta vuorovaikutuksessa opettajan, oppimisympäristön toimijoiden ja muiden oppijoiden kanssa. Se on aktiivista toimintaa, jossa oppija käyttää hyväksi myös kaikkia niitä kielellisiä resursseja, joita hänellä on muista kielistä. Kielenoppimisen mahdollistava vuorovaikutus ei tapahdu pelkästään kielellisten keinojen kautta. Kun pystymme analysoimaan katsetta, huomion siirtymistä ja eleitä, saamme tarkemman kuvan niistä keinoista, joilla kielenoppimisen prosessiin voi vaikuttaa. Tässä analyysin kohteena voi olla niin opettajan ja oppilaiden välinen vuorovaikutus luokkahuonetilanteessa, kielen oppijoiden välinen merkitysten neuvottelu ja toisen oppijan kielellisen tuotoksen tukeminen kuin digitaalisten oppimisympäristöjen antama, osin näitä seikkoja simuloiva oppimisen tuki. Tutkimustieto näistä aiheista auttaa kehittämään pedagogisesti tehokkaita ja oppijan kannalta miellyttäviä kielenopetuksen ja -opiskelun käytänteitä, oppimateriaaleja ja oppimisympäristöjä. Myös erilaisten oppijoiden tarpeet voidaan huomioida systemaattisemmin.

Opettajankouluttajille esittelemämme menetelmiä käyttävä tutkimus antaa uusia eväitä sellaisten oppimistilanteissa merkityksellisten vuorovaikutuksen piirteiden pohtimiseen, joiden havainnointi tapahtuu tiedostamatta tai on ihmisaistien ulottumattomissa. Tämä voi auttaa tulevien opettajien koulutuksessa.

Globaalisti toisen ja vieraan kielen opetus on murrostilassa maailmassa, jossa uudenlaiset kielenoppimisen mahdollisuudet ovat haastaneet perinteisen luokkahuoneopetuksen ja opettajan roolin siinä. Lisäksi Suomessakin on herätty niihin haasteisiin, jotka liittyvät etenkin venäjän kielen kohdalla vieraan kielen oppijoiden ja perintöpuhujien opetukseen samoissa ryhmissä (Viimaraanta, 2023). Vaikka kokeneet opettajat ovat tähänkin asti parhaimmillaan onnistuneet hyödyntämään vieraan kielen oppijoiden ja perintöpuhujien välistä dynamiikkaa luokkahuonetilanteissa, voi näiden oppijaryhmien ja opettajan välinen jännite olla myös oppimista estävä seikka. Tästäkin olisi mahdollista saada uudenlaista tietoa tässä artikkelissa esiteltyjen menetelmien avulla esi-

merkiksi tutkimalla vuorovaikutusta luokkahuonetilanteissa tai analysoimalla videoituja aineistoja joystick-menetelmällä.

Näkemyksemme mukaan menetelmät edistävät etenkin ei-kiellellisiin signaaleihin ja vuorovaikutukseen liittyvää tutkimusta. Kielenoppimisen kontekstissa sekä ei-kiellellisen viestinnän että vuorovaikutuksen merkitys tiedostetaan, mutta näihin ei systemaattisesti ole kiinnitetty huomiota. Tämä näkyy esimerkiksi käytettävissä arviointimenetelmissä: usein arvioidaan kielellisiä piirteitä yksilösuorituksista, kuten oppijan käyttämän sanaston laajuutta tai rakenteiden tarkkuutta monologitehtävässä. Tuoreemmat lähestymistavat painottavat kokonaisvaltaisemmin muun muassa eleitä ja vuorovaikutusta osana suullista kielitaitoa, sujuvuuden osalta ks. Peltonen (2020). Lisäksi esitellyt menetelmät mahdollistavat ilmiöiden kokonaisvaltaisemman tarkastelun ilman, että vuorovaikutusta täytyy erottaa oppimisesta tai opettamisesta.

Artikkelissa esiteltyjen menetelmien lisäksi kannustamme kielididaktiikan tutkijoita hyödyntämään rohkeasti fysiologisten signaalien mittaamiselle perustuvia menetelmiä, soveltaen esimerkiksi aivotutkimuksen tuottamaa tietoa kognitiivisten prosessien tutkimuksessa (Aryadoust ym., 2022, Hilden ym., 2022). Myös erilaiset algoritmisen luokittelun teknologiat kehittyvät jatkuvasti, mahdollistaen puheen tunnesisältöjen (de Lope & Grana, 2023), kasvonilmeiden (Küntzler ym., 2021) sekä liikkeen (Puig-Diví ym., 2019) ja muun käyttäytymisen automaattisen tunnistamisen videoaineistoista käyttäen avoimesti saatavilla olevia tai kaupallisia ohjelmistoja. Tutkimusmenetelmiä uudistamalla ja yhdistelemällä sekä hyödyntämällä eri alojen tutkijoiden menetelmällistä osaamista saadaan arvokasta tietoa, joka hyödyttää opettajankoulutuksen lisäksi esimerkiksi oppimateriaalien, opetussuunnitelmien ja kielikokeiden laatijoita.

Kiitokset

Kiitämme Helsingin yliopiston humanistis-yhteiskuntatieteellistä instituuttia HSSH Catalyst Grant 2024 -tuesta, jonka avulla olemme voineet edistää katseenseurannan ja joystick-koodauksen käyttöä esimerkiksi kielididaktisessa tutkimuksessa.

Lähteet

- Al-Ghezi, R., Voskoboinik, K., Getman, Y., von Zansen, A., Kallio, H., Akiki, C., Kuronen, M., Huhta, A., & Hildén, R. (2023). Automatic speaking assessment of spontaneous L2 Finnish and Swedish. *Language Assessment Quarterly*, 20(4–5), 421–444. <https://doi.org/10.1080/15434303.2023.2292265>
- Aryadoust, V. (2020). Dynamics of item reading and answer changing in two hearings in a computerized while-listening performance test: An eye-tracking study. *Computer Assisted Language Learning*, 33(5–6), 510–537. <https://doi.org/10.1080/09588221.2019.1574267>
- Aryadoust, V., Foo, S., & Ng, L. Y. (2022). What can gaze behaviors, neuroimaging data, and test scores tell us about test method effects and cognitive load in listening assessments? *Language Testing*, 39(1), 56–89. <https://doi.org/10.1177/02655322211026876>
- ATLAS.ti Scientific Software Development GmbH (2023). *ATLAS.ti Windows* (version 23.4.0) [tietokoneohjelma]. <https://atlasti.com>
- Bachman, L. F. (2004). *Statistical analysis for language assessment*. Cambridge University Press.
- Boker, S. M., Rotondo, J. L., Xu, M., & King, K. (2002). Windowed cross-correlation and peak picking for the analysis of variability in the association between behavioral time series. *Psychological methods*, 7(3), 338–355. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.7.3.338>
- Boone, W. J., Staver, J. R., & Yale, M. S. (2014). *Rasch Analysis in the Human Sciences*. Springer Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-6857-4>
- Burton, D. (2023). Gazing into cognition: Eye behavior in online L2 speaking tests. *Language Assessment Quarterly*, 20(2), 190–214. <https://doi.org/10.1080/15434303.2022.2143680>
- Brunfaut, T., & McCray, G. (2015). Looking into test-takers' cognitive processes whilst completing reading tasks: A mixed-method eye-tracking and stimulated recall study. *ARAGs research reports online*. British Council.
- Chaudhuri, S., Muhonen, H., Pakarinen, E., & Lerkkanen, M.-K. (2022). Teacher focus of attention in first-grade classrooms: Exploring teachers experiencing less and more stress using mobile eye-tracking. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 66(6), 1076–1092. <https://doi.org/10.1080/00313831.2021.1958374>

- Chukharev-Hudilainen, E., Saricaoglu, A., Torrance, M., & Feng, H. H. (2019). Combined deployable keystroke logging and eyetracking for investigating L2 writing fluency. *Studies in Second Language Acquisition*, 41(3), 583–604. <https://doi.org/10.1017/S027226311900007X>
- Coan, J. A., & Gottman, J. M. (2007). The specific affect coding system (SPAFF). Teoksessa J. A. Coan & J. J. B. Allen (toim.), *Handbook of emotion elicitation and assessment* (s. 267–285). Oxford University Press.
- Conklin, K., Pellicer-Sanchez, A., & Carrol, G. (2019). *Eye-tracking: A guide for applied linguistics research*. Cambridge University Press.
- Donker, M. H., van Vemde, L., Hessen, D. J., van Gog, T., & Mainhard, T. (2021). Observational, student, and teacher perspectives on interpersonal teacher behavior: Shared and unique associations with teacher and student emotions. *Learning and Instruction*, 73. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2020.101414>
- ELAN (Version 6.7) [tietokoneohjelma] (2023). Max Planck Institute for Psycholinguistics, The Language Archive. <https://archive.mpi.nl/tla/elan>
- Euroopan neuvosto. (2020). *Common European Framework of Reference for Languages: Learning, teaching, assessment – Companion volume*. Council of Europe Publishing. www.coe.int/lang-cefr
- Ghafarpour, H., & Moinezhadeh, A. (2020). A dynamic systems analysis of classrooms: Teacher experience and student motivation. *Learning Environments Research*, 23(1), 101–116. <https://doi.org/10.1007/s10984-019-09293-y>
- Girard, J. M., & Wright, A. G. C. (2018). DARMA: Software for dual axis rating and media annotation. *Behavior research methods*, 50, 902–909. <https://doi.org/10.3758/s13428-017-0915-5>
- Glüer, M. (2018). Software for coding and analyzing interaction processes. Teoksessa E. Brauner, M. Boos, & M. Kolbe (toim.), *The Cambridge handbook of group interaction analysis* (s. 245–273). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316286302.014>
- Godfroid, A. (2019). *Eye tracking in second language acquisition and bilingualism: A research synthesis and methodological guide*. Routledge.
- Goldberg, P., Schwerter, J., Seidel, T., Müller, K., & Stürmer, K. (2021a). How does learners’ behavior attract preservice teachers’ attention during teaching? *Teaching and Teacher Education*, 97. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2020.103213>

- Goldberg, P., Sümer, Ö., Stürmer, K., Wagner, W., Göllner, R., Gerjets, P., Kasneci, E., & Trautwein, U. (2021b). Attentive or not? Toward a machine learning approach to assessing students' visible engagement in classroom instruction. *Educational Psychology Review*, 33(1), 27–49. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09514-z>
- Goldberg, P., Wagner, W., Seidel, T., & Stürmer, K. (2023). Why do students exhibit different attention-related behavior during instruction? Investigating effects of individual and context-dependent determinants. *Learning and Instruction*, 83. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2022.101694>
- Gurtman, M. B. (2009). Exploring personality with the interpersonal circumplex. *Social and Personality Psychology Compass*, 3(4), 601–619. <https://doi.org/10.1111/j.1751-9004.2009.00172.x>
- Haataja, E., Garcia Moreno-Esteva, E., Salonen, V., Laine, A., Toivanen, M., & Hannula, M. S. (2019). Teacher's visual attention when scaffolding collaborative mathematical problem solving. *Teaching and Teacher Education*, 86. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2019.102877>
- Haataja, E. (2021). *Understanding the role of gaze in momentary teacher-student scaffolding interaction during collaborative problem solving*. [Doctoral dissertation, University of Helsinki]. Helda. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-6947-1>
- Haataja, E., Salonen, V., Laine, A., Toivanen, M., & Hannula, M. S. (2021). The relation between teacher-student eye contact and teachers' interpersonal behavior during group work: A multiple-person gaze-tracking case study in secondary mathematics education. *Educational Psychology Review*, 33(1), 51–67. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09538-w>
- Haataja, E., Chan, M. C. E., Salonen, V., & Clarke, D. (2022). Can noncomplementarity of agency lead to successful problem solving? A case study on students' interpersonal behaviors in mathematical problem-solving collaboration. *Learning and Instruction*, 82. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2022.101657>
- Hawes, D., Dadds, M., & Pasalich, D. (2013). Observational coding strategies. Teoksessa J. S. Comer & P. C. Kendall (toim.), *The Oxford handbook of research strategies for clinical psychology* (s. 120–141). Oxford University Press.
- Henderson, J. M. (2011). Eye movements and scene perception. Teoksessa S. Liversedge, I. Gilchrist, & S. Everling (toim.), *The Oxford Handbook of Eye Movements* (s. 593–606). Oxford University Press.

- Hessels, R.S. (2020). How does gaze to faces support face-to-face interaction? A review and perspective. *Psychonomic Bulletin and Review*, 27, 856–881. <https://doi.org/10.3758/s13423-020-01715-w>
- Hilden, R. (2020). Kielididaktiikka ja kieltenopettajan osaaminen muutosten edessä. Teoksessa R. Hilden & K. Hahl (toim.), *Kielididaktiikan katse tulevaisuuteen: Haasteita, mahdollisuuksia ja uusia avauksia kielten opetukseen*. Suomen ainedidaktisen tutkimusseuran julkaisuja, Ainedidaktisia tutkimuksia nro 17 (s. 5–29). Suomen ainedidaktinen tutkimusseura. <http://hdl.handle.net/10138/312321>
- Hilden, R., Ylinen, S., & Huotilainen, M. (2022). Kielididaktiikan, kognitiivisen psykologian ja aivotutkimuksen yhteyksiä etsimässä. *Kasvatus*, 53(3), 273–286. <https://doi.org/10.33348/kvt.120237>
- Holzknacht, F., Eberharter, K., Kremmel, B., Zehentner, M., McCray, G., Konrad, E., & Spöttl, C. (2017). Looking into listening. *ARAGs Research Reports Online*, 3, 1–35. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21966.36166>
- Holzknacht, F., McCray, G., Eberharter, K., Kremmel, B., Zehentner, M., Spiby, R., & Dunlea, J. (2021). The effect of response order on candidate viewing behaviour and item difficulty in a multiple-choice listening test. *Language Testing*, 38(1), 41–61. <https://doi.org/10.1177/0265532220917316>
- Hubley, A. M., & Zumbo, B. D. (2017). *Understanding and investigating response processes in validation research*. Springer Cham.
- Jebb, A. T., Tay, L., Wang, W., & Huang, Q. (2015). Time series analysis for psychological research: Examining and forecasting change. *Frontiers in psychology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00727>
- Kautonen, M. & von Zansen, A. (2020). DigiTala research project: Automatic speech recognition in assessing L2 speaking. *Kieli, koulutus ja yhteiskunta*, 11(4). <https://www.kieliverkosto.fi/fi/journals/kieli-koulutus-ja-yhteiskunta-kesakuu-2020/digitala-research-project-automatic-speech-recognition-in-assessing-l2-speaking>
- Kenny, D. A., Kashy, D. A., & Cook, W. L. (2006). *Dyadic data analysis*. Guilford Press.
- Kleinbub, J. R., Talia, A., & Palmieri, A. (2020). Physiological synchronization in the clinical process: A research primer. *Journal of Counseling Psychology*, 67(4), 420–437. <https://doi.org/10.1037/cou0000383>
- Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of chiropractic medicine*, 15(2), 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>

- Küntzler, T., Höfling, T. T. A., & Alpers, G. W. (2021). Automatic facial expression recognition in standardized and non-standardized emotional expressions. *Frontiers in psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.627561>
- Lappi, O. (2016). Eye movements in the wild: Oculomotor control, gaze behavior & frames of reference. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 69, 49–68. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.06.006>
- Lausberg, H., & Sloetjes, H. (2009). Coding gestural behavior with the NEUROGES-ELAN system. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 41(3), 841–849. <https://doi.org/10.3758/BRM.41.3.841>
- Leary, T. (1957). *Interpersonal diagnosis of personality: A functional theory and methodology for personality evaluation*. Ronald Press. <https://doi.org/10.1086/222212>
- Lehtinen, M. (2005). Katseenseuranta. Teoksessa S. Ovaska, A. Aula, & P. Maja-ranta. (toim.), *Käytettävyyttutkimuksen menetelmät* (s. 223–236). Tam-pereen yliopisto, Tietojenkäsittelytieteiden laitos.
- Liu, S., & Yu, G. (2022). L2 learners' engagement with automated feedback: An eye-tracking study. *Language Learning & Technology*, 26(2), 78–105. <https://doi.org/10.125/73480>
- Lizdek, I., Sadler, P., Woody, E., Ethier, N., & Malet, G. (2012). Capturing the stream of behavior: A computer-joystick method for coding interpersonal behavior continuously over time. *Social Science Computer Review*, 30(4), 513–521. <https://doi.org/10.1177/0894439312436487>
- de Lope, J., & Grana, M. (2023). An ongoing review of speech emotion recognition. *Neurocomputing*, 528, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2023.01.002>
- Lumivero. (2023). *NVivo* (Version 14) [tietokoneohjelma]. <https://lumivero.com/products/nvivo/>
- Noldus Information Technology (2024). *Observer XT* [tietokoneohjelma]. Noldus Information Technology. <https://www.noldus.com/observer-xt>
- Mangold International GmbH (2024). *INTERACT* [tietokoneohjelma]. Mangold International GmbH. <https://www.mangold-international.com/en/products/software/mangold-interact-software.html>
- McIlvenny, P., Davidsen, J. G., Kovács, A. B., & Stein, A. (2022). *DOTe: Distributed Open Transcription Environment* [tietokoneohjelma]. Github. <https://github.com/BigSoftVideo/DOTE/>

- Peltonen, P. (2020). Gestures as fluency-enhancing resources in L2 interaction: A case study on multimodal fluency. Teoksessa P. Lintunen, M. Mutta & P. Peltonen (toim.), *Fluency in L2 Learning and Use*, 111–128. Bristol: Multilingual Matters.
- Pennings, H. J. M., van Tartwijk, J., Wubbels, T., Claessens, L. C. A., van der Want, A. C., & Brekelmans, M. (2014). Real-time teacher–student interactions: A dynamic systems approach. *Teaching and Teacher Education*, 37, 183–193. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.07.016>
- Pennings, H. J. M. (2017). Using a complexity approach to study the interpersonal dynamics in teacher-student interactions: A case study of two teachers. *Complicity*, 14(2), 88–104. <https://doi.org/10.29173/cmplct29338>
- Pennings, H. J. M., Brekelmans, M., Sadler, P., Claessens, L. C. A., van der Want, A. C., & van Tartwijk, J. (2018). Interpersonal adaptation in teacher-student interaction. *Learning and Instruction*, 55, 41–57. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.09.005>
- Pietilä, P., & Lintunen, P. (2014). Kielen oppiminen ja opettaminen. Teoksessa P. Pietilä & P. Lintunen (toim.), *Kuinka kieltä opitaan. Opas vieraan kielen opettajalle ja opiskelijalle* (s. 11–25). Gaudeamus.
- Puig-Diví, A., Escalona-Marfil, C., Padullés-Riu, J. M., Busquets, A., Padullés-Chando, X., & Marcos-Ruiz, D. (2019). Validity and reliability of the Kinovea program in obtaining angles and distances using coordinates in 4 perspectives. *PLoS one*, 14(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216448>
- Sadler, P., Ethier, N., Gunn, G., Duong, D., & Woody, E. (2009). Are we on the same wavelength? Interpersonal complementarity as shared cyclical patterns during interactions. *Journal of Personality and Social Psychology*, 97(6), 1005–1020. <https://doi.org/10.1037/a0016232>
- Sadler, P., & Woody, E. (2023). Manual for the Continuous Assessment of Interpersonal Dynamics (CAID) Joystick Monitor Program. <https://doi.org/10.5683/SP3/9SSHG3>
- Stevanovic, T. M., Henttonen, P., Koski, S. E., Kahri, M. M., Voutilainen, L. H., Koskinen, E. E. K., Nieminen-von Wendt, T., Tani, P. P. J., Sihvola, E., & Peräkylä, A. M. (2017). On the Asperger experience of interaction: Interpersonal dynamics in dyadic conversations. *Journal of Autism*, 4(2). <https://doi.org/10.7243/2054-992x-4-2>
- Stevanovic, M., Henttonen, P., Kahri, M., & Koski, S. (2019a). Affiliation and Dominance in Female and Male Dyads: When Discoordination Makes

- Happy. *Gender Issues*, 36(3), 201–235. <https://doi.org/10.1007/s12147-018-9218-0>
- Stevanovic, M., Henttonen, P., Koskinen, E., Peräkylä, A., Nieminen von-Wendt, T., Sihvola, E., Tani, P., Ravaja, N., & Sams, M. (2019b). Physiological responses to affiliation during conversation: Comparing neurotypical males and males with Asperger syndrome. *PLoS One*, 14(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222084>
- Sümer, Ö., Goldberg, P., D’Mello, S., Gerjets, P., Trautwein, U., & Kasneci, E. (2023). Multimodal Engagement Analysis from Facial Videos in the Classroom. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 14(2), 1012–1027. <https://doi.org/10.1109/TAFFC.2021.3127692>
- Veivo, O. (2014). Mitä kielitaito on. Teoksessa P. Pietilä & P. Lintunen (toim.), *Kuinka kieltä opitaan. Opas vieraan kielen opettajalle ja opiskelijalle* (s. 26–44). Gaudeamus.
- van Vemde, L., Donker, M. H., & Mainhard, T. (2022). Teachers, loosen up! How teachers can trigger interpersonally cooperative behavior in students at risk of academic failure. *Learning and Instruction*, 82. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2022.101687>
- VERBI Software. (2021). *MAXQDA 2022* [tietokoneohjelma]. VERBI Software. <https://www.maxqda.com/>
- Viimaranta, J. (2023). Venäjän perintöpuhujat vieraan kielen opetuksessa. *Idäntutkimus*, 30(4), 24–41. <https://doi.org/10.33345/idantutkimus.131228>.
- Woods, D. (2024). *Transana v5.10* [tietokoneohjelma]. Spurgeon Woods LLC. <https://www.transana.com>
- von Zansen, A. (2023). The Aasis research project: Automatically assessing spoken interaction in L2 Finnish. *Kieli, koulutus ja yhteiskunta*, 14(7). <https://www.kieliverkosto.fi/fi/journals/kieli-koulutus-ja-yhteiskunta-joulukuu-2023/the-aasis-research-project-automatically-assessing-spoken-interaction-in-l2-finnish>
- von Zansen, A., & Kallio, H. (2024). DigiTala – Moodle-Sovellus suullisen kielitaidon automaattiseen arviointiin. *AFinLA-teema*, 17. Suomen soveltavan kielitieteen yhdistys AFinLA. <https://doi.org/10.30660/afinla.131465>