

Artikkeli

Kohti kestäviä korkeakoulupedagogisia tekoälyratkaisuja – kartoittava kirjallisuuskatsaus

Merja Alanko-Turunen¹¹ Vastaava kirjoittaja, Haaga-Helia ammattikorkeakoulu, Helsinki, Finland

Viittaa: Alanko-Turunen, M. (2023). Kohti kestäviä korkeakoulupedagogisia tekoälyratkaisuja – kartoittava kirjallisuuskatsaus. *eSignals Research*, 4(2). <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe20230915127158>

Julkaistu: 15.09.2023



Vertaisarvioijat: Ville Heilala
Jyväskylän yliopisto & Olli Vesterinen
Diakonia-ammattikorkeakoulu.



Copyright: © 2023 by the authors and Haaga-Helia University of Applied Sciences. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC SA) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

Tiivistelmä: Tekoälyratkaisujen on uumoiltu tarjoavan seuraavan 20 vuoden aikana merkittävimmät teknologiset sovellutukset koulutukseen. Tämän artikkelin tavoitteena on tutkia, kuinka korkeakoulupedagogiikka ja koulutusteknologia yleisesti ja tekoäly erityisesti ovat liittoutuneet korkeakoulupedagogisissa ratkaisuissa. Artikkelin empiirisessä osiossa hyödynnettiin kartoittavan kirjallisuuskatsauksen käytäntöä, kun perehdyttiin valittuihin korkeakoulupedagogisiin tekoälykoontiartikkeleihin vuosilta 2017–2022. Analysoinnin kohteina olivat yhteenvedoartikkelit (esim. meta-analyysit, systemaattiset kirjallisuuskatsaukset tai bibliometriset katsaukset), jotka tarkastelivat korkeakoulupedagogisia tekoälyratkaisuja ja erityisesti esittivät jatkotutkimusehdotuksia. Teema-analyysin avulla tunnistettiin neljä eri koulutuksellisten tekoälyratkaisujen jatkotutkimusteemaa: pedagogisen näkökulman terävöittäminen niin paradigmaattisella kuin toiminnallisella tasolla sekä tutkimusmetodologisten valintojen laajentaminen ja syventäminen eri sidosryhmien kanssa. Tämän lisäksi tunnistettiin kriittisen näkökulman tiukentaminen tekoälyn hyödyntämisessä koulutuksessa. Neljäntenä teemana esille tuli suoraan tiettyjen tekoälysovellusten entistä syvällisempi tutkiminen. Kartoittavan kirjallisuuskatsauksen kautta tuotetut teema-alueet tarjoavat korkeakoulupedagogiikan kanssa työskenteleville entistä syvällisemmän ymmärryksen siitä, miten tekoälyä voidaan tutkia ja kehittää kestävästi korkeakoulupedagogisissa ratkaisuissa.

Avainsanat: tekoäly, korkeakoulupedagogiikka, korkeakoulutus, koulutusteknologia, kartoittava kirjallisuuskatsaus

1. Johdanto

Digitalisaatio on muokannut merkittävästi korkeakouluopettajien ja opiskelijoiden rooleja, oppimiskokemuksia, pedagogisia käytänteitä ja organisatorisia rakenteita viime vuosien aikana. Muutosprosessia kiihdytti erityisesti COVID 19:n vaatima odottamaton siirtyminen verkko-opetukseen ja -oppimiseen. Tätä korkeakouluopettajien kokemusta siirtymisestä digitaalisiin ympäristöihin on ehditty tutkia monin tavoin (esim. Kerres & Buchner, 2022; Kaqinari ym., 2022; Draxler-Weber ym., 2022; Fauzi, 2022; Cutri & Mena, 2020; Jiménez-Zarco ym., 2021; Mäki ym., 2021). Monet korkeakouluopettajat kokivat olleensa valmistautumattomia digitaalisiin oppimisympäristöihin. Äkillinen siirtyminen verkkoon ilman riittävää teknistä tukea ja osaamista johti hätäetäopetukseen (emergency remote teaching) (esim. Riekkinen ym., 2022; Hodges ym., 2020). Tässä riisutussa verkko-opetuksessa teknologiset

mahdollisuudet ja pedagoginen asiantuntemus jäivät taka-alalle. Jotkut näkivät roolinsa typistyneen enemmän teknisiksi sisällön välittäjiksi kuin akateemisen kriittisen ajattelun innostajiksi (Watermeyer ym., 2021). Samoin esille tuli, kuinka ohjauksellinen työ lisääntyi, kun opiskelijoiden yksittäisiin viesteihin vastattiin työajoista ja jopa omasta mielenterveydestä välittämättä (Parte & Herrador-alcaide, 2021). Toisaalta jotkut opettajat ovat korostaneet, kuinka pedagoginen osaaminen vihdoin tuli tunnustetuksi osaksi korkeakouluopettajien ammatillista osaamista (Watermeyer ym., 2021) ja miten opettajien välinen yhteistyö tuli entistä merkittävämmäksi (Longhurst ym., 2020).

Koulutusteknologia eri muodoissaan on ujuttautunut merkittäväksi osaksi korkeakoulujen toimintaprosesseja - ja rakenteita. Skulmowski ja Rey (2020) ovat uumoilleet, kuinka COVID 19:n jälkeinen aika voi tarjota korkeakoulutukselle merkittävän uudistuksen mahdollisuuden, joka voi kiihdyttää digitalisaatioprosessia ennennäkemättömällä tavalla. Toisaalta myös on esitetty, kuinka paluu entisiin pedagogisiin käytäntöihin on myös mahdollista (esim. Kerres & Buchner, 2022).

Juuri kun korkeakouluissa on opittu toimimaan digitaalisissa ympäristöissä, tekoälyavusteiset ratkaisut ovat tulleet haastamaan nykyisiä pedagogisia käytäntöjä ja korkeakoulujen hallinnollisia prosesseja (esim. Zawacki-Richter ym., 2019; Bates ym., 2020; McGrath ym., 2023; Chan & Tsi, 2023). Opettajien opetuskäsitykset ja opetuksen lähestymistavat voivat osaltaan selittää, miten tätä uutta koulutusteknologiaa mahdollisesti käytetään korkeakouluopetuksessa. Jos opettajalla on vahva opetuskeskeinen lähestymistapa, teknologisia ratkaisuja valitaan ja painotetaan todennäköisesti sen mukaan, miten ne ovat linjassa tiedonvälittämisen lähestymistapojen kanssa. Vastaavasti sellaiset opettajat, joiden opetuksen lähestymistapa on enemmän oppijakeskeinen, koulutusteknologisia valintoja tehdään usein sen mukaan, kuinka teknologia voisi tukea opiskelijan oppimisprosessia ja osaamisen kehittymistä (Swanson, 2016; Kirkwood & Price, 2013).

Useat opettajat korostavat pedagogisia ratkaisuja suunnitellessaan opettamistaan ja ohjaustaan, jolloin teknologia jää alisteiseen rooliin. Jos teknologia kuitenkin erotetaan näin pedagogiikasta, voidaan kysyä, olemmeko teknologisen tai pedagogisen determinismin vankeja. Oliver (2011) ja Fawns (2022) esittävät, kuinka teknologiavetoiset tai pedagogisvetoiset asetelmat voivat dekontekstualisoida teknologian ja tekevät opettajat haavoittuviksi erilaisille determinismeille. Tällöin teknologia määrittyy joko muutoksen vääjäämättömänä ajurina tai pelkästään neutraalina työkalupakkina.

Tämän artikkelin tavoitteena on selvittää, kuinka korkeakoulupedagogiikka ja koulutusteknologia yleisesti ja tekoäly erityisesti ovat liittoutuneet korkeakoulupedagogisissa ratkaisuissa. Koulutukselliset tekoälyratkaisut ovat todennäköisesti seuraavien 20 vuoden aikana merkittävimpiä koulutusteknologisia sovelluksia (Zawacki-Richter ym., 2019). Tämän vuoksi on tärkeää tarkastella, miten koulutuksellisia tekoälyratkaisuja on tutkittu tähän mennessä ja millaisia avauksia tehdyt tutkimukset antavat entistä kestävimälle korkeakoulupedagogiselle kehittämis- ja tutkimustyölle. Artikkelin empiirisessä osiossa hyödynnetään kartoittavan kirjallisuuskatsauksen käytäntöä, jonka avulla perehdytään valittuihin korkeakoulupedagogisiin tekoälykoontiartikkeleihin. Mielenkiinnon kohteena on, mitä nämä koontiartikkelit ehdottavat jatkotutkittavaksi ja kehitettäväksi.

Seuraavat kysymykset ohjaavat kartoitettavaa katsausta:

- Miten erilaiset yhteenvetoartikkelit (meta-analyysit, systemaattiset artikkelikatsaukset tai bibliometriset katsaukset) tarkastelevat korkeakoulupedagogisia tekoälyratkaisuja yleisesti?
- Mitä ne ehdottavat tuleviksi tutkimusteemoiksi ja -prosesseiksi?

2. Korkeakoulupedagogiikan ja koulutusteknologian tiivistävä liitto

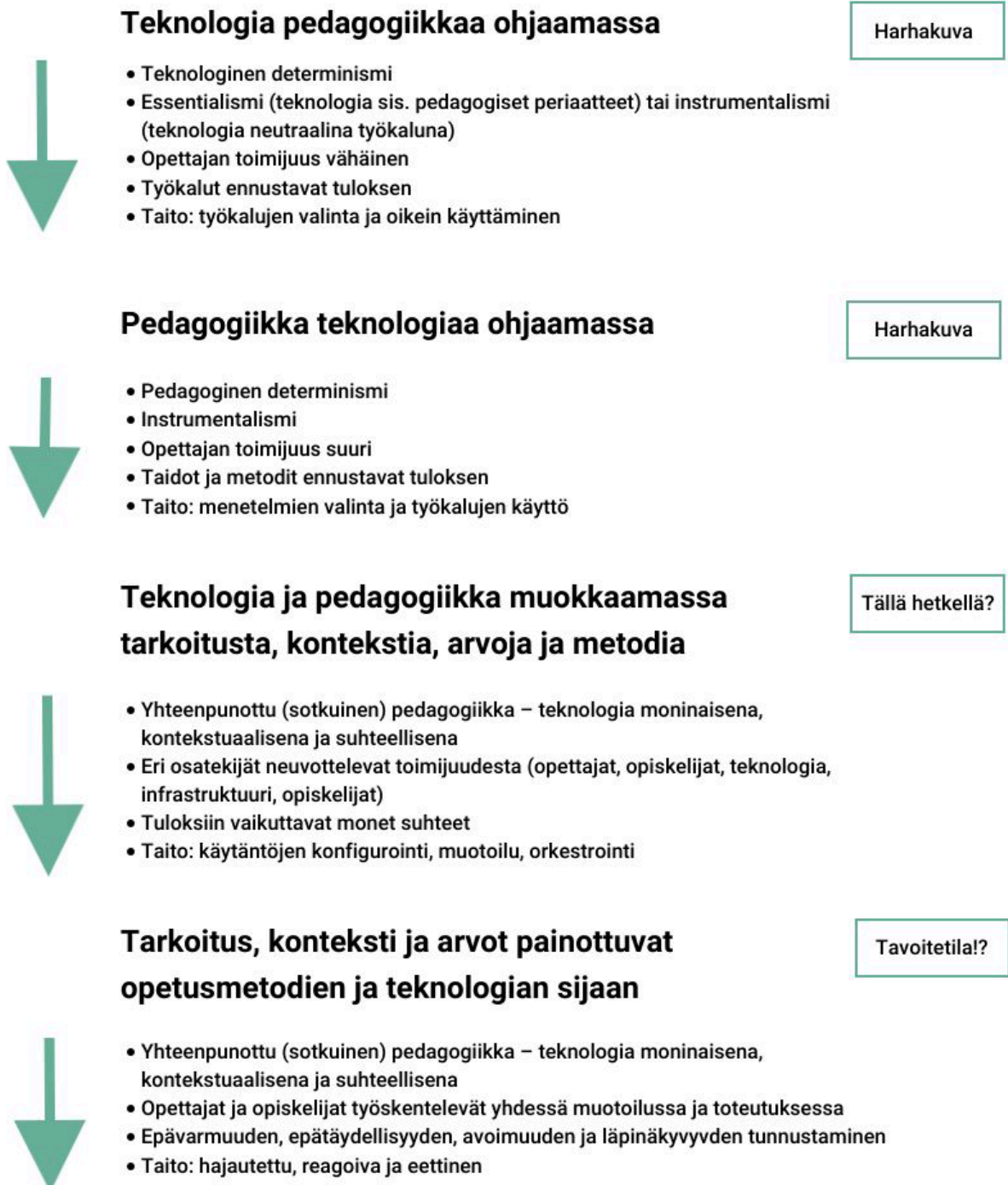
Vielä 2000-luvun alussa yliopisto- ja ammattikorkeakoulupedagogiikka haluttiin erottaa toisistaan omina suuntauksinaan. Korkeakoulumuotoja ohjasivat erilaiset lait. Karjalaisen ja Nissilän (2017) mukaan keskeistä oli, että korkeakoulupedagogiikka tuli ymmärretyksi ammatillisen pedagogiikan alalajina. Korkeakouluopetuksen tavoitteena sekä yliopistoissa että ammattikorkeakouluissa oli tuottaa osaamista yhteiskunnan ja työelämän palvelukseen. Tämä tavoite konkretisoitui ammatillisena toimintana, jolloin ammatillisuus tuli ymmärtää laajana käsitteenä.

Korkeakoulujen erot ovat olleet liukenemassa 2020-luvulla, kun esimerkiksi yhteisiä kansallisia pedagogisia kehittämishankkeita on tehty (esim. Työpeda.fi; [Digivisio2030](#) ja [Osaavaverme](#)) sekä pedagogisia käytänteitä jaettu yhteisillä tutkimus- ja kehittämisfoorumeilla. Toisaalta on myös esiintynyt halukkuutta vahvistaa näiden pedagogisten suuntausten erityisyyttä omilla tutkimusseuroilla. Yliopistoilla ja ammattikorkeakouluilla on kuitenkin monia yhteisiä korkeakoulupedagogisia käytäntöjä, joista tutkimusperustaisuus on molemmissa pedagogisen kehittämisen perustana. Tutkimuksellisuus ja kehittämisen roolit linkittyvät siihen, miten pedagogista kehittämistä tehdään, ketkä sitä tekevät ja miten se konkretisoituu korkeakoulun arjen toiminnoiksi. (Murtonen ym., 2022.) Keskeisinä korkeakoulupedagogisina osaamisina näyttäytyvät COVID 19:n jälkeen opetus- ja oppimisprosessien monipuolinen hallinta ja kehittäminen sekä pedagogiseen hyvinvointiin ja johtamiseen liittyvät kysymykset. Tämän lisäksi digitaalisten ratkaisujen pedagogisen perustan ymmärtäminen on ratkaisevan tärkeää. Muun muassa näitä teemoja tukemaan on rakennettu Digivisio2030 -hanke, jossa kehitetään niin digipedagogisia laatukriteereitä kuin tekoälypohjaista opiskelijan ohjausta ja neuvontaa (Hotakainen & Kivinen, 2023).

Fawns (2022) tarjoaa mielenkiintoisen tarkastelutavan korkeakoulupedagogiikan ja teknologian yhteen nivoutumiselle. Oliver (2011) kehystää samantyyppisesti teknologian ja oppimisen välisiä suhteita erilaisten sosiaalisten ja kulttuuristen lähestymistapojen avulla. Oliver painottaa, kuinka teknologia ei toimi kausaalisesti. Koulutusteknologialla ei ole suoraviivaista vaikutusta niihin pedagogisiin käytäntöihin, joita se kohtaa. Fawnsin (2022) jäsenyyksen taustalla toimii niin Oliverin (2011) näkemykset kuin Dronin (2022) väite siitä, että emme ole pelkästään teknologian käyttäjiä vaan teknologiaan osallistujia. Teknologia määrittänyt tällöin ilmiöiden orkestraatioksi tiettyä tarkoitusta varten (Arthur, 2009).

Pedagogiikan ja teknologian kietoutumista voidaan havainnollistaa seuraavan, erilaisia painotuksia kuvaavan kuvion 1 avulla (Fawns, 2022). Siinä ensimmäisessä ja toisessa sarakkeessa kuvataan sitä, kun pedagogiikka ja teknologia nähdään toisistaan irrallisina. Molemmissa vääristyy oppimistilanteiden monitahoisuus. Näistä toimintamalleista välittyy, että toimijat pystyisivät hallitsemaan ja ennustamaan oppimistilanteiden onnistumisen. Todellisessa oppimistilanteessa vaikuttamassa ovat monet toisiinsa kietoutuneet ja toisiinsa vaikuttavat tekijät. Kolmannessa sarakkeessa

kuvataan yhteenpunottua, sotkuista pedagogiikkaa (entangled pedagogy) (Entagled pedagogyn kääntämisessä apua antoi apulaisprofessori Juuso Henrik Nieminen Hong Kongin yliopistosta.). Yhteenpunotussa pedagogiikassa opetusmenetelmät, teknologiat, tavoitteet, kontekstit ja opettajien sekä opiskelijoiden arvot ovat kietoutuneet toisiinsa. Teknologian tarjoamat mahdollisuudet nähdään sosiaalisesti ja materiaalisesti tilanteisina. Niiden ymmärretään liittyvän kyseessä olevan toimintakontekstin perinteisiin, käytäntöihin ja infrastruktuuriin.



Kuvio 1. Yhteenpunottu pedagogiikka (Fawns, 2022).

Neljännän sarakkeen tavoitetilanteessa lähtökohtana ovat entistä vahvemmin oppimisprosessin tavoitteet, arvot ja toimintakontekstit. Näin varmistetaan niiden merkittävyys ja mahdollisuus vaikuttaa opetusmetodiin ja teknologisiin valintoihin. Samoin huomioon otetuksi pitäisi tulla se, miten tehdyt valinnat vaikuttavat toisiinsa ja muokkaavat vuorollaan toinen toistaan. Tällainen pedagoginen toimintakäytäntö edellyttää toisiinsa luottavia, tutkivia ja kehittäviä opettajia ja opiskelijoita, jotka kestävät epävarmuutta ja epätäydellisyyttä sekä ovat avoimia ja rehellisiä toisilleen.

Suomalaista koulutusteknologiakeskustelua on pitkään leimanneet varsin teknologiadeterministiset ja teknologiaoptimistiset näkemykset (esim. Mertala, 2019). Korkeakoulut ovat osallistuneet moniin kansallisiin digitalisaatiohankkeisiin ja niiden avulla pyrkineet kehittämään opettajien koulutusteknologista osaamista. Formaali koulutus on tarjonnut mahdollisuuksia oppimisoluiden haltuunottoon ja uusien teknologioiden kokeiluihin. Entistä enemmän hankepuheissa on alkanut korostua kokonaisvaltainen korkeakoulupedagoginen kehittäminen.

Esimerkiksi Korkeakouluvisio 2030 esittää erilaisia vaateita opettajien osaamisen kehittämisestä. Vision tavoitteita aikatauluttava ja voimaan saattava tiekartta korostaa, kuinka esimerkiksi digitalisaatiokehitykseen on yhdistyttävä uudenlaiset pedagogiset käytännöt ja opetusympäristöt sekä digitaalisten laitteiden, ohjelmistojen ja välineiden käyttäminen (Toom ym., 2022). Pedagogis-teknologiset työkuultuurimuutokset kohti Fawnsin (2022) yhteenpunnottua pedagogiikan tapaista lähestymistapaa rakentaa oppimistilanteita eivät kuitenkaan tapahdu deterministisesti viranomaistahojen vaatimuksesta vaan erilaisten sosiaalisten, kulttuuristen ja institutionaalisten tekijöiden suodattamina. Kun opettajat muotoilevat oppimistilanteita, heidän on osattava tehdä se yhteistyössä niin kollegoiden, opiskelijoiden kuin tekoälyn kaltaisten koulutusteknologisten sovellusten kanssa (Carvalho ym., 2022). Muutoin koulutusteknologiset työvälinepäätökset saattavat jäädä yksilön yksittäisiksi valinnoiksi ilman niiden monimutkaisia ja sosiaalisesti rakennettuja kytkentöjä arvoihin, oppimiskäsityksiin, tavoitteisiin, opiskelijoihin, korkeakoulu yhteisöön ja ympäröivään yhteiskuntaan.

3. Tekoälyn avittamaa koulutusta ja oppimista

Wangin (2019) mukaan tekoälystä ei ole vielä yleisesti laajasti hyväksyttyä määritelmää, sillä sen parissa työskentelee varsin monitieteellisiä toimijoita niin tilastotieteistä, neurotieteistä, psykologiasta, kielitieteistä kuin tietojenkäsittelytieteestä. Jokainen tieteenala tuo tekoälyn tutkimuskenttään omat näkemyksensä, käytäntönsä ja terminologiansa. Monia määrittelyyrityksiä on silti tehty. Esimerkiksi tietojenkäsittelyssä erona inhimillisestä älykkyydestä tekoäly viittaa tietokoneisiin, jotka matkivat kognitiivisia toimintoja, jotka ihmiset yhdistävät ihmismieleen, kuten oppimisen ja ongelmanratkaisun (Russell & Norvig, 2010). Tekoäly voidaan myös määritellä koneoppivaksi, keinotekoiseksi järjestelmäksi, joka kykenee tekemään havaintoja ympäristöstään ja muuttamaan tai säätämään toimintaansa tekemiensä havaintojen perusteella. Järjestelmä on siis adaptiivinen eli jossain mielessä ”oppiva”, vaikka tällainen adaptiivisuus ei ihmisen oppimista paljon muistutakaan (Tulevaisuusvaliokunnan julkaisu, 2022).

Jos itse tekoälyn historian jäljitys ja määrittely on jossain määrin hankalaa monien tutkimuksellisten haarojen takia, niin tekoälyn hyödyntämisessä koulutuksessa (Artificial Intelligence in Education, AIEd) on kyse myös monien toimijoiden ja toimialojen yhteenliittymästä. Tekoälyn koulutuksellista tutkimusta ovat tehneet akateemisten tutkimuslaitosten ja -laboratorioiden tutkimus- ja kehittämistoiminnan ohella kaupalliset koulutusteknologiset yritykset. Ne ovat vaikuttaneet merkittävästi tekoälysovellusten kehittämiseen. Globaalit teknologiayritykset ovat päässeet näin ainakin epäsuorasti vaikuttamaan koulutukseen ja sitä kautta tekoälyn hyödyntämiseen. Samoin dataan perustuva hallinta vaikuttaa tekoälyavusteisten sovellusten kehittämistoimintaan. (Williamson & Eynon, 2020.)

Tekoälyn mahdollisuuksia korkeakoulutuksessa on tutkittu jo yli kolmekymmentä vuotta. Tutkimuskohteina ovat olleet erilaiset tekoälytyökalut, pedagogiset mallit, opetusstrategiat, eettiset vaikutukset sekä opettajien osaamisen kehittäminen, soveltaminen ja arviointi (esim. Lamas & Arnab, 2022). Tekoälysovellusten on ajateltu ratkaisevan monia opetuksen ongelmia ja haasteita, kuten parantavan pääsyä korkeakoulutukseen, lisäävän opitun muistamista, kehittävän osaamista sekä vähentävän kustannuksia ja opiskeluaikaa. Ehkäpä merkittävimpiä eroja muiden koulutusteknologisten sovellusten kanssa on se, että tekoäly tarjoaa parhaimmillaan varsin henkilökohtaistetun oppimiskokemuksen ja -prosessin jokaiselle opiskelijalle (Owoc ym., 2021). Toisaalta moni on huomauttanut, että tällaiset tavoitteet ovat varsin idealistisia ja toteutuvat vielä heikosti korkeakoulujen strategioissa, saati arjen ohjaus- ja oppimistoiminnassa (esim. Bates ym., 2020).

Lisäksi monissa tutkimuksissa todetaan tekoälyavusteisten sovellusten nojautuneen pitkään ratkaisuihin, joiden suunnitteluprosessit tuntuvat perustuneen behavioristisiin oppimiskäsityksiin. Onneksi näiden sovellusten ongelmia ja rajoituksia on jo tunnistettu (ks. du Boulay, 2019; Zawacki-Richter ym., 2019; Castañeda & Selwyn, 2018). Samoin Perotta ja Selwyn (2020) väittävät, että opetukseen ja oppimiseen tehdyt tekoälyratkaisut saattavat pinnaltaan näyttää objektiivisilta, mutta niihin sisältyy kuitenkin poliittisia valintoja ja tiettyjä arvoja, ja ne tarjoavat mahdollisesti uudenlaisen vallanjaon keräytyneen datan kanssa työskenteleville, joilla taasen on omat ontologiset ja epistemologiset sitoumuksensa (Perotta & Selwyn, 2020).

Sovellusten tekijöiden oma käsitys oppimisesta ei useinkaan vastaa korkeakoulupedagogiikan jatkuvasti kehittyvää ja sosiaaliin konstruktioihin perustuvaa käsitystä oppimisesta ja tietämisestä. Erityisesti oppimiseen liittyvät henkilökohtaiset prosessit, kuten tunteet, vaikuttavat merkittävästi minäpystyvyyteen ja motivaatioon oppimisen pedagogisissa vuorovaikutustilanteissa. Lisäksi tekoälyn kehittäjät ovat usein jättäneet huomiotta koulutuksen tekoälyn loppukäyttäjien kuten esimerkiksi opettajien odotuksia (esim. Luckin & Cukurova, 2019).

Tekoälyn koulutuksellisessa tutkimuksessa ja julkaisuissa on myös tunnistettu olleen pitkään WEIRD-vinouma, eli ne ovat olleet länsimaisia (western), korkeasti koulutetuista (educated), teollistuneista (industrialised), rikkaista (rich) ja demokraattisista (democratic) maista (Blanchard, 2015). Toisaalta viimeisten viiden vuoden aikana entistä suurempi osa tekoäly- ja koulutustutkimuksesta sekä kehitystyöstä on tehty Aasiassa (Bhutoria, 2022). Tämän lisäksi tekoälyyn hyödyntämiseen liittyvät merkittävät ekologiset ja eettiset teemat ovat vasta viime aikoina herättäneet keskustelua suomalaisissakin korkeakouluissa (esim. Hallamaa ym., 2020; Vairimaa, 2021).

Tekoälypohjaisissa koulutusratkaisuisissa on keskitytty usein kapea-alaisesti esimerkiksi tietyn opiskeltavan sisällön muistamiseen tai opinnoissa edistymisen ennustamiseen, mutta korkeakoulupedagogiikkaan kuuluu paljon muutakin kuin pelkästään oikean tiedon saamista oikeaan aikaan. Näitä ovat muun muassa kriittiseksi yhteiskunnalliseksi toimijaksi kehittyminen, ammattidentiteetin työstäminen sekä osaamisen tuottaminen.

Korkeakoulupedagogiikkaan kiteytyvät koulutusprosessin epistemologiset, sosio-psykologiset ja didaktiset kysymykset (esim. Bartolomé ym., 2018). Samoin tekoälyyn liittyvät poliittiset, taloudelliset, eettiset ja kulttuuriset tekijät jäävät taustalle useissa teknologiavetoisissa oppimistutkimuksissa.

Tekoälyn hyödyntäminen suomalaisessa korkeakoulutuksessa on ollut vahvimillaan oppimisanalytiikassa (esim. Heilala, 2022; Kleimola & Leppisaari, 2022; Silvola ym., 2021; Laakso ym., 2018). Oppimisanalytiikan käyttöä voidaan tarkastella niin oppijan, opettajan kuin korkeakoulun kannalta. Oppimisanalytiikka voi tukea opiskelijan omaa prosessia esimerkiksi mahdollistamalla nopean palautteen saamisen oppimistehtäviin kehitetyllä automatisoidulla arvioinnilla. Analytiikka ohjaa näin opiskelijan omaa toimintaa palautteen avulla. Korkeakouluopettajat voivat saada oppimisanalytiikan keinoin tietoa oppijoiden suoriutumisesta, heidän kohtaamistaan ongelmista ja omasta ohjauksestaan. Korkeakoulutasolla voidaan tarkastella opiskelijaryhmiä ja koulutusohjelmia koskevaa dataa, jota hyödynnetään tietoperustaisen päätöksenteon ja johtamisen tukena. (Opetus- ja kulttuuriministeriö, 2021.)

Tutkimusalueena tekoälyn hyödyntäminen korkeakoulutuksessa on koko ajan muuttumassa, varsinkin kun uudenlaisia hybridiasiantuntijoita kuten (kone)oppimisinsinöörejä [(machine) learning engineer] ollaan jo kouluttamassa yhdysvaltalaisissa yliopistoissa. He hallitsevat niin tietojenkäsittelyn, datan kuin oppimistieteet (Williamson, 2020). Tekoälyn soveltaminen opetusprosessien rutiinitehtävissä ei uhkaa opettajarooleissa toimivia lähitulevaisuudessakaan, sillä opettajat voivat keskittyä entistä enemmän ohjaukselliseen ja valmentavaan rooliinsa (Zovko & Gudlin, 2019). Koulutusteknologisena ratkaisuna tekoälyn hyödyntäminen edellyttää opettajilta ja opiskelijoilta vielä enemmän halua tunnistaa, kuinka tekoälyn kanssa työskennellään mitä erilaisimmissa oppimistilanteissa. Siten pedagogisissa ratkaisuisissa ei ainoastaan muotoilla ja suunnitella ihmisten välistä vuorovaikutusta, vaan vuorovaikutusta erilaisten tekoälypohjaisten ratkaisujen kanssa.

4. Kartoittava kirjallisuuskatsaus metodologisena otteena

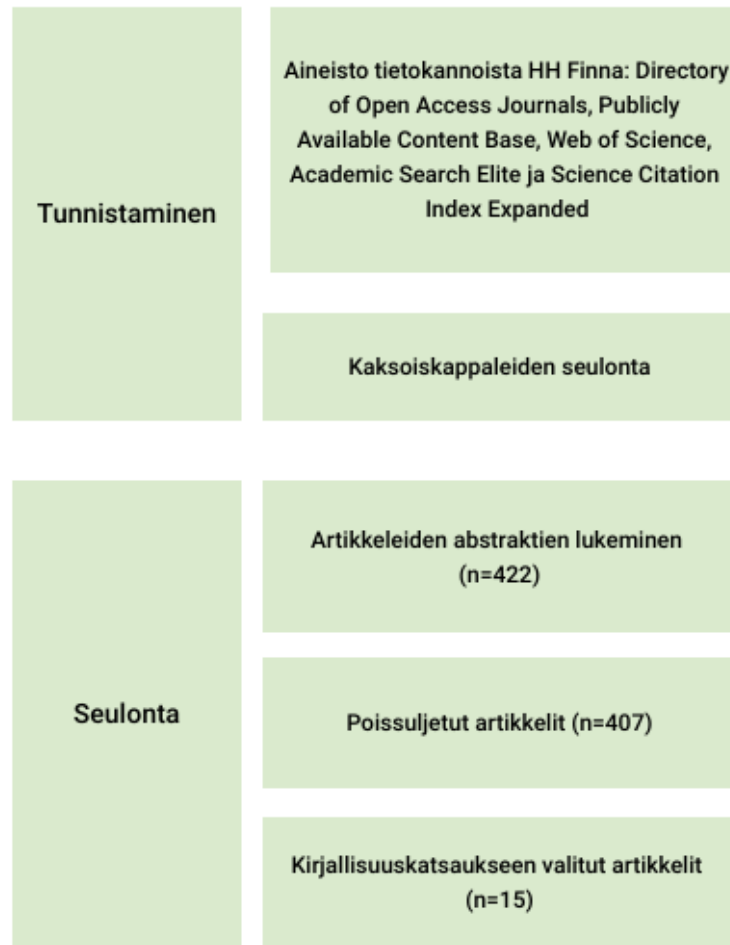
Artikkelin empiirinen osa on hakenut innoitusta kartoittavan kirjallisuuskatsauksen käytännöistä (Peters ym., 2020; Arksey & O'Malley, 2005). Kartoittavan kirjallisuuskatsauksen (scoping review, scoping studies) määritelmää on monia ja yleisesti voidaan todeta, että tavoitteena on kartoittaa tiiviisti tutkimusalueen avainkäsitteet ja -lähteet. Sen voi tehdä erityisesti silloin, kun tutkimusalue on monimutkainen ja sitä ei ole aikaisemmin kokonaisvaltaisesti tarkasteltu (esim. Levac ym., 2010; Munn ym., 2018). Tekoälyn hyödyntämisestä korkeakoulutuksessa on tutkittu viimeisten 30 vuoden aikana jo paljon, mutta ei niinkään suomalaisten korkeakoulujen tutkimus- ja kehittämistyötä varten.

Kartoittavassa kirjallisuuskatsauksessa ei rajata tarkasti tieteellisten artikkeleiden tai kirjallisuuden hakutermejä tai relevantteja tutkimuksia heti tutkimusprosessin alussa. Erilaisten hakujen avulla pystyttiin tunnistamaan erityisesti tekoälyyn ja korkeakoulutukseen liittyviä koontiartikkeleita, joissa ilmiökenttää oli valaistu eri tavoin viimeisten viiden vuoden aikana (2017–2022). Tavoitteena oli näin perehtyä ajankohtaiseen keskusteluun ja identifioida sieltä mahdollisia tutkimuksellisia aukkoja, kapeikkoja ja puuttuvia ääniä.

Kartoittavassa kirjallisuuskatsauksessa noudatetaan Levacin ym. (2010) esittämää jäsenystä, jonka mukaan ensimmäisessä vaiheessa tarkennetaan tutkimuskysymyksiä. Tutkimuksen keskeiset käsitteet ja kohderyhmä määritellään tarkoituksenmukaisesti. Ne on määritelty tämän artikkelin alkuosiossa.

Tutkimuskysymysten identifiointi mahdollistaa sen, että lähteiden etsintäprosessin tuotoksena voi syntyä haluttu lopputulos. Tutkimustyölle annettujen määräaikojen takia ei ollut mahdollista tehdä laajaa omaa meta-analyysiä teema-alueesta. Meta-analyysi on metodisesti vaativin kirjallisuuskatsauksen tyyppi. Meta-analyysi on tutkimusmenetelmä, jossa kvantitatiivisia tutkimuksia yhdistetään ja yleistetään tilastotieteen menetelmin. Sen avulla tehdään päätelmiä jo olemassa olevien tutkimusten olennaisesta sisällöstä sekä yhdenmukaistetaan tutkimustuloksia. Metodilla luodaan myös tutkimusaiheesta parempia yleistyksiä suhteessa yksittäisiin tutkimuksiin. Kvantitatiivisen tai kvalitatiivisen meta-analyysin tekeminen edellyttäisi merkittävästi enemmän aikaa sekä suuremman tutkimusryhmän. (Esim. Salminen, 2011.)

Toisessa vaiheessa tunnistetaan olennainen tutkimusaineisto (ks. kuvio 2). Lähtökohdiana oli löytää sellaisia koontiartikkeleita, joissa on tarkasteltu monipuolisesti korkeakoulupedagogisia tekoälyratkaisuja ja erityisesti koontiartikkeleiden loppupohdintoja, joissa nimetään tulevaisuuden tutkimukselle tärkeitä mutta vielä kartoittamattomia tutkimusalueita. Hakusanoina olivat artificial intelligence, higher education, pedagogy, review ja meta analysis. Tutkimukset rajattiin englanninkielisiin julkaisuihin, lähtien vuoden 2017 koontiartikkeleista, jotka ovat saatavissa Haaga-Helian kirjaston tieteellisten aikakausjulkaisujen HH Finna -tietokannoista. Tehtyjen hakujen mukaan tärkeimpiä tietokantoja olivat Directory of Open Access Journals, Publicly Available Content Base, Web of Science, Academic Search Elite ja Science Citation Index Expanded. HH Finna -tietokantaa käytettiin saavutettavuuden ja käytettävyyden takia. Verkon avoimia materiaaleja hyödynnettiin mahdollisuuksien mukaan.



Kuvio 2. Tutkimusaineiston seulontaprosessi.

Kolmannessa vaiheessa valittiin tutkimusartikkelit. Mukaanottokriteereinä pidettiin sitä, että artikkeleiden olivat vertaisarvioituja ja ne olivat saatavana koko tekstinä ja kontekstina oli korkeakoulutus. Tämän lisäksi artikkeleiden piti olla katsauksellisia (review) artikkeleita, jotka sisältävät pedagogisia näkemyksiä yleisesti tekoälyn käytöstä korkeakoulutuksessa. Näitä artikkeleita oli 422. Poissulkemiskriteereinä olivat keskittyminen vain tiettyyn oppialaan, kuten lääketieteeseen, tai tiettyyn erityiseen teemaan, kuten henkilökohtaistamiseen. Mukaan tuli kuitenkin muutama artikkeli, jossa mukana oli korkeakoulutuksen lisäksi ala- ja yläkouluja. Ne otettiin mukaan, jos niissä oli mielenkiintoisia jatkotutkimusehdotuksia. Tarkkaan analyysin hyväksyttiin 15 artikkelia.

Neljännessä vaiheessa tarkasteltiin valittuja artikkeleita. Viidennessä vaiheessa artikkeleiden sisällöt analysoitiin teema-analyysin periaatteita noudattaen (Braun & Clarke, 2006), ja sen pohjalta tuotettiin hahmotusta tutkimus- ja kehittämistoimintaa varten. Levac ym. (2010) tarjoavat kuudenneksi vapaaehtoiseksi vaiheeksi sidosryhmäkonsultaatiota. Konsultaatio voidaan organisoida artikkelikatsauksen teon aikana tai analyysitulosten valmistuttua. Buus ym. (2022) tekivät kriittisen artikkelikatsauksen konsultaatiokäytäntöjen dokumentoinnista ja havaitsivat, että ne jäivät varsin pinnalliseksi ja kestoiltaan lyhyiksi. Yllättävää siten ei ole, että alle puolessa kartoitettavissa kirjallisuuskatsauksissa on sidosryhmäkonsultaatio (Pham ym., 2014).

Valittu artikkeliaineisto

Taulukossa 1 ovat kartoittavaan kirjallisuuskatsaukseen valittujen artikkelien tekijät, julkaisuvuodet, julkaisujen nimet ja käytetyt tutkimusmenetelmät. Samoin taulukossa on esitetty koontiartikkeliin valittujen julkaisujen julkaisuvuodet sekä koontiartikkeliin päätyneet artikkelimäärät.

Taulukko 1. Kartoittavan kirjallisuuskatsauksen aineisto

Tekijät	Vuosi	Julkaisu	Tutkimusmetodi	Tutkimusaineisto
Chassignol ym.	2018	Procedia Computer Science	Narratiivinen, ei-systemaattinen kirjallisuuskatsaus	vuoden 2012 - 40 artikkelia
Hinojo-Lucena ym.	2019	Education Sciences	Bibliometrinen kartoitus	vuodet 2007–2017 132 artikkelia
Zawacki-Richter ym.	2019	International Journal of Educational Technology in Higher Education	Systemaattinen kirjallisuuskatsaus	vuodet 2007–2018 146 artikkelia
Chen ym.	2020	Computers and Education Artificial Intelligence	Systemaattinen kirjallisuuskatsaus	vuodet 1999–2019 45 artikkelia
Guan ym.	2020	International Journal of Innovation Studies	Automatisoitu tiedonharvointi – metodi	vuodet 2000–2019 425 artikkelia
Moreno-Guerrero ym.	2020	Future Internet	Bibliometrinen kartoitus, mallinnus sekä visualisointi	vuodet 1956–2019 379 artikkelia
Williamson ja Eynon	2020	Learning, Media and Technology	Johdantoartikkeli	kuusi teema-artikkelia
Bozkurt ym.	2021	Sustainability (Switzerland)	Systemaattinen kirjallisuuskatsaus, sosiaalinen verkostoanalyysi sekä tekstilouhinta	vuodet 1970–2020 276 artikkelia
Cox	2021	International Journal of Educational Technology in Higher Education	Muotoilufiktio (design fiction)	valittiin vuoden 2016 jälkeen julkaistuja artikkeleita systemaattiseen arviointiin (200 artikkelia) ja 8 fiktiivisen tekoälytarinan työstämiseen
González-Catalayud ym.	2021	Applied Sciences	Systemaattinen kirjallisuuskatsaus	vuodet 2010–2020 22 artikkelia
Li ym.	2021	Educational Technology & Society	Systemaattinen kirjallisuuskatsaus	vuodet 2015–2020 2215 artikkelia
Paek ja Kim	2021	Sustainability	Latent Dirichlet Allocation algoritmi	vuodet 2001–2021 5035 artikkelia
Zhai ym.	2021	Complexity	Systemaattinen kirjallisuuskatsaus	vuodet 2010–2020 100 artikkelia
Lameras ja Arnab	2022	Information	Tutkiva kirjallisuuskatsaus	vuodet 2008–2020 141 artikkelia
Zobeida Salas-Pilco ja Yang	2022	International Journal of Technology in Higher Education	Systemaattinen kirjallisuuskatsaus	vuodet 2016–2021 31 artikkelia

5. Kartoittavan kirjallisuuskatsauksen tulokset

Vuosien 2017–2022 aikana on tehty useita koontiartikkelikatsauksia tekoälyn hyödyntämisestä koulutuksessa. Yleisiä tutkimusteemoja katsauksissa olivat, millä maantieteellisillä alueilla koulutukseen liittyvää tekoälytutkimusta tehdään (Bozkurt ym., 2021; Chen ym., 2020; Zawacki-Richter ym., 2019) ja missä tieteellisissä aikakausjulkaisuissa julkaistaan eniten tähän teeman liittyviä tutkimuksia (Chen ym., 2020; Zawacki-Richter ym., 2019). Tämän lisäksi tutkijoiden kiinnostuksen kohteena on ollut, mihin julkaisuihin ja keihin tutkijoihin viitataan eniten (Guan ym., 2020; Chen ym., 2020; Hinojo-Lucena ym., 2019; Moreno-Guerrero ym., 2020) ja millaisia sosiaalisia verkostoja eri tekoälytutkijoiden ympärille on muodostunut (Hinojo-Lucena ym., 2019). Samoin erilaisia luokitteluita on pyritty tekemään niistä teemoista, joita on tutkittu tekoälyn soveltamisessa eri korkeakoulukonteksteissa (Bozkurt ym., 2021; Hinojo-Lucena ym., 2019; Zhai ym., 2021; Li ym., 2021; González-Calatayud ym., 2021). On myös luokiteltu, millaisia ja millaisessa laajuudessa tekoälysovelluksia käytetään koulutuksessa (Zawacki-Richter ym., 2019; Guan ym., 2020; Zobeida Salas-Pilco & Yang, 2022; Paek & Kim, 2021; Lamerás & Arnab, 2022), ja millaisia vaikutuksia tekoälyllä on yleisesti korkeakoulutukseen (Williamson & Eynon, 2020; Chassignol ym., 2018; Paek & Kim, 2021).

Artikkelikoonnit ovat varsin rikkaita metodologisilta valinnoiltaan. Systemaattisia kirjallisuuskatsauksia (Chen ym., 2020; Zhai ym., 2021; Zobeida Salas-Pilco & Yang, 2022; González-Calatayud ym., 2021; Zawacki-Richter ym., 2019) oli tehty eniten. Tämän lisäksi mukana oli kaksi bibliometristä kartoitusta (Hinojo-Lucena ym., 2019; Moreno-Guerrero ym., 2020). Muita tutkimuksellisia metodeja olivat muotoilufiktio (Cox, 2021) ja narratiivinen ei-systemaattinen katsaus (Chassignol ym., 2018). Mukana oli myös yksi tutkiva (exploratory) kirjallisuuskatsaus (Lamerás & Arnab, 2022) ja Latent Dirichlet Allocation (LDA) -algoritmia hyödyntävä artikkeli (Paek & Kim, 2021). Guan ym. (2020) olivat hyödyntäneet automatisoitua tiedonharavointia omassa koontiartikkelissaan. Tähän kartoittavaan katsaukseen otettiin myös mukaan tekoälyteemaisen aikakausjulkaisun johdantoartikkeli, sillä siinä oli oiva koonti tekoälytutkimuksen haasteista koulutus kentällä sekä ehdotuksia tuleviksi tutkimusteemoiksi (Williamson & Eynon, 2020).

Koontiartikkeleissa käsiteltiin useimmiten vuosina 2000–2021 julkaistuja artikkeleita. Analysoituun aineistoon näissä 14 koontiartikkelissa ja yhdessä johdantoartikkelissa kuului yhteensä melkein 9200 artikkelia.

6. Teema-analyysin tuottamat teemat

Kun artikkelikoonteihin sisältyviä jatkotutkimusehdotuksia eriteltiin ja syntetisoitiin, niistä tunnistettiin neljä teemaa, joihin sisältyi muutamia yhdistäviäkin alateemoja. Merkittävimpana teemana nousi pedagogisen näkökulman terävöittäminen niin paradigmaattisella kuin toiminnallisella tasolla tekoälyn soveltamisessa korkeakoulutuksessa. Tämän lisäksi jatkotutkimusehdotuksissa korostuvat erilaisten tutkimusmetodologisten valintojen laajentaminen ja syventäminen eri sidosryhmien kanssa. Pedagogiseen ja tutkimukselliseen näkökulmaan liittyi yhteisenä tekijänä kriittisen näkökulman selkeyttäminen tekoälyn hyödyntämisessä koulutuksessa. Tämä liittyy entistä vahvemmin eettisten valintojen ja yksityisyyden suojan tarkempaan ja laaja-alaisempaan tunnistamiseen ja tunnustamiseen. Neljäntenä teemana esille tuli suoraan tiettyjen

tekoälysovellusten entistä syvällisempi tutkiminen. Seuraavaksi tarkastellaan näitä teemoja koontiartikkeleiden tukemina.

Kohti pedagogisesti perusteltua tekoälytutkimusta

Moni tekoälyn soveltamiseen koulutuksessa liittyvä tutkimus on julkaistu tietojenkäsittelytieteisiin keskittyvissä tiedejulkaisuissa (Chen ym., 2020), jolloin tutkimuksen keskiössä ovat olleet uudet tekoälymallit, järjestelmät ja algoritmit. Guan ym. (2020) vaiheistivat koontiartikkelissaan tekoälyn koulutussoveltamisessa olleen kaksi merkittävää vaihetta. Vuosina 2000–2009 tekoälytutkimus keskittyi koko tekoälyekosysteemin rakentamiseen koulutusten verkkokontekstissa. Tällöin tutkimuksen kohteina olivat erityisesti opiskelijoiden opintojen etenemisen ennustaminen, älykkäiden tutorointijärjestelmien rakentaminen ja opiskelijalähtöisempien opiskeluympäristöjen luominen. Vuosina 2009–2019 painopiste siirtyi etenkin big datan avulla opiskelijaprofilointiin ja oppimistulosten arviointiin oppimisanalytiikan muodossa.

Koulutusteknologisia tutkimuksia on harvoin eksplisiittisesti kehystetty pedagogisin teorioin (Hew ym., 2019), saati luotu uusia pedagogisia mallinnuksia ja viitekehyksiä. Koulutuksella on merkittäviä vaikutuksia yksilöön, yhteisöön ja yhteiskuntaan niin taloudellisesti, sosiaalisesti kuin kulttuurisesti. Tämän takia tulevissa tekoälytutkimuksissa tulisi paljastaa selkeästi pedagogiset lähtökohdat ja tutkimukselliset intohimot pedagogisenkin kehittämisen suhteen (Guan ym., 2020). Tämän vuoksi tarvitaan sellaista kokonaisvaltaista, jopa pedagogis-paradigmaattista tutkimusta, joka keskittyisi huomioimaan tekoälyn olemuksen ja sen soveltamisen opittavana sisältönä. Toisaalta on myös selvitettävä tekoälyn rooli tietoisesti valittuna oppimis- ja opettamisprosessin tukijana (Paek & Kim, 2021).

Tekoälyn soveltamisessa koulutukseen päähuomion kohteina ovat usein olleet verkkototeutuksiin integroidut tekoälyratkaisut. Nyt olisi syytä siirtää huomio fyysisissä luokkahuoneissa tapahtuvan oppimisen ja opetuksen tukemiseen (Chen ym., 2020). Älykkäissä tutorointijärjestelmissä (intelligent tutoring systems) pitäisi tutkia, kuinka tekoäly voisi tunnistaa opiskelijan vastauksen suhteen käsitteelliseen ymmärrykseen ja mahdolliseen muutokseen (Chen ym., 2020). Samoin voisi tutkia vielä tarkemmin, kuinka luonnollisen kielen ohjelmointiratkaisut (natural language programming) auttavat opetusta ja oppimista oppimispolkujen henkilökohtaistamisessa (Chen ym., 2020). Tämän lisäksi ehdotetaan tutkimuskohteiksi sitä, miten tekoälysovelluksia voidaan hyödyntää eri kouluasteilla aina varhaiskasvatuksesta jatkuvaan oppimiseen (Paek & Kim, 2021).

Kun tekoälysovelluksia tuodaan oppimistilanteeseen, on syytä myös tutkia, miten oppisisältöjen ja erilaisten taitojen oppiminen kehittyvät tekoälyn avustamana autenttisisissa oppimistilanteissa (Moreno-Guerrero et al., 2020; Lamas & Aranab, 2022; Chassignol ym., 2018). Esimerkiksi tekoälyn mahdollistamat henkilökohtaistamisratkaisut muokkaavat niin opettajan kuin opiskelijan roolia ja toimijuutta (Cox, 2021). Koontiartikkelit esittivät tutkimuksen kohteiksi sen, miten opettajat saadaan tekoälyn aktiivisiksi hyödyntäjiksi ja miten opettajankoulutuksen tulisi tukea opettajia tässä (Moreno-Guerrero ym., 2020). Olisi myös tärkeää systemaattisesti tutkia, miten opiskelijat osaavat suunnitella opiskelunsa ja osoittaa oppimansa tekoälyn avittamina (Lamas & Arnab, 2022).

Ääriesimerkkeinä opetustilanteisiin liittyvistä jatkotutkimusteemoista mainittakoon biomedikaalinen tunnistaminen ja oppimisen tunteiden tutkiminen aivokäyräsähkön avulla. Samassa koontiartikkelissa ehdotetaan myös syväoppimisen (deep learning) hyödyntämistä opiskelijoiden läsnäolemisen (kasvojen ilmeet ja eleet) tutkimisessa (Chen ym., 2020).

Tutkimusmetodologisten valintojen rikastaminen ja tutkijaryhmien laajentaminen

Tekoälyn soveltamisen tutkimus on ollut pitkään määrällisiä tutkimusmetodeja hyödyntävää, yksittäisiin kokeiluihin perustuvaa, lyhytaikaista, lyhytnäköistä, jopa historiatonta (Williamson & Eynon, 2020; Zawacki-Richter ym., 2019). Tämän vuoksi koontiartikkeleissa esitetään ehdotuksia sellaisista tutkimusponnistuksista, jotka olisivat nykyistä osallistavampia ja laadullisiin tutkimusotteisiin perustuvia. Tekoälysovellusten seuranta- ja vaikuttavuustutkimuksia tarvitaan myös lisää (Zawacki-Richter ym., 2019; Zhai ym., 2021). Itse tekoälypohjaisten sovellusten käyttämistä tutkimusmetodinä (Williamson & Eynon, 2020) ehdotettiin myös.

Data- ja kasvatustieteilijöiden lisäksi opiskelijoiden ja opettajien tulisi olla tutkimassa ja kehittämässä tekoälyn koulutuksellista soveltamista, jolloin teknologian ja pedagogiikan mahdollinen kuilu tulisi kunnolla ylitettyä (Zhai ym., 2021; Gonzáles-Calatayud ym., 2021). Jatkotutkimusehdotuksissa peräänkuulutetaan myös marginaalissa olevien osallistamista tutkimustyöhön, jotta mahdolliset epätasa-arvoisuudet tulisivat esille (Williamson & Eynon, 2020). Samoin esitettiin tarvetta monitieteellisiin akateemisiin tutkimusryhmiin (Williamson & Eynon, 2020; Paek & Kim, 2021), jotka pystyisivät tutkimaan tiettyä tutkimuskohdetta pidemmän aikaa.

Kriittisen reflektiivisen tutkimusotteen tiukentaminen

Yhteistä niin pedagogiselle painotukselle kuin metodologiselle moninaisuudelle on vaade kriittisen reflektiivisen otteen tiukentamisesta tekoälysovellusten koulutuksellisessa käytössä. Konkreettisesti tämä näkyy eettisyyteen ja yksityisyyteen liittyvissä tutkimusteemoissa (Zawacki-Richter ym., 2019; Lamas & Arnab, 2022; Paek & Kim, 2021; Zobeida Salas-Pilco & Yang, 2022; Bozkurt ym., 2021; Chen ym., 2020). Tekoälyyn liittyvät eettiset haasteet voidaan karkeasti jakaa koneoppimisesta ja algoritmeista juontuviin ongelmiin ja yhteiskunnallisiin ongelmiin. Koneoppimisesta ja algoritmeista juontuvia ongelmia ovat esimerkiksi datan vääristyneisyys, syrjintä ja dataturvallisuus (Bozkurt ym., 2021; Chen ym., 2020). On syytä tutkia, miten oppimisprosessin aikana syntyvää dataa käsitellään ja käytetään, miten sitä tarjotaan opiskelijoille ja miten opiskelijat osaavat kieltäytyä datan keräämisestä. Yhteiskunnallisina tekoälyn tuottamina ongelmina koettiin muutokset ihmisen autonomiassa sekä ihmisen ja koneen välisessä vuorovaikutuksessa, järjestelmien sosiaalisessa hyväksynnässä, tasa-arvoon liittyvissä kysymyksissä ja yhteiskunnallisissa valtarakenteissa (Stahl, 2021). Koonti-artikkeleiden mukaan yhteiskunnallis-kriittisen tutkimusotteen avulla päästäisiin paljastamaan tekoälyn kehittämisen dominoivia diskursseja, historiattomuutta, nykivyyttä, lyhytnäköisyyttä ja piiloisia taustaverkostoja (Williamson & Eynon, 2020).

Tekoälyteknologiset teemat

Tekoälyn soveltamiseen liittyvissä artikkeleissa on hyvin luonnollista, että niissä esitetään entistä syvällisempää tekoälyn algoritmeihin ja sovelluksiin tähtäävän tutkimuksen vaadetta (Paek & Kim, 2021; Zhai ym., 2021; Guan ym., 2020). Näistä tutkimusesimerkkeinä mainittakoon muun muassa algoritmeihin liittyvät ohjattu, ohjaamaton ja vahvisteoppiminen, Internet of things, parviäly, syväoppinen, lisätty todellisuus sekä laajennettu todellisuus koulutuksellisessa kontekstissa. Kiintoisaa oli, kuinka koontiartikkeleissa oli havaittu, miten varsin teknologiapainotteisesta tekoälytutkimuksista oli siirrytty koko ajan entistä enemmän tutkimuksiin, joissa on pyritty sovittamaan tekoälyratkaisuja paremmin pedagogisiin prosesseihin (Guan ym., 2020). Samanaikaisesti on siten ollut tarve entistä tarkemmin tutkia, miten erilaiset tekoälypohjaiset teknologiat sopivat parhaiten eri pedagogisiin tavoitteisiin ja toimintaympäristöihin.

7. Tutkimuksen johtopäätöksiä ja rajoituksia

Artikkelin tavoitteena oli selvittää, kuinka korkeakoulupedagogiikka ja koulutusteknologia yleisesti ja tekoäly erityisesti ovat liittoutuneet korkeakoulupedagogisissa ratkaisuisissa. Tämän lisäksi haluttiin selvittää, miten erilaiset yhteenvedoartikkelit tarkastelevat korkeakoulupedagogisia tekoälyratkaisuja yleisesti ja mitä ne ehdottavat tuleviksi tutkimusteemoiksi ja -prosesseiksi.

Korkeakoulupedagogiikan ja koulutusteknologian liiton merkitys on korostunut merkittävästi COVID 19:n jälkeen. Jatkuvasti kehittyneet ja viime aikoina arkielämäänkin integroituneet tekoälyratkaisut kuten chatGPT ovat pakottaneet korkeakouluja vielä entistä tietoisemmin pohtimaan sitä, miten ne uudistavat vallitsevia pedagogisia toimintatapojaan. Enää ei riitä, että korkeakouluissa vain joidenkin vastuulla on pelkästään koulutusteknologiset valinnat, ratkaisut ja niiden toimeenpano. Koko korkeakoulu yhteisön on tunnistettava, mitä tekoälyyn pohjatuilla ratkaisuilla voidaan saavuttaa, miten integroituvat korkeakoulun oppimiskulttuuriin ja mihin niitä voidaan taivuttaa erityisesti pedagogisissa käytännöissä.

Tällaista uutta yhteisöllistä kehittämistyötä voidaan tehdä Fawnsin (2022) tarjoaman yhteenpunitun pedagogiikan jäsenyyksen tukena. Se voisi auttaa korkeakoulu yhteisöä sidosryhmineen pohtimaan, miten tekoälyratkaisujen pedagogisesti kestävästi käyttäminen kutsuu opettajia sekä opiskelijoita yhdessä uusiin rooleihin oppimaan tekoälystä, sen hyödyntämisestä ja kyvystä toimia sen yhteistyökumppanina eri tieteenaloilla. Tämän lisäksi on käytävä jatkuvaa eettis-ekologista keskustelua siitä, millaiset tärkeät tavoitteet ja arvot ovat teknologisten valintojen taustalla. Samoin on tiedostettava, keitä tehdyt teknologiset ratkaisut tukevat ja ketkä mahdollisesti jäävät marginaaliin. Nopeasti kehittyvän teknologian kanssa eläminen pakottaa myös tunnistamaan oman keskeneräisyyden ja epävarmuuden uuden oppimisen edessä.

Kartoittavan kirjallisuuskatsauksen avulla tutkittiin, miten erilaiset yhteenvedoartikkelit tarkastelevat korkeakoulupedagogisia tekoälyratkaisuja yleisesti ja mitä ne ehdottavat erityisesti tuleviksi tutkimusteemoiksi ja tutkimusprosesseiksi. Artikkelihaut tehtiin HH Finnan avulla, ja aineistoksi valikoitui 15 artikkelia. Teema-analyysin avulla aineistosta tunnistettiin neljä teemaa, jotka liittyivät tukevasti pedagogisesti perustellun, opettamista ja oppimista tukevan tekoälytutkimuksen tekemiseen, tutkimusmetodologisten

valintojen rikastamiseen ja tutkijaryhmien laajentamiseen, kriittisen reflektiivisen otteen tiukentamiseen ja uusiin tekoälyteknologisiin teemoihin. Näihin tutkimusteemoihin ja tutkimusprosesseihin tarttuminen rikastuttaa ja terävöittää korkeakoulujen tekoälysovellusten kehittämistä ja käyttöönottoa. Analyysi vahvisti, kuinka pitkäkestoisille ja monia tieteenaloja sekä toimijoita osallistaville tutkimuksille on selkeä tarve. Nämä tutkimusponnistukset keskittyisivät pedagogisesti perusteltuihin tekoälysovelluksiin ja niiden vaikutusten tutkimiseen.

Kartoittavan kirjallisuuskatsauksen luotettavuuteen vaikuttavat merkittävästi menetelmäosaaminen, katsauksen käyttö tarkoituksenmukaisessa asiayhteydessä, oikeiden tietojen poiminta aineistosta, aineiston analysointi sekä esittely ja johtopäätösten teko (Khalil ym., 2021). Tässä katsauksessa tutkimuksellinen prosessi on kuvattu siten, että lukijat voivat arvioida sen aikana tehtyjä valintoja ja tulkintoja (Puusa & Julkunen, 2020). Kartoittavan katsauksen tehtävänä oli luoda riittävällä tarkkuudella mahdollisimman monipuolinen ymmärrys tekoälyn hyödyntämisestä ja tutkimisesta korkeakoulutuksessa. Koontiartikkelit erosivat toisistaan analyysityypeiltään, kysymyksenasetteluiltaan ja painotuksiltaan. Silti ne tarjosivat kattavan kuvan nykyisestä tekoälytutkimuksesta ja antoivat viitteitä sekä painotuksia tulevaan tutkimus- ja kehitystyöhön.

Kun kartoittavassa katsauksessa tehdään asiasanan pohjalta tietokantahakuja, ongelmana on se, että sellaiset julkaisut, joissa ei käytetty juuri käytettyjä asiasanoja artificial intelligence, higher education, meta analysis ja review jäivät pois lopullisista hakutuloksista. Samoin HH Finna -tietokannasta on uupunut joitain merkittäviä kustantajia ja tietokantoja. Tämä ongelma huomattiin muutamassa artikkelissa, jotka löytyivät sattumalta muita hakuja tehdessä. Lisäksi on muistettava, että tieteellisten artikkelien julkaisuprosessi on varsin pitkäkestoinen, joten nyt käytettävissä olevat koontiartikkelit ovat jo aikansa vankeja. On kuitenkin jollain lailla hahmotettava, mitä tähän mennessä on tapahtunut, jotta pedagogista tekoälyn kehitys- ja tutkimustyötä pystytään perustellusti ja kestävästi tekemään korkeakoulujen tämänhetkisissä prosesseissa ja rakenteissa.

Lähteet

Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: Towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology: Theory and Practice*, 8(1), 19–32. <https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>

Arthur, W. B. (2009). *The Nature of Technology: what it is and how it evolves*. Free Press.

Bartolomé, A., Castañeda, L., & Adell, J. (2018). Personalisation in educational technology: the absence of underlying pedagogies. *International Journal of Educational Technology*, 15(14). <https://doi.org/10.1186/s41239-018-0095-0>

Bates, T., Cobo, C., Mariño, O., & Wheeler, S. (2020). Can artificial intelligence transform higher education? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17(42). <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00218-x>

Bhutoria, A. (2022). Personalized education and Artificial Intelligence in the United States, China, and India: A systematic review using a Human-In-The-Loop model. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.CAEAI.2022.100068>

Blanchard, E. G. (2015). Socio-Cultural Imbalances in AIED Research: Investigations, Implications and Opportunities. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 25, 204–228. <https://doi.org/10.1007/s40593-014-0027-7>

Bozkurt, A., Karadeniz, A., Baneres, D., Guerrero-Roldán, A. E., & Rodríguez, M. E. (2021). Artificial intelligence and reflections from educational landscape: A review of AI studies in half a century. *Sustainability (Switzerland)*, 13(2), 1–16. <https://doi.org/10.3390/SU13020800>

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>

Buus, N., Nygaard, I, Lene, Lene, I, Berring, L., Hybholt, L., Stine, I, Kamionka, L., Camilla, I, Rossen, B., & Søndergaard, I Rikke. (2022). Arksey and O'Malley's consultation exercise in scoping reviews: A critical review. <https://doi.org/10.1111/jan.15265>

Carvalho, L., Martinez-Maldonado, R., Tsai, Y.-S., Markauskaite, L., & De Laat, M. (2022). How can we design for learning in an AI world? *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100053. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100053>

Castañeda, L., & Selwyn, N. (2018). More than tools? Making sense of the ongoing digitizations of higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education* 15 (1) Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1186/s41239-018-0109-y>

Chan, C. K. Y., & Tsi, L. H. Y. (2023). [The AI Revolution in Education: Will AI Replace or Assist Teachers in Higher Education?](https://doi.org/10.1111/jan.15265)

Chassignol, M., Khoroshavin, A., Klimova, A., & Bilyatdinova, A. (2018). Artificial Intelligence trends in education: a narrative overview. *Procedia Computer Science*, 136, 16–24. <https://doi.org/10.1016/j.PROCS.2018.08.233>

Chen, X., Xie, H., Zou, D., & Hwang, G. J. (2020). Application and theory gaps during the rise of Artificial Intelligence in Education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 1. <https://doi.org/10.1016/J.CAEAI.2020.100002>

Cox, A. M. (2021). Exploring the impact of Artificial Intelligence and robots on higher education through literature-based design fictions. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 18(3). <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00237-8>

Cutri, R. M., & Mena, J. (2020). A critical reconceptualization of faculty readiness for online teaching. 41(3), 361–380. <https://doi.org/10.1080/01587919.2020.1763167>

Draxler-Weber, N., Packmohr, S., & Brink, H. (2022). Barriers to Digital Higher Education Teaching and How to Overcome Them – Lessons Learned during the COVID-19 Pandemic. *Education Sciences*, 12(12). <https://doi.org/10.3390/educsci12120870>

Dron, J. (2022). Educational technology: what it is and how it works. *AI and Society*, 37, 155–166.

[Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan julkaisu](#). (2022). Tekoälyratkaisut tänään ja tulevaisuudessa.

Fauzi, M. A. (2022). E-learning in higher education institutions during COVID-19 pandemic: current and future trends through bibliometric analysis. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09433>

Fawns, T. (2022). An Entangled Pedagogy: Looking Beyond the Pedagogy-Technology Dichotomy Introduction: Moving Past the Technology-Pedagogy Dichotomy. *Postdigital Science and Education*. <https://doi.org/10.1007/s42438-022-00302-7>

González-Calatayud, V., Prendes-Espinosa, P., Roig-Vila, R., & Carpanzano, E. (2021). Artificial Intelligence for Student Assessment: A Systematic Review. *Applied Sciences*, 2021(11), 5467–5482. <https://doi.org/10.3390/app>

González-Calatayud, V., Prendes-Espinosa, P., Roig-Vila, R., & Carpanzano, E. (2021). Artificial Intelligence for Student Assessment: A Systematic Review. *Applied Sciences*, 2021(11), 5467–5482. <https://doi.org/10.3390/app>

Guan, C., Mou, J., & Jiang, Z. (2020). Artificial intelligence innovation in education: A twenty-year data-driven historical analysis. *International Journal of Innovation Studies*, 4(4), 134–147. <https://doi.org/10.1016/I.IJIS.2020.09.001>

Hallamaa, J., Leikas, J., Malkavaara, M., & Vesterinen, O. (2020). Tulevaisuuden teknologiat ja tekoälyn etiikka. Teoksessa P. Sihvo & A. Koski (toim.), *Eettinen toimintamalli: Osaamista tulevaisuuden koulutukseen ja sote-alan työhön*, 83–94. North Carelia Polytechnic.

Heilala, V. (2022). Learning Analytics with Learning and Analytics Advancing Student Agency Analytics. <https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/80877>

Hew, K. F., Lan, M., Tang, Y., Jia, C., & Lo, C. K. (2019). Where is the “theory” within the field of educational technology research? *British Journal of Educational Technology*, 50(3), 956–971. <https://doi.org/10.1111/bjet.12770>

Hinojo-Lucena, F. J., Aznar-Díaz, I., Cáceres-Reche, M. P., & Romero-Rodríguez, J. M. (2019). Artificial intelligence in higher education: A bibliometric study on its impact in the scientific literature. *Education Sciences*, 9(1).

<https://doi.org/10.3390/educsci9010051>

Hinojo-Lucena, F. J., Aznar-Díaz, I., Cáceres-Reche, M. P., & Romero-Rodríguez, J. M. (2019). Artificial intelligence in higher education: A bibliometric study on its impact in the scientific literature. *Education Sciences*, 9(1).

<https://doi.org/10.3390/educsci9010051>

Hodges, C., Moore, S., Lockee, B., Trust, T., & Bond, A. (2020). [The Difference Between Emergency Remote Teaching and Online Learning](#). EDUCAUSE Review. Educause Review.

Hotakainen, O., & Kivinen, J. (2023). [Tekoälypohjainen oppijan ohjaus ja neuvonta](#).

Jiménez-Zarco, A., Békés, V., Khalili, H., García-Morales, V. J., Garrido-Moreno, A., & Martín-Rojas, R. (2021). The Transformation of Higher Education After the COVID Disruption: Emerging Challenges in an Online Learning Scenario. *Frontiers in Psychology* | www.frontiersin.org, 12, 616059. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.616059>

Kaqinari, T., Makarova, E., Audran, J., Döring, A. K., Göbel, K., & Kern, D. (2022). A Latent Class Analysis of University Lecturers' Switch to Online Teaching during the First COVID-19 Lockdown: The Role of Educational Technology, Self-Efficacy, and Institutional Support. *Education Sciences*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/educsci12090607>

Karjalainen, A., & Nissilä, S.-P. (2017). [Opettajaksi kehittyminen korkeakoulussa opettajankoulutuksen avulla](#).

Kerres, M., & Buchner, J. (2022). Education after the Pandemic: What We Have (Not) Learned about Learning. *Education Sciences*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/educsci12050315>

Khalil, H., Peters, M. D., Tricco, A. C., Pollock, D., Alexander, L., McInerney, P., Godfrey, C. M., & Munn, Z. (2021). Conducting high quality scoping reviews-challenges and solutions. *Journal of Clinical Epidemiology*, 130, 156–160.

<https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2020.10.009>

Kirkwood, A., & Price, L. (2013). Missing: evidence of a scholarly approach to teaching and learning with technology in higher education. *Teaching in Higher Education*, 18(3), 327–337. <https://doi.org/10.1080/13562517.2013.773419>

Kleimola, R., & Leppisaari, I. (2022). Learning analytics to develop future competences in higher education: a case study. *Int J Educ Technol High Educ*, 19, 17. <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00318-w>

Laakso, M., E. Kurvinen, E., Enges-Pyykönen, P., & Kaila, E. (2018). Designing and creating a framework for learning analytics in Finland. *Proceedings of the 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*. <http://dx.doi.org/10.23919/MIPRO.2018.8400130>

Lameras, P., & Arnab, S. (2022). Power to the Teachers: An Exploratory Review on Artificial Intelligence in Education. *Information*, 13(1), 14. <https://doi.org/10.3390/info13010014>

Levac, D., Colquhoun, H., & O'Brien, K. K. (2010). [Scoping studies: advancing the methodology](#). *Implementation Science*, 5(69).

Li, F., Yifeng, H., & Qingshui, X. (2021). Progress, Challenges and Counter measures of Adaptive Learning: A Systematic Review. *Educational Technology & Society*, 24(3), 1176–3647.

Longhurst, G. J., Stone, D. M., Dulohery, K., Scully, D., Campbell, T., & Smith, C. F. (2020). Strength, Weakness, Opportunity, Threat (SWOT) Analysis of the Adaptations to Anatomical Education in the United Kingdom and Republic of Ireland in Response to the Covid-19 Pandemic. *Anatomical Sciences Education*, 13(3), 301–311. <https://doi.org/10.1002/ase.1967>

Luckin, R., & Cukurova, M. (2019). Designing educational technologies in the age of AI: A learning sciences-driven approach. *British Journal of Educational Technology*, 50(6), 2824–2838. <https://doi.org/10.1111/BJET.12861>

McGrath, C., Cerratto Pargman, T., Juth, N., & Palmgren, P. J. (2023). University teachers' perceptions of responsibility and artificial intelligence in higher education – An experimental philosophical study. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100139>

Mertala, P. (2019). (Vasta)kertomuksia koulutuksen digitalisaatiosta. *Kasvatus & Aika*, 13(3), 26–45–26–45. <https://doi.org/10.33350/KA.76593>

Moreno-Guerrero, A. J., López-Belmonte, J., Marín-Marín, J. A., & Soler-Costa, R. (2020). Scientific development of educational artificial intelligence in web of science. *Teoksessa Future Internet (Vsk. 12, Numero 8)*. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/FI12080124>

Munn, Z., Peters, M. D. J., Stern, C., Tufanaru, C., McArthur, A., & Aromataris, E. (2018). Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach. *BMC Medical Research Methodology*, 18(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/S12874-018-0611-X/TABLES/1>

Murtonen, M., Alaniska, H., Hirsto, L., Ilola, H., Maikkola, M., Nokelainen, P., & Postareff, L. (2022). Yliopisto- ja ammattikorkeakoulupedagogiikasta korkeakoulupedagogiikkaan. *Teoksessa K. Mäki & L. Vanhanen-Nuutinen (Toim.), Korkeakoulupedagogiikka Ajat, paikat ja tulkinnat (1 st, ss. 47–60)*. Haaga-Helium julkaisut.

Mäki, K., Vanhanen-Nuutinen, L., Nieminen, V.S., Mielityinen, S., & Ilves, V. (2021). [Digä ja keitaita – korkeakouluopettajat pandemian paineessa](#). 50901.

Oliver, M. (2011). Technological determinism in educational technology research: Some alternative ways of thinking about the relationship between learning and technology. *Journal of Computer Assisted Learning*, 27(5), 373–384. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2011.00406.x>

Opetus- ja kulttuuriministeriö, oppimisanalytiikkajaosto. (2021). [Oppimisanalytiikan viitekehys. Hyvät käytännöt oppimisanalytiikan käyttöönotossa ja hyödyntämisessä](#).

- Owoc, M. L., Sawicka, A., & Weichbroth, P. (2021). Artificial Intelligence Technologies in Education: Benefits, Challenges and Strategies of Implementation. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 599, 37–58. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85001-2_4
- Paek, S., & Kim, N. (2021). Analysis of Worldwide Research Trends on the Impact of Artificial Intelligence in Education. *Sustainability*, 13. <https://doi.org/10.3390/su13147941>
- Parte, L., & Herrador-alcaide, T. (2021). Teaching disruption by covid-19: Burnout, isolation, and sense of belonging in accounting tutors in e-learning and b-learning. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(19). <https://doi.org/10.3390/ijerph181910339>
- Perrotta, C., & Selwyn, N. (2020). Deep learning goes to school: toward a relational understanding of AI in education. *Learning, Media and Technology*, 45(3), 251–269. <https://doi.org/10.1080/17439884.2020.1686017>
- Peters MDJ, Godfrey C, McInerney P, Munn Z, Tricco AC, Khalil, H. Chapter 11: Scoping Reviews (2020 version). Teoksessa E. Aromataris & Z. Munn (toim.). *JBIM Manual for Evidence Synthesis*, JBI, 2020. <https://doi.org/10.46658/JBIMES-20-12>
- Pham, M. T., Rajić, A., Greig, J. D., Sargeant, J. M., Papadopoulos, A., & Mcewen, S. A. (2014). A scoping review of scoping reviews: Advancing the approach and enhancing the consistency. *Research Synthesis Methods*, 5(4), 371–385. <https://doi.org/10.1002/jrsm.1123>
- Puusa, A., & Julkunen, S. (2020). Uskottavuuden arvionti laadullisessa tutkimuksessa. Teoksessa P. Juuti & A. Puusa (toim.), *Laadullisen tutkimuksen näkökulmat ja menetelmät* (ss. 189–203). Gaudeamus.
- Riekkinen, J., Murtonen, M., Aldahdouh, T., & Nokelainen, P. (2022). [Korkeakouluopettajien hätäetäopetukseen liittyvät negatiiviset ja positiiviset kokemukset COVID-19-pandemian aikana](https://doi.org/10.1002/jurp.1234). *Journal of University Pedagogy*.
- Russell S.J., & Norvig, P. (2010). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (Vsk. 2nd–4th). Pearson Education.
- Salminen, A. (2011). [Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin](https://doi.org/10.1002/jurp.1234).
- Silvola, A., Näykki, P., Kaveri, A., & Muukkonen, H. (2021). Expectations for supporting student engagement with learning analytics: An academic path perspective. *Computers and Education*, 168. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104192>
- Skulmowski, A., & Rey, G. D. (2020). COVID-19 as an accelerator for digitalization at a German university: Establishing hybrid campuses in times of crisis. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 2(3), 212–216. <https://doi.org/10.1002/hbe2.201>
- Stahl, B. C. (2021). [Artificial Intelligence for a Better Future An Ecosystem Perspective on the Ethics of AI and Emerging Digital Technologies](https://doi.org/10.1002/jurp.1234).
- Swanson, J. A. (2016). [The Impact of technology integration upon collegiate pedagogy from the lens of multiple disciplines](https://doi.org/10.1002/jurp.1234).
- Tooml, A., Heide, T., Jäppinen, V., Karjalainen, A., Mäki, K., Tynjälä, P., Huusko, M., Nurkka, N., & Karvonen, A. (2022). [Korkeakoulupedagogiikan tila ja uudistaminen arviointi](https://doi.org/10.1002/jurp.1234). Hankesuunnitelma, hyväksytty 15.6.2022.

- Vairimaa, R. (2021). [Tekoäly on hyvä renki mutta huono isäntä – näin algoritmit muuttavat yhteiskuntaa ja arkeamme](#). Helsingin yliopisto. Yliopistolehti.
- Wang, P. (2019). On Defining Artificial Intelligence. *Journal of Artificial General Intelligence*, 10(2), 1–37. <https://doi.org/10.2478/jagi-2019-0002>
- Watermeyer, R., Crick, T., Knight, C., & Goodall, J. (2021). COVID-19 and digital disruption in UK universities: afflictions and affordances of emergency online migration. *Higher Education*, 81(3), 623–641. <https://doi.org/10.1007/s10734-020-00561-y>
- Williamson, B. (2020). New digital laboratories of experimental knowledge production: Artificial intelligence and education research. *London Review of Education*, 18(2), 209–220. <https://doi.org/10.14324/LRE.18.2.05>
- Williamson, B., & Eynon, R. (2020). Historical threads, missing links, and future directions in AI in education. *Learning, Media and Technology*, 45(3), 223–235. <https://doi.org/10.1080/17439884.2020.1798995>
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>
- Zhai, X., Chu, X., Chai, C. S., Jong, M. S. Y., Istenic, A., Spector, M., Liu, J.-B., Yuan, J., & Li, Y. (2021). A Review of Artificial Intelligence (AI) in Education from 2010 to 2020. *Complexity*, 2021, 1–18. <https://doi.org/10.1155/2021/8812542>
- Zobeida Salas-Pilco, S., & Yang, Y. (2022). Artificial intelligence applications in Latin American higher education: a systematic review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19(21). <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00326-w>
- Zovko, V., & Gudlin, M. (2019). Artificial Intelligence as a Disruptive Technology in Education. *The Future of Education Conference Proceedings*. https://doi.org/https://doi.org/10.26352/D627_2384-9509_2019