

Oppimisanalytiikka ja oppimisen hallintajärjestelmät matematiikan opetuksessa ja opiskelussa

Matematiikan
pro gradu -tutkielma

Laatija:
Wilma Tulijoki

10.5.2023
Turku

Pro gradu -tutkielma

Oppiaine: Matematiikka

Tekijä: Wilma Tulijoki

Otsikko: Oppimisanalytiikka ja oppimisen hallintajärjestelmät matematiikan opetuksessa ja opiskelussa

Ohjaaja: Professori Peter Hästö

Sivumäärä: 56 sivua, 3 liites.

Päivämäärä: 10.5.2023

Tämän systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tavoitteena oli tarkastella oppimisanalytiikkaa ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttöä osana matematiikan opetusta ja opiskelua. Tutkimuksessa oltiin lisäksi kiinnostuneita siitä, millaisia hyötyjä ja rajoituksia oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttöön liittyy matematiikan opetuksen ja opiskelun kontekstissa. Tarkastelu kohdistettiin kaikkien koulutusasteiden opiskelijoihin sekä opettajiin. Tutkimuksen aineisto koostui 33 julkaisusta, jotka haettiin helmikuussa 2023 kolmesta tietokannasta. Aineiston analyysi toteutettiin aineistolähtöisen sisällönanalyysin keinoin, ja aineiston järjestelyssä hyödynnettiin teemoittelua.

Oppimisanalytiikkaa ja oppimisen hallintajärjestelmiä käytettiin matematiikan arviointiin, matemaattisen osaamisen kehittämiseen, opetuksen toteutustapana ja suoriutumisen ennustamiseen. Niiden hyödyiksi koettiin soveltuvuus arvioinnin tehtäviin, opiskelijoiden osaamisen kohentuminen, informaation saanti, resurssit ja oppijan vastuun lisääntyminen. Julkaisuissa havaitut rajoitukset puolestaan liittyivät erilaisiin puutteisiin, sopimattomuuteen matematiikkaan, suppeuteen sekä muihin näkökulmiin, kuten vilppiin, uutuudenviehätykseen ja kustannuksiin.

Oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käytön ei havaittu aiheuttavan suoranaista haittaa, mikä voidaan nähdä positiivisena tuloksena. Vaikka oppimisanalytiikka ja oppimisen hallintajärjestelmät voivat tuottaa lukuisia hyötyjä matematiikan opetukseen ja opiskeluun, on aiheellista pohtia, miten niitä käytetään opetuksessa ja millainen painoarvo voidaan asettaa jonkin järjestelmän tuottamalle tiedolle. Lisäksi on merkityksellistä muistaa, että opettaja on lopulta vastuussa opetusta koskevista päätöksistä.

Tässä tutkimuksessa on pyritty jäsentämään yleiskuvaa oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttöön liittyvistä näkökulmista viimeisen vuosikymmenen ajalta. Jatkotutkimukselle on tarvetta syvemmän ymmärryksen ja luotettavamman tiedon saamiseksi. Jatkossa olisi mielenkiintoista esimerkiksi vertailla oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttöä eri koulutusasteilla ja kohderyhmissä, selvittää oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien tuottamaa pitkäaikaista hyötyä sekä tarkastella eettisiä, sosiaalisia ja emotionaalisia seikkoja tarkemmin.

Avainsanat: oppimisanalytiikka, oppimisen hallintajärjestelmä, matematiikan opetus, matematiikan opiskelu, formatiivinen arviointi

Sisällysluettelo

1	Johdanto	5
2	Oppimisanalytiikka ja oppimisen hallintajärjestelmät	7
2.1	Oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien määrittelyä	7
2.2	Oppimisanalytiikka ja oppimisen hallintajärjestelmät matematiikassa	9
2.3	Formatiivinen arviointi oppimisanalytiikan keskeisenä elementtinä	12
3	Tutkimusongelmat	15
4	Tutkimusmenetelmä	17
4.1	Aineistonkeruu	17
4.2	Aineiston analyysi	19
4.3	Menetelmän eettisyydestä ja luotettavuudesta	20
5	Tulokset	22
5.1	Oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttö	22
5.2	Oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttöön liittyviä hyötyjä	26
5.3	Oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttöön liittyviä rajoituksia	35
6	Pohdinta	41
6.1	Tulosten tarkastelua	41
6.2	Tutkimuksen luotettavuus	47
6.3	Tulosten hyödyntämismahdollisuudet ja jatkotutkimusehdotukset	48
	Lähteet	50
	Liitteet	57
	Liite 1. Tutkimuksen aineisto	57

Kuviot

Kuvio 1. Kirjallisuuskatsauksen vaiheet Finkin (2005, 3, 54) mallia mukaillen	17
---	----

Taulukot

Taulukko 1. Esimerkki teemoittelusta	20
Taulukko 2. Oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käytön teemat	22
Taulukko 3. Oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttöön liittyviä hyötyjä	27
Taulukko 4. Oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttöön liittyviä rajoituksia	35
Taulukko 5. Tutkimuksen aineisto	57

1 Johdanto

Elämme tällä hetkellä neljännen teollisen vallankumouksen aikaa, joka on muuttanut koulutuksen kenttää oleellisesti (Ramli, Maat & Khalid 2019, 437). Massadata (engl. Big data) ja erilaiset algoritmit ovat modernin yhteiskunnan avainsanoja. Teknologian ja lisääntyvän tietomäärän avulla voidaan ymmärtää, ohjata ja optimoida myös oppimisprosesseja, sillä koulutus ei ole irrallinen yhteiskunnasta ja sen systeemeistä. (Barana, Conte, Fissore, Marchisio & Rabellino 2019, 76.) Digitaaliset välineet ovat mahdollistaneet paitsi yhä suurempien joukkojen opettamisen yhtä aikaa etänä myös ajasta ja paikasta riippumattoman opiskelun. Samaan aikaan kontaktiopetus on vähentynyt, mikä on vaikeuttanut oppimisprosessien seuranta perinteisin menetelmin. (Vainio 2018, 6.)

Neljäs teollinen vallankumous on suunnannut koulutusta tulevaisuuden taitojen (engl. 21st Century Skills) opettamiseen (Ramli ym. 2019, 437). Tulevaisuuden taidot ovat kokonaisuus, joka muodostuu muun muassa yhteistyötaidoista, joustavuudesta ja metakognitiosta sekä kognitiivisista kyvyistä, kuten kriittisestä lukutaidosta ja innovatiivisuudesta (Honey, Pearson & Schweingruber 2014, 35). Näiden taitojen opettamisen tavoitteena on, että yksilöllä olisi työelämään siirryttäessä tarvittavat taidot hallussaan. Työmarkkinoiden kysyntään vastaamiseksi myös teknistieteellisten alojen (engl. STE(A)M: Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) merkitys on korostunut nykypäivän koulussa ympäri maailmaa (Li & Wong 2020, 323–324).

Digitaalisten mahdollisuuksien ansiosta oppilaista, oppimisprosesseista ja oppimisympäristöistä on saatavilla entistä enemmän tietoa (Romero & Ventura 2020, 1). Oppimisanalytiikasta on tullut digitalisaation myötä kiinteä osa opetuksen järjestämistä, ja se on kasvattanut teknologia-avusteisen oppimisen tutkimuksen kentällä suosiotaan (Ebner & Schön 2013, 14). Se on tieteenalana ja tutkimuskohteena kuitenkin melko tuore. Ensimmäinen oppimisanalytiikan konferenssi on järjestetty Kanadassa vuonna 2011, ja analytiikan ympärille perustettu yhdistys SoLAR (The Society for Learning Analytics Research) sai alkunsa vuonna 2013. (Vainio 2018, 6, 9.) Ensimmäinen katsaus oppimisanalytiikan kansallisesta viitekehystä Suomessa on puolestaan julkaistu vasta 2020-luvulla (ks. Oppimisanalytiikkajaosto 2021).

Oppimisanalytiikan tutkimuksen kentällä on vielä useita aukkoja ja epäselvyyksiä, joiden selvittämiseksi tarvitaan lisää tutkimusta (ks. Du, Yang, Shelton, Hung & Zhang 2021, 50).

Erityisesti pitkittäistutkimuksille ja laajemman otoksen kattaville tutkimuksille olisi tarvetta (Hernández-de-Menéndez, Morales-Menendez, Escobar & Ramírez Mendoza 2022, 1212). Matematiikan kontekstissa tutkimus on keskittynyt pitkälti korkeakouluihin, joten alemmat koulutustasot huomioiva lisätutkimus olisi toivottavaa (Ramli ym. 2019, 445). Tässä tutkimuksessa tarkastellaan oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttöä osana matematiikan opetusta ja opiskelua. Lisäksi tutkimuksessa ollaan kiinnostuneita siitä, millaisia hyötyjä ja toisaalta rajoituksia oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttöön liittyy matematiikan opiskelun ja opetuksen kontekstissa. Tarkastelu kohdistetaan kaikille koulutusasteille. Kyseessä on systemaattinen kirjallisuuskatsaus, jonka analyysissä hyödynnetään aineistolähtöisiä sisällönanalyysejä ja aineiston järjestyssä teemoittelua.

2 Oppimisanalytiikka ja oppimisen hallintajärjestelmät

Tässä luvussa määritellään oppimisanalytiikkaa ja oppimisen hallintajärjestelmiä sekä niiden tehtäviä ottaen huomioon eri toimijoiden näkökulmat. Tämän jälkeen käsitellään matematiikan opiskelua ja opetusta sekä avataan oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttöä matematiikassa. Kolmannessa alaluvussa esitellään formatiivista arviointia, joka liittyy keskeisesti oppimisanalytiikkaan. Lisäksi tarkastellaan oppimisanalytiikan avulla toteutettua formatiivista arviointia matematiikan kontekstissa.

2.1 Oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien määrittelyä

Oppimisanalytiikalla (engl. Learning Analytics) tarkoitetaan oppimiseen ja koulutukseen liittyvän tiedon keräämistä, analysointia ja raportointia sekä analysoitavan ilmiön tekemistä näkyväksi (Siemens 2013, 1382). Se on myös jatkuvasti kehittyvä tieteenala (Dawson, Joksimovic, Poquet & Siemens 2019). Heilala (2022, 18) määrittelee oppimisanalytiikan monitieteiseksi alaksi, jonka tavoitteena on edistää koulutusta datalähtöisellä toiminnalla. Rosén (2018, 511) mukaan oppimisanalytiikan juuret ovat moninaiset. Ne liittyvät ainakin koneoppimiseen, datan rikastamiseen, sovellettuihin tilastoihin, älykkäisiin tuutorointijärjestelmiin, koulutukseen, psykologiaan, kognitiiviseen tieteeseen sekä kieliteknologiaan. Oppimisanalytiikan yhteydessä saatetaan käyttää termiä koulutustiedonlouhinta (engl. Educational Data Mining) (Oppimisanalytiikkajaosto 2021).

Sekä oppimisanalytiikan että koulutustiedonlouhinnan keskeisenä tavoitteena on tukea koulutusta tietoa keräämällä (Daniel 2019, 103). Du ja kumppanit (2021, 50) määrittelevät oppimisanalytiikan opetuksen ja oppimisen optimoinniksi datan analyysien avulla. Oppimisanalytiikkajaosto (2021, 15–16) jakaa oppimisanalytiikan kolmeen kategoriaan: visualisoiva, profiloiva ja automaattisen päätöksenteon oppimisanalytiikka. Visualisoiva oppimisanalytiikka on datan hyödyntämistä yksinkertaisimmassa tarkoituksessa. Siinä informaatio saatetaan visuaaliseen muotoon, ja sitä käytetään oppilaiden suoriutumisen havainnollistamiseen. Profiloiva oppimisanalytiikka pyrkii tuottamaan uutta tietoa. Silloin oppilaan toimintaa pyritään ennustamaan ja hänelle annetaan yksilöityjä ohjeita ja suosituksia. Automaattiseen päätöksentekoon tähtäävä oppimisanalytiikka puolestaan pyrkii oppilaita koskevien päätösten tekemiseen ilman ihmisen myötävaikutusta.

Oppimisen hallintajärjestelmä (engl. Learning Management System) puolestaan on ohjelmistosovellus, jonka avulla voidaan hallita, dokumentoida, seurata ja raportoida

luokkahuone- ja verkkotapahtumia sekä oppimista (Mahalakshmi & Suresh 2013, 64–65). Ne sisältävät usein esimerkiksi kurssimateriaaleja, kuten videoluentoja, ja välineitä, joiden avulla opiskelijat voivat olla vuorovaikutuksessa toistensa kanssa (Kotsiantis, Tselios, Filippidi & Komis 2013, 134). Coates, James ja Baldwin (2005, 19) toteavat, että oppimisen hallintajärjestelmät sisältävät lukuisia pedagogisia työkaluja sekä hallintatyökaluja. Lisäksi niiden avulla voidaan laajentaa oppimisympäristöä. Esimerkiksi korkeakouluissa on mahdollista järjestää opetus monimuoto-opetuksena (engl. Blended Learning) tai kokonaan verkossa oppimisen hallintajärjestelmien ansiosta.

Wellerin (2007, 2) mukaan oppimisen hallintajärjestelmä -termi on koettu kiistanalaiseksi, sillä se viittaa siihen, että järjestelmä hallitsee opiskelijaa ja tämän oppimista. Tämä nähdään ristiriitaisena tutkivan ja konstruktivistisen oppimisen näkökulmista. Oppimisen hallintajärjestelmien ohella saatetaan käyttää muitakin termejä, kun tarkoitetaan ohjelmistoja, joilla hallitaan ja kerätään käyttäjistä dataa. Tällaisia termejä ovat muun muassa oppimisolusta ja -ympäristö, verkko-oppimisjärjestelmä sekä tuutorointijärjestelmä (ks. esim. Dani 2016, 1; Viljanen 2021, 79). Termien kenttä on moninainen, eikä ole yksiselitteistä, mitä termiä käytetään kulloinkin ja missä rajat eri termien käyttämiselle menevät (Weller 2007, 2).

Oppimisen hallintajärjestelmät ja oppimisanalytiikka liittyvät kiinteästi toisiinsa. Oppimisen hallintajärjestelmien keräämä data on usein oppimisanalytiikan ydin (Tempelaar, Rienties & Giesbers 2016, 7). Oppimisanalytiikka pyrkii löytämään luovia ja kokonaisvaltaisia tapoja hyödyntää oppimisen hallintajärjestelmien keräämää tietoa. Ne pystyvät huomiomaan olennaisia tekijöitä käyttäjän toiminnasta, kuten käytetyn ajan tai tehtyjen toimintojen järjestyksen, sekä kontekstuaalisia tekijöitä. (Kotsiantis ym. 2013, 135.) Oppimisen hallintajärjestelmän ja oppimisanalytiikan yhdistelmän avulla voidaan saada monipuolisesti tietoa oppimisprosessin ja -ympäristön eri osista (García-Senín, Arguedas & Daradoumis 2022, 37), joiden avulla voidaan paitsi edistää oppimista jopa reaaliajassa myös saada opetuksen järjestäjien ja päätöksentekijöiden kannalta hyödyllisiä tietoja (Ifenthaler & Greiff 2021, 3).

Oppimisanalytiikan merkitys vaihtelee tarkasteltavan tason ja kohderyhmän sekä näiden tarpeiden mukaan. Oppija saa oppimisanalytiikan avulla osviittaa omasta etenemisestään ja osaamisestaan sekä välitöntä palautetta tehtävien suorittamisesta (Oppimisanalytiikkajaosto 2021, 11). Datan automatisoitu kerääminen ja analysoiminen mahdollistaa toiminnan mukauttamisen personoidusti. Oppimisanalytiikan avulla voidaan ohjata oppilasta

saavuttamaan oma potentiaalinsa, kehittää oppilaan metakognitiivisia taitoja ja toisaalta tukea oppimisprosesseja oikea-aikaisesti ja kohdennetusti. (Vainio 2018, 70–71.)

Opettaja voi automaattisesti kerääntyvän datan ja sen analyysien avulla reflektoida opetuksen tasoa reaaliajassa. Hän saa tietoa siitä, mitkä asiat oppilaat ovat oppineet hyvin ja mitkä aiheet puolestaan kaipaisivat lisäharjoitusta. (Kurvinen, Kaila, Laakso & Salakoski 2020, 52.)

Opettaja saa informaatiota sekä yksilö- että ryhmätasolla oppimisen edistymisestä ja voi analytiikan avulla seurata esimerkiksi tuen tarpeita, oppilaiden sitoutumista oppimisprosessiin sekä pohtia opetuksen kehittämistarpeita (Oppimisanalytiikkajaosto 2021, 11). Laaja tietomassa ei kuitenkaan itsessään tarjoa opettajalle tietoa siitä, miten informaatiota voidaan hyödyntää (Kotsiantis ym. 2013, 135), eikä laajaa tietomassaa välttämättä osata hyödyntää pedagogisessa päätöksenteossa apuna (Apiola, Karunaratne, Kaila & Laasko 2019, 628).

Instituution tasolla oppimisanalytiikkaa ja oppimisen hallintajärjestelmiä voidaan hyödyntää esimerkiksi koulujen keskeyttämisten ehkäisevässä tarkoituksessa sekä tietoperustaisessa päätöksenteossa ja johtamisessa. Datan avulla voidaan kehittää myös oppijoille suunnattuja tukipalveluita. Kansallisella tasolla informaatio on keskeisessä roolissa koulutuspoliittisessa päätöksenteossa. Se tarjoaa vertailukelpoista tietoa esimerkiksi alueellisista eroista. (Oppimisanalytiikkajaosto 2021, 11–12.)

Oppimisanalytiikkaa ja oppimisen hallintajärjestelmiä tarkasteltaessa on syytä muistaa, että järjestelmät ja sovellukset eivät ole täysin neutraaleja tai objektiivisia. Ne perustuvat tietynlaisille ihmis- ja oppimiskäsityksille, jotka pohjautuvat erilaisiin oppimiseen liittyviin uskomuksiin. Oppimisanalytiikkaa tarkastellessa voidaan pohtia, painottuvatko tehtävät esimerkiksi behavioristiseen oppimiskäsitykseen tai tarjoaako se oppilaalle mahdollisuuksia kehittää itseohjautuvuutta ja autonomiaa. (Vainio 2018, 65.) Lisäksi on oleellista muistaa, että analytiikka perustuu digitaalisiin jälkiin, jotka jäävät digitaalisiin sovelluksiin ja ympäristöihin. Näin ollen oppimisanalytiikka kattaa vain sen osan oppimisprosessista, josta jää digitaalinen jälki. (Oppimisanalytiikkajaosto 2021, 11.)

2.2 Oppimisanalytiikka ja oppimisen hallintajärjestelmät matematiikassa

Matemaattiset taidot ovat kokonaisuus, joka rakentuu kumulatiivisesti (Kurvinen, Lindén, Rajala, Kaila, Laakso & Salakoski 2012, 41). Matemaattinen osaaminen voidaan nähdä tietojen, taitojen, kompetenssien ja kykyjen yhdistelmänä. Kilpatrick, Swafford ja Findell (2001, 116) jakavat matemaattisen osaamisen viiteen osatekijään, jotka ovat konseptuaalinen

ymmärrys (engl. Conceptual Understanding), proseduraalinen sujuvuus (engl. Procedural Fluency), strateginen kompetenssi (engl. Strategic Competence), adaptiivinen päättely (engl. Adaptive Reasoning) ja produktiivinen taipumus (engl. Productive Disposition). Nämä osatekijät eivät ole irrallisia toisistaan, vaan ne liittyvät kiinteästi toisiinsa. Siten myös matemaattisen osaamisen saavuttaminen vaatii kaikkien osa-alueiden harjoittamista.

Konseptuaalinen ymmärrys tarkoittaa sitä, että yksilöllä on toimiva kokonaiskäsitelmä matemaattisista konsepteista. Se näyttäytyy kykynä hyödyntää tarkoituksenmukaisesti ja konteksti huomioiden erilaisia menetelmiä sekä tietoisuutena erilaisista representaatioista ja niiden käyttötarkoituksista. Proseduraalinen sujuvuus voidaan ymmärtää tietämyksenä erilaisista prosesseista ja kykynä käyttää prosesseja joustavasti, tarkasti ja tehokkaasti niin kirjallisesti, mentaalisesti kuin erilaisten apuvälineiden kanssa. Strateginen kompetenssi puolestaan tarkoittaa kykyä muodostaa, esittää ja ratkaista matemaattisia ongelmia. Strategisesta kompetenssista puhuttaessa saatetaan käyttää myös termiä ongelmanratkaisu, ja se on keskeisesti yhteydessä konseptuaalisen ymmärryksen ja proseduraalisen sujuvuuden kanssa. (Kilpatrick ym. 2001, 118–127.)

Adaptiivinen päättely tarkoittaa yksilön kykyä tehdä loogisia päätelmiä sekä tunnistaa käsitteiden ja tilanteiden välisiä yhteyksiä. Se käsittää perusteluiden, selitysten ja arvioiden tekemisen. Niiden tekemistä tarvitaan matematiikassa, jotta voidaan osoittaa tai todistaa jokin asia todeksi tai toisaalta epätodeksi. Produktiivinen taipumus puolestaan tarkoittaa alttiutta ymmärtää matematiikkaa sekä sen järkevyyttä, käytettävyyttä ja merkittävyyttä. Se on uskoa siihen, että ahkerasti opiskelemalla matematiikkaa voi ymmärtää ja että matematiikka ei ole täysin mielivaltaista. Se on positiivisesti yhteydessä muihin osa-alueisiin. Kompetenssi muilla osa-alueilla lisää uskoa omiin kykyihin, ja positiiviset uskomukset puolestaan edistävät esimerkiksi sensitiivisyyttä tunnistaa ja ymmärtää erilaisia käsitteitä ja metodeja. (Kilpatrick ym. 2001, 129–133.)

Teknologian yleistyminen opiskelussa ja opetuksessa on myös muuttanut matematiikan opetusta ja opiskelua erityisesti 2010-luvulta lähtien. Esimerkiksi visuaalinen mallintaminen ja taulukkolaskenta ovat helpottuneet sähköisten ohjelmistojen avulla. (Kettunen, Viholainen & Eronen 2022, 3.) Teknologia-avusteisuuden yleistyttyä oleellinen kysymys ei niinkään ole, käytetäänkö sen tuomia mahdollisuuksia opetuksessa vaan ennemminkin, miten niitä käytetään. Oppimisanalytiikka ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttö ei myöskään tarvitse

korvata kaikkea opetusta, vaan jo yksi tunti viikossa riittää parempien oppimistulosten saavuttamiseen ja jättää tilaa myös muille opetusmenetelmille. (Kurvinen ym. 2020, 72.)

Sähköiset ratkaisut, kuten oppimisen hallintajärjestelmät, antavat aiempaa monipuolisempia mahdollisuuksia toteuttaa ongelmanratkaisutehtäviä, jotka jäljittelevät reaalia maailmaa (Atjonen ym. 2019, 40). Tällaisista mahdollisuuksista voi olla apua myös matematiikan opiskelussa. Tulevaisuuden tarvittavien taitojen näkökulmasta konseptuaalisen tiedon ja luovan päättelyn painottuminen opetuksessa ja opiskelussa on perusteltua mekaanisen laskutaidon tärkeyttä unohtamatta (Kettunen ym. 2022, 15). Kurvisen ja kumppaneiden (2020, 54) mukaan erityisesti alakoulun alimmilla luokilla matematiikka on pitkälti toistoharjoittelua ja faktuaalisen tiedon opettelemista.

Matematiikassa oppimisanalytiikkaa voidaan käyttää opetuksen kehittämiseen, sillä se antaa opettajalle tilaisuuden reflektoida opiskelijoiden edistymistä oppimisprosessin aikana. Oppimisanalytiikan avulla voidaan toisaalta ennustaa opiskelijoiden menestystä ja toisaalta tunnistaa riskejä koulupudokkuudelle. Oppimisanalytiikan tuottaman informaation ansiosta voidaan esimerkiksi tukea opiskelijoita oikea-aikaisesti. (Ramli ym. 2019, 438, 442–445.) Oppimisen hallintajärjestelmissä on mahdollista saada tietoa siitä, kuinka usein opiskelija on kirjautunut alustalle, ja tämä tieto voi toimia hälyttävänä tietona opettajalle. Apiolan ja kumppaneiden (2019, 628) tutkimuksessa havaittiin, että opiskelijat, joilla oli matematiikan kurssin aluksi hyvin vähän kirjautumisia järjestelmään, eivät läpäisseet kurssia.

Kurvisen ja kumppaneiden (2020, 57, 59) mukaan oppimisanalytiikan avulla voidaan lisätä oppilaiden aktiivista roolia matematiikan opiskelussa, kun tehtävät arvioituvat automaattisesti ja tarjoavat välitöntä palautetta. Palautteen on tarkoitus tarjota oppilaalle joko positiivista vahvistusta tai mahdollisuus itse ymmärtää, mikä ratkaisussa on mennyt väärin. Palaute voi myös tarjota esimerkiksi vinkin strategiasta, jolla tehtävä kannattaisi ratkaista. Toiseksi harjoitusten satunnaistaminen mahdollistaa tehtävien tekemisen useita kertoja ja mielekkään kokemuksen harjoittelusta oppilaalle. Kolmanneksi automaattisesti kerääntyvä data oppilaiden suorittamista tehtävistä kertoo opettajalle oppimistuloksista ja antaa mahdollisuuden jatkuvalle arvioinnille lisäämättä opettajan työtaakkaa.

Suomessa matematiikan opetus on tyypillisesti syklistä, eli samoja aiheita opiskellaan joka vuosi käsittelyä vähitellen syventäen. Oppilaat kuitenkin unohtavat helposti jotkut aiheet, vaikka niitä käsitellään joka vuosi. Tähän haasteeseen voidaan vastata kertaamalla haastaviksi koettuja aiheita, kuten murtolukuja ja desimaalilukuja, pitkin vuotta muiden aiheiden

opiskelun yhteydessä, mikä on mahdollista vaivatta oppimisanalytiikan avulla. Lisäksi matematiikan opiskelussa on tärkeää, että virheiden tekeminen on sallittua, eikä niistä tai uudelleen yrittämisestä raketeta. Oppimisanalytiikan avulla voidaan mahdollistaa rajaton määrä yrityksiä niin, että parhain suoritus ja korkeimmat pisteet jäävät voimaan. Tämä tekee matematiikan opiskelusta oppilaalle turvallista ja lisää itseluottamusta. (Kurvinen ym. 2020, 58, 61.)

2.3 Formatiivinen arviointi oppimisanalytiikan keskeisenä elementtinä

Arvioinnista puhuttaessa käytetään usein käsitteitä diagnostinen, summatiivinen ja formatiivinen. Diagnostisella arvioinnilla tarkoitetaan ennakkotietojen selvittämistä. Summatiivinen arviointi puolestaan tarkoittaa kokoavaa arviointia, joka tapahtuu oppimisprosessin lopuksi. Summatiivisen arvioinnin ohella saatetaan käyttää termiä oppimiseen kohdistuva arviointi (engl. Assessment of Learning). Formatiivisella arvioinnilla puolestaan viitataan oppimisprosessin aikana tapahtuvaan arviointiin. Sen ohella saatetaan käyttää käsitettä arviointi oppimista varten (engl. Assessment for Learning). (William & Thompson 2007, 15.) Formatiivisen arvioinnin avulla pystytään toteuttamaan oppimisprosessin aikaisen ohjaamisen ja tukemisen tehtävää sekä havainnollistamaan oppilaan oppimisprosessia (vrt. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014, 51; Lukion opetussuunnitelman perusteet 2019, 45).

Formatiivisen arvioinnin määrittelemisen ei ole yksiselitteistä. Black ja William (1998, 7–8) ovat tulkinneet sen kaikkena opettajan ja oppilaiden toimintana, joka tuottaa tietoa opetuksen ja oppimisen mukauttamiseksi. Formatiivisen arvioinnin avulla paitsi tuetaan yksilöllisiä oppimispolkuja myös muovataan opetusta tehokkaammaksi (Ginsburg 2009, 110). Atjonen (2023, 8) lisää, ettei kyseessä ole vain väline, vaan enemmänkin pedagogiseen toimintaan integroitava prosessi. Yhteistä erilaisille määritelmille on se, että formatiivisen arvioinnin tavoitteena on kannustaa ja ohjata opiskelijan oppimista. Ohjausta ja kannustusta voi toteuttaa esimerkiksi antamalla palautetta opiskelijoiden suorituksista. Palaute kertoo oppimisprosessin sen hetkisestä tilasta sekä opiskelijalle että opettajalle. (Timmers, Walraven & Veldkamp 2015, 2.)

Williamin ja Thompsonin (2007, 66–67) mukaan oppimisessa ja opettamisessa on kolme keskeistä elementtiä, joista opettaja on perimmäisessä vastuussa. Opettajan tulee olla tietoinen siitä, missä oppilaat ovat tällä hetkellä oppimisprosessissaan, mihin he ovat tähtäämässä ja mitä tulee tehdä, että päästään haluttuun lopputulokseen. Formatiivisessa arvioinnissa on kyse

paitsi näiden asioiden selvittämisestä myös siitä, että opettaja voi luoda tehokkaan oppimisympäristön, jossa myös oppilaan on mahdollista ottaa vastuuta omasta oppimisestaan. Tällaisessa oppimisympäristössä formatiivinen arviointi näyttäytyy oppilaille selvinä ja läpinäkyvinä oppimistavoitteina ja arviointikriteereinä, oppilaiden ymmärrystä herättelevinä oppimiskeskusteluina, oppimista edistävänä palautteena sekä oppilaiden aktiivisuutena omassa ja vertaisten oppimisprosesseissa.

Palaute on formatiivisen arvioinnin keskeinen elementti. Palaute tarkoittaa tietoa siitä, kuinka onnistuneesti jotakin asiaa tehdään tai on tehty. Keskeistä on, että palautteen sisältämä informaatio tavoittaa sekä opettajan että oppilaan ja että molemmat voivat sen avulla mukauttaa toimintaansa. (Sadler 1989, 121–122.) Kun automatisoitu palaute tulee heti tehtävään vastaamisen jälkeen, puhutaan välittömästä palautteesta. Palautteen avulla oppilas voi korjata havaittuja virheitä ja väärinymmärryksiä sekä kehittää tehokkaita ongelmanratkaisu- ja itsesäätelytaitoja (van der Kleij, Feskens & Eggen 2015, 477–478.)

Hattien ja Timperleyn (2007, 86) mukaan palautteen tarkoituksena on helpottaa nykyisten ja tavoiteltujen oppimistulosten välistä kuilua. Teknologia-avusteisuus voi nopeuttaa palautteen saamista ja lisätä saadun palautteen määrää (Kurvinen ym. 2020, 52). Tempelaar, Heck, Cuypers, van der Kooij ja van de Vrie (2013, 206) toteavat, että ilman teknologia-avusteisuutta on oikeastaan mahdotonta edes ajatella oikein ajoitetun formatiivisen palautteen saamista. Teknologia-avusteisuudella on lukuisia muitakin hyötyjä oppimiselle ja opiskelulle. Sen avulla voidaan kehittää oppijan metakognitiivisia taitoja ja itseohjautuvuutta autonomian kokemusten ansiosta (Barana, Conte, Fioravera, Marchisio & Rabellino 2018, 1018) ja lisäksi kaventaa vuorovaikutuksessa olevien sidosryhmien välisiä kuiluja (Christopoulos, Kajasilta, Salakoski & Laakso 2020, 60).

Formatiivista arviointia voidaan toteuttaa eri tavoilla riippuen siitä, kuinka informaatiota kerätään, miten palaute annetaan ja kuinka muodollista arviointi on (Nieminen, Hähkiöniemi, Leskinen & Viiri 2015, 101). Teknologia-avusteisuus tuo arviointiin lukuisia etuja. Informaatiota on vaivatonta kerätä ja tallentaa, ja se on helposti eri osapuolten saatavilla myös jälkikäteen esimerkiksi yhteisissä keskusteluissa. (Atjonen ym. 2019, 40). Dokumentointi tukee myös puolueettomuuden tavoitetta, sillä opettaja ei voi perustaa päätöksiään pelkästään muistitietoon (Atjonen 2023, 66). Vainio (2018, 10–11) huomauttaa, että oppimisanalytiikan avulla voidaan kerätä arviointiin tarvittavaa konkreettista näyttöä, mutta sen tarkoituksena ei

ole mittaaminen tai oppilaan osaamisen hyväksi tai huonoksi osoittaminen.

Oppimisanalytiikan tavoite on oppimisen tukeminen ja oppimismotivaation ylläpitäminen.

Matematiikan opetus ja siten myös formatiivinen arviointi perustuu aina ymmärrykseen matemaattisesta tiedosta ja sen luonteesta. Lisäksi arvioinnissa tulee ymmärtää erilaisia kehityskaaria ja lapsen ajattelua sekä huomioida mahdollisia esteitä, kuten oppimateriaaleja, opetusta ja matematiikka itsessään. Tämän jälkeen voidaan tarkastella sitä, mitä yksilö tuottaa tehtävään. (Ginsburg 2009, 115, 119, 126.) Christopoulos ja kumppanit (2020, 73) korostavat, ettei matemaattinen osaaminen ja sen kehittyminen ei ole vain harvojen lahjakkaiden oppilaiden oikeus, vaan erilaisten oppijoiden osaamista voidaan kehittää muun muassa oppimisanalytiikan tarjoaman automatisoidun ja yksilöidyn palautteen avulla.

Baranan ja kumppaneiden (2018, 1019) kehittämä STEM-aineille tarkoitettu automatisoidun formatiivisen arvioinnin ja interaktiivisen palautteen malli korostaa kuutta keskeistä ominaisuutta. Ensinnäkin tehtävien tulee olla aina opiskelijoiden saatavilla, jotta opiskelija voi yrittää niitä omaan tahtiin ilman yritysten lukumäärää rajoittamatta. Toiseksi kysymysten ja vastausten tulisi olla algoritmipohjaisia eli samaan periaatteeseen perustuvia mutta joka yrittämällä esimerkiksi lukuarvojen osalta muuttuvia. Kolmanneksi mallissa tulisi välttää monivalintakysymyksiä ja hyödyntää niiden sijaan avoimia vastauskenttiä. Mallin neljäs ja viides ominaisuus kattavat välittömän ja interaktiivisen palautteen. Oleellista on, että opiskelija saa palautteen, kun tämä on vielä keskittynyt tehtävään. Interaktiivisuutta voidaan hyödyntää esimerkiksi tilanteessa, jossa opiskelija on vastannut tehtävään väärin. Tällöin ratkaisu voidaan käydä vaihe vaiheelta. Viimeiseksi malli korostaa kontekstuaalisuuden tärkeyttä. Tehtävien tulisi linkittyä opiskelijoiden todellisuuteen.

3 Tutkimusongelmat

Tämän tutkimuksen tavoitteena on tarkastella, miten oppimisanalytiikkaa ja oppimisen hallintajärjestelmiä käytetään matematiikan opetuksessa ja opiskelussa. Tutkimuksessa ollaan lisäksi kiinnostuneita siitä, millaisia hyötyjä ja toisaalta rajoituksia oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien hyödyntämiseen liittyy matematiikan opetuksen ja opiskelun näkökulmista. Tutkimustavoitteen pohjalta tutkimusongelmat muotoutuivat seuraavanlaisiksi:

1. Millaisia käyttötarkoituksia oppimisanalytiikalla ja oppimisen hallintajärjestelmillä on matematiikan opetuksessa ja opiskelussa julkaisujen mukaan?
2. Millaisia hyötyjä oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien hyödyntämiseen liittyy matematiikan opetuksessa ja opiskelussa julkaisujen mukaan?
3. Millaisia rajoituksia oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien hyödyntämiseen liittyy matematiikan opetuksessa ja opiskelussa julkaisujen mukaan?

Ramlin ja kumppaneiden (2019, 440–444) katsauksen mukaan tutkimuksissa on oltu pitkälti kiinnostuneita oppimisanalytiikan roolista matematiikan opetuksen ja oppimisprosessin kehittämisessä. Toisena keskeisenä tarkoituksena on ennustaa opiskelijoiden menestymistä. Lisäksi oppimisanalytiikkaa käytetään matematiikan kurssien arvioinnin välineenä etenkin korkeakoulukontekstissa. Kurssit ovat keskittyneet kriittisiin aiheisiin, kuten differentiaali- ja integraalilaskentaan (engl. Calculus), tilastotieteeseen, geometriaan ja STEM-aiheisiin, ja ne on järjestetty tuutorointijärjestelmien, avointen verkkokurssien ja oppimisen hallintajärjestelmien avulla. Tällaisten oppimisympäristöjen katsottiin sopivan erityisesti korkeakouluopintoihin, eikä niinkään peruskouluun. Du ja kumppanit (2021, 60) toteavat, ettei suurien tietomassojen kerääminen ole myöskään niin yleistä peruskoulussa.

Dun ja kumppaneiden (2021, 57–58) meta-analyysin mukaan oppimisanalytiikan keskeisenä käyttökohteena on opiskelijoiden suoriutumisen ennustaminen. Suoriutumista pyritään ennustamaan useimmiten opiskelijoiden käyttäytymisestä kerätyn datan perusteella ja vertaamalla sitä loppukokeessa pärjäämiseen. Toisena käyttötarkoituksena on opettajan ja opiskelijoiden päätöksenteon tukeminen ja palautteen tarjoaminen sekä opiskelijalle että opettajalle. Oppimisanalytiikkaa hyödynnetään lisäksi erilaisten käytösmallien havaitsemiseen ja mallintamiseen sekä opintojen keskeyttämisvaaran havaitsemiseen ja luokalleen jäämisen ehkäisemiseen. Hernández-de-Menéndez ja kumppanit (2022, 1228) puolestaan ovat

todenneet, että oppimisanalytiikka on käytännöllinen lähestymistapa oppilaiden oppimisen selvittämiseksi ja oppimisympäristön mukauttamiseksi heidän tarpeisiinsa sopiviksi. He luonnehtivat oppimisympäristön personointia välttämättömäksi nykypäivänä niin kuin opiskelijoiden aktiivista roolia. Oppimisanalytiikan käytön lopullisena tavoitteena on antaa opiskelijoille valtaa hallita omaa oppimistaan.

Aiemman tutkimuskirjallisuuden mukaan oppimisanalytiikan hyödyt liittyvät keskeisesti monipuolisen palautteen saamiseen. Lisäksi tieteellisessä tutkimuksessa on saatu viitteitä siitä, että digitaalinen formatiivinen arviointi olisi positiivisesti yhteydessä oppilaiden oppimistuloksiin ja edistäisi monipuolisesti oppimisprosesseja. (Atjonen 2023, 66, 80.) Ebnerin ja Schönin (2013, 17) mukaan oppimisanalytiikka tarjoaa taloudellisen keinon seurata yksityiskohtaisesti oppilaiden ratkaisuja, mikä ei olisi mahdollista perinteisemmin menetelmin opiskeltaessa. Lisäksi oppimisanalytiikan tarjoama tieto on peräisin harjoituksista ja tehtävistä, joita on tehty. Näin ollen informaatio kuvaa juuri niitä taitoja, joita on harjoiteltu ja on ollut tarkoitus tietyn jakson aikana oppia ja arvioida. (Kurvinen ym. 2020, 52.)

Van der Kleij'n ja kumppaneiden (2015, 475) mukaan oppimistulosten paranemiselle ei kuitenkaan löydy aina tarvittavia perusteluja. Ellis (2013, 662) tähdentää, että oppimisanalytiikkaan liittyvät julkaisut voivat antaa teoriassa lupaavia näkökulmia datan eduista, mutta on epäselvää, miten data todellisuudessa ja käytännössä hyödyttää oppimisprosessin eri osapuolia. Atjosen (2023, 80) mukaan oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien rajoitukset linkittyvät pitkälti teknisen joustavuuden puutteeseen. Matematiikan tietokoneavusteisen formatiivisen arvioinnin haasteeksi on todettu se, että opiskelija ei aina tiedä, missä muodossa vastaus tulisi syöttää ohjelmaan. Lisäksi matematiikan kirjoittaminen tietokoneella on koettu haastavaksi. Näihin haasteisiin pystytään vastaamaan muun muassa antamalla malleja halutusta vastausmuodosta. (Barana ym. 2018, 1024–1025.)

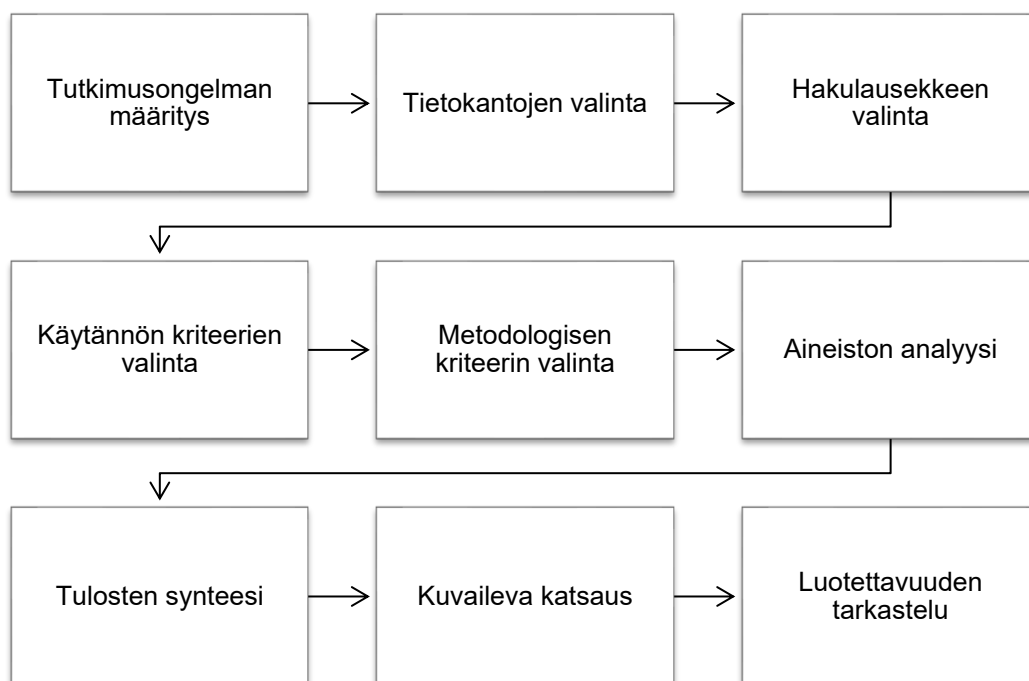
Näin ollen voidaan olettaa, että tässä kirjallisuuskatsauksessa oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttötarkoitukset liittyvät pitkälti opetuksen ja oppimisprosessien kehittämiseen ja mukauttamiseen, akateemisen menestyksen ennustamiseen sekä arviointiin ja palautteeseen. Lisäksi voidaan olettaa, että julkaisuissa havaitaan hyötyjä, jotka liittyvät palautteen saamiseen ja parempiin oppimistuloksiin sekä resurssien ja informaation puolueettomuuden näkökulmiin. Haasteiksi puolestaan saattavat aiempien tutkimusten valossa osoittautua joustamattomuus ja tarvittavien perusteluiden ja käytännön hyötyjen puutteet.

4 Tutkimusmenetelmä

Tässä tutkimuksessa hyödynnetään kvalitatiivista eli laadullista tutkimusotetta. Tarkemmin ottaen kyseessä on systemaattinen kirjallisuuskatsaus. Kirjallisuuskatsaus on teoreettinen tutkimus, jossa pyritään syventämään ymmärrystä tutkittavasta asiasta hyödyntämällä jo olemassa olevaa tutkimustietoa ja -tuloksia (Tuomi & Sarajärvi 2018, 101). Tässä luvussa esitellään tutkimusmenetelmään liittyviä näkökulmia. Ensiksi kuvataan aineistonkeruuta ja sen avulla saatua aineistoa. Tämän jälkeen siirrytään kuvaamaan aineiston analyysia, joka toteutettiin aineistolähtöisellä sisällönanalyysillä teemoitellen. Lopuksi pohditaan menetelmän eettisyyteen ja luotettavuuteen liittyviä seikkoja.

4.1 Aineistonkeruu

Kirjallisuuskatsaus toteutettiin Finkin (2005, 3, 54) mallia mukailien (ks. kuvio 1). Prosessi alkoi tutkimusongelman asettamisesta. Tutkimusongelmaksi valikoitui oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien hyödyntäminen osana matematiikan formatiivista arviointia. Tämän jälkeen valittiin bibliografiset tietokannat, joista tutkimuksen aineisto kerättiin. Tietokannoiksi valikoituivat Scopus, ERIC (EBSCO) ja ProQuest, sillä ne ovat keskittyneet kasvatustieteiden, luonnontieteiden, teknologian ja opetusteknologian julkaisuihin.



Kuvio 1. Kirjallisuuskatsauksen vaiheet Finkin (2005, 3, 54) mallia mukailien

Haut tapahtuivat helmikuussa 2023. Kaikissa tietokannoissa käytettiin samaa hakulauseketta: `mathematic* AND ("learning analytic*" OR "educational data mining" OR "learning management system") AND ("formative assessment" OR "formative evaluation" OR "assessment for learning")`. Hakulauseke kohdennettiin tietokannan mukaan joko otsikkoon, abstraktiin ja avainsanoihin tai koko tekstiin. Haku kohdistettiin formatiiviseen arviointiin, sillä se liittyy keskeisesti oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttöön (ks. esim. Atjonen 2023, 70), mutta tarkastelua päätettiin laajentaa tutkimusprosessin edetessä koskemaan yleisemmin matematiikan opetusta ja opiskelua. Näin ollen tutkimusongelma muovautui tutkimusprosessin edetessä (vrt. Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2018, 126).

Käytännön seulan asettamisessa hyödynnettiin seuraavia kriteerejä: saatavilla verkossa, englanninkielinen ja vuoden 2010 jälkeen julkaistu. Aikarajaksi asetettiin vuosi 2010, sillä oppimisanalytiikka on yleistynyt ja kehittynyt etenkin viimeisen vuosikymmenen aikana (ks. esim. Tempelaar, Rienties & Giesbers 2015a, 157; Li & Wong 2020). Tietokannat, hakusanat ja kriteerit varmistettiin työn ohjaajalta. Metodologisena kriteerinä oli julkaisun relevanttius suhteessa tutkimusongelmiin.

Scopus-tietokannasta löytyi 31 tulosta, joista 23 täytti kriteerit ja vaikutti tutkimustehtävän kannalta relevanteilta. ERIC-tietokanta antoi samalla hakulausekkeella 20 tulosta, joista kahdeksan artikkelia olivat uusia, täyttivät kriteerit ja vaikuttivat tutkimustehtävän kannalta relevanteilta. ProQuest-tietokanta tarjosi 10 tulosta, joista kolme oli uusia, täytti kriteerit ja vaikutti tutkimustehtävän kannalta relevantilta. Näiden 34 tuloksen lähdeluettelot käytiin läpi etsien tutkimusongelmien kannalta relevantteja tuloksia, jotka eivät tulleet tietokantoihin kohdistetuissa hauissa. Lähdeluetteloista löydettiin vielä neljä lisätulosta, jotka olivat saatavilla, täyttivät kriteerit ja koettiin tutkimustehtävän kannalta relevanteiksi. Aineiston lukemisen yhteydessä huomattiin, että viisi julkaisua eivät lopulta soveltuneet aiheen puolesta osaksi aineistoa, ja ne karsiutuivat lopullisesta aineistosta pois.

Tutkimuksen lopullinen aineisto koostui 33 tuloksesta, jotka on esitelty liitteessä 1. Julkaisuista 21 oli tutkimuslehdissä julkaistuja tutkimusartikkeleita ja 11 puolestaan konferenssijulkaisuja. Artikkeleita oli julkaistu aikavälillä 2012–2023 yhdestä viiteen joka vuonna lukuun ottamatta vuotta 2018. Noin puolet tutkimuksista oli toteutettu Euroopassa. Sen lisäksi tutkimuksia oli Aasiasta, Pohjois- ja Etelä-Amerikasta, Afrikasta ja Australiasta. Yli puolessa julkaisuista kohderyhmänä oli kolmannen asteen opiskelijat. Kolme tutkimusta

kohdistui opettajiin, viisi alakoululaisiin, kolme yläkoululaisiin ja yksi sekä yläkoulun oppilaisiin että heidän opettajiinsa. (ks. liite 1.)

Kun lopullinen aineisto oli saatu kasaan, suoritettiin itse katsaus ja synteesi tuloksista. Teknisen raportoinnin jälkeen tehtiin kuvaileva katsaus, joka toteutettiin aineistolähtöisen sisällönanalyysin keinoin teemoittelemalla. Lisäksi pohdittiin menetelmän luotettavuutta. (vrt. kuvio 1.) Seuraavassa alaluvussa kuvaillaan sisällönanalyysia ja sen vaiheita.

4.2 Aineiston analyysi

Sisällönanalyysi on laadullisen tutkimuksen perusanalyysimenetelmä, jossa tehdään tulkintoja ja päätelmiä aineiston saattamiseksi käsitteellisempään muotoon (Tuomi ja Sarajärvi 2018, 78, 94). Koski (2020) kutsuu laadullisen tutkimuksen analyysitapaa dialogiseksi tematisoinniksi, joka tarkoittaa aiemman tutkimuksen, teoreettisen ja metodologisen ajattelun, aineiston, kontekstuaalisen tiedon ja tutkijan oman ymmärryksen vuoropuhelua analyyseja ja tulkintoja työstettäessä. Aineistosta muodostetut teemat asetetaan ikään kuin uudelleen dialogiin teoreettisen ja kontekstuaalisen tiedon kanssa, ja tämän perusteella vastataan tutkimuskysymyksiin. Tutkimusprosessin aluksi kerrytetyn teoreettisen taustan on tarkoitus antaa välineitä aineiston ymmärtämiselle ja analyysin työstämiselle, mutta teoriaosuuden täydentäminen tutkimusprosessin edetessä on yleistä, sillä etukäteen on mahdotonta täysin tietää, mihin aineiston käsittely johtaa.

Tässä tutkimuksessa aineisto analysoitiin aineistolähtöisen sisällönanalyysin keinoin ja aineiston järjestelyssä hyödynnettiin teemoittelua. Tuomen ja Sarajärven (2018, 91) mallin mukaan ennen aineiston käsittelyä määritellään analyysiyksiköt tutkimustehtävän perusteella. Tässä tutkimuksessa analyysiyksiköt olivat oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttö, hyödyt ja rajoitteet. Käyttökohteita, hyötyjä ja rajoitteita tarkasteltiin matematiikan opetuksen ja opiskelun näkökulmista. Jokainen aineiston julkaisu luettiin huolellisesti samalla etsien tutkimuskysymysten kannalta relevantteja otteita (vrt. Koski 2020, 163). Otteet merkittiin julkaisuihin korostustyökalulla. Analyysiyksiköiden kannalta relevantit otteet koottiin Excel-tilukoihin siten, että kullekin analyysiyksikölle muodostettiin oma taulukko. Otteet suomennettiin ja pelkistettiin, minkä jälkeen etsittiin samankaltaisia otteita, joita ryhmiteltiin ja käsitteellistettiin alateemoiksi. Alateemoista pyrittiin vielä muodostamaan kokoavia yläteemoja. (vrt. Tuomi & Sarajärvi 2018, 91–92.)

Taulukko 1. Esimerkki teemoittelusta

Alkuperäinen ilmaus	Pelkistetty ilmaus	Alateema	Yläteema
"Despite positive influences on the classroom instruction of teachers, the students in the treatment group did not perform significantly better than those in the comparison group in mathematics achievement - -."	Koeryhmän opiskelijoiden matemaattinen menestys ei parantunut tilastollisesti merkitsevästi verrattuna kontrolliryhmään.	Hyödyn puute	Puutteet
"60 to 70 % of the students used the pen at least on one occasion for solving the math problems - -."	Jopa kaksi kolmasosaa käytti tehtävien ratkaisemiseen kynää ainakin kerran.	Lisäarvon puute	
"The fact is that accurate coding of instructions to the computer is another skill that most instructors do not possess."	Ohjaajilla ei ole välttämättä tarvittavia taitoja oleellisten ohjeiden koodaamiseksi.	Taitojen puute	
"- - there were some questions where feedback didn't seem to show all the computational steps leading to the final answer in the solution."	Tehtävistä saatava palaute ei sisältänyt kaikkia laskennallisia vaiheita, jotka johtavat lopulliseen vastaukseen.	Ohjeiden puute	
"- - lack of access to devices and internet connectivity were one of the major contributors to why some students didn't engage more with the quizzes - -."	Laitteiden ja internet-yhteyden puute oli yksi keskeisimmistä syistä vähäiselle osallistumiselle viikkokyselyihin.	Saavutettavuuden puute	

Yllä olevassa taulukossa 1 on esimerkki teemojen muodostamisesta. Yhdeksi oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien rajoitusten yläteemaksi muodostui puutteet. Puutteiden yläteema koostuu viidestä alateemasta, jotka olivat hyödyn puute, lisäarvon puute, taitojen puute, ohjeiden puute ja saavutettavuuden puute. Alateemojen muodostaminen tapahtui yhdistämällä alkuperäisilmauksista pelkistetyistä ilmauksista samankaltaisuuksia. Taulukossa 1 on esitetty kustakin alateemasta yksi esimerkki, mutta todellisuudessa alateemat muodostettiin useista ilmauksista.

4.3 Menetelmän eettisyydestä ja luotettavuudesta

Tutkimuksen tekeminen kattaa lukuisia valintoja, joiden tarkasteleminen eettisestä näkökulmasta on keskeistä tutkimuksen uskottavuuden kannalta (Eskola & Suoranta 1998, 39). Uskottavuus perustuu siihen, että tutkijan sitoutuu tutkimustyössään hyvään tieteelliseen käytäntöön ja noudattaa sitä koko tutkimusprosessin ajan (Tuomi & Sarajärvi 2018, 111). Tiedeyhteisön tunnustamisen toimintatapojen noudattaminen kuuluu hyvään tieteelliseen käytäntöön. Tutkimustyössä sekä tulosten tallentamisessa, esittämisessä ja arvioinnissa keskeisiä toimintatapoja ovat rehellisyys, huolellisuus ja tarkkuus. Lisäksi tutkimuksen tekemiseen liittyy avoimuus ja vastuullisuus sekä tieteen ja toisten tutkijoiden

kunnioittaminen muun muassa viittaamalla julkaisuihin asiaankuuluvalla tavalla.

Tutkimusprosessi etenee tavallisesti suunnittelusta toteutukseen ja raportointiin, jotka toteutetaan tieteellisen tiedon edellyttämällä tavalla. (Varantola, Launis, Helin, Spoofo & Jäppinen 2012, 6.)

Tässä tutkimuksessa on pyritty seuraamaan tarkasti tutkimuseettisiä ohjeita kaikissa tutkimuksen vaiheissa. Aineiston haussa on pyritty samaan mahdollisimman kattava kuva tutkimuksenkohteesta mitään perusteetta poisjättämättä. Aineiston haun ja käsittelyn vaiheet on kuvattu mahdollisimman yksityiskohtaisesti ja täsmällisesti, ja erilaisten valintojen perusteet on pyritty kertomaan ja perustelemaan avoimuutta ja vastuullisuutta noudattaen. Tulosten esittelyssä on pyritty objektiivisuuteen, ja päätelmiä on tehty perustuen tutkimusaineistossa todettuihin seikkoihin.

Kvalitatiivisessa tutkimuksessa tutkimusongelmat saattavat muuttua ja mukautua tutkimusprosessin edetessä (Hirsjärvi ym. 2018, 126). Tutkimuksen lähtökohtana oli oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttö matematiikan formatiivisen arvioinnin välineenä, ja aineistonkeruu suoritettiin tutkimustehtävän mukaan. Aineiston analyysissä havaittiin kuitenkin useita muitakin oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttökohteita, hyötyjä ja rajoituksia matematiikan opetuksessa ja opiskelussa, joten ne päätettiin sisällyttää osaksi tuloksia. Tämä täytyy huomioida luotettavuustarkastelussa, sillä erilaisilla hakulausekkeilla olisi voitu saada erilaisia tuloksia.

Tässä tutkimuksessa hakulausekkeeseen valittiin vain oppimisen hallintajärjestelmän termi, mutta oppimisen hallintajärjestelmän ohella saatetaan käyttää erilaisia termejä dataa kerääville ja hallinnoiville ohjelmistoille, kuten virtuaalinen oppimisympäristö, älykäs tuutorointijärjestelmä ja verkko-oppimisjärjestelmä (ks. Weller 2007, 2; Dani 2016, 4). Rajaus tehtiin, jotta aineiston koko pysyisi pro gradu -tutkielmaan sopivana, mutta hakulausekkeen laajentaminen erilaisilla termeillä olisi voinut tuottaa erilaisia tuloksia. Lisäksi luotettavuustarkastelussa huomionarvoista on se, että tähän tutkimukseen valittiin kolme tietokantaa, joista aineisto haettiin. Valinta kolmesta tietokannasta tehtiin niin ikään sopivan aineiston koon rajaamiseksi. Muiden tietokantojen hyödyntäminen olisi voinut jälleen tuottaa erilaisia tuloksia.

5 Tulokset

Seuraavaksi esitellään tutkimuksen tuloksia. Tulosten tarkastelussa edetään tutkimusongelmien avulla aloittaen oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käytöstä matematiikan opetuksessa ja opiskelussa. Tämän jälkeen käsitellään oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttöön liittyviä hyötyjä, ja lopuksi paneudutaan rajoitusten näkökulmaan. Koska tarkastelun kohteena on matematiikan opetus ja opiskelu kaikilla koulutusasteilla, tuloksissa käytetään sekä oppilaan että opiskelijan käsitteitä sen mukaan, mistä koulutustasosta kulloinkin puhutaan. Oppilas viittaa peruskoululaisiin, kun taas opiskelijalla tarkoitetaan toisella tai kolmannella astella opiskelevaa.

5.1 Oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttö

Oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttö jakautui neljään yläteemaan, jotka olivat arviointi, matemaattisen osaamisen kehittäminen, opetuksen toteutustapa sekä suoriutumisen ennustaminen. Arviointi-yläteema koostui kahdesta alateemasta, jotka olivat formatiivisen arvioinnin väline sekä vertaisarvioinnin väline. Matemaattisen osaamisen kehittäminen muodostui kahdesta alateemasta: aihealueen opetus ja opettajan ammatillinen kehittyminen. Verkko-opetuksen alusta muodosti opetuksen toteutustapa -yläteeman. Suoriutumisen ennustaminen -yläteema puolestaan jakautui kahteen alateemaan, jotka olivat akateeminen menestys ja kansallisissa testeissä menestyminen. (ks. taulukko 2.)

Taulukko 2. Oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käytön teemat

Alateema	Yläteema	Analyysiyksikkö
Formatiivisen arvioinnin väline	Arviointi	Käyttö
Vertaisarvioinnin väline		
Aihealueen opetus	Matemaattisen osaamisen kehittäminen	
Opettajan ammatillinen kehittyminen		
Verkko-opetuksen alusta	Opetuksen toteutustapa	
Akateeminen menestyminen	Suoriutumisen ennustaminen	
Kansallisissa testeissä menestyminen		

Oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien hyödyntäminen matematiikan arvioinnin välineenä keskittyi pitkälti formatiivisen arviointiin. Herbert, Demskoi ja Cullis (2019) tutkivat uutta menetelmää toteuttaa formatiivista arviointia kauppatieteiden opiskelijoiden matematiikan kurssilla. Tehtävien ja palautteen antamisessa hyödynnettiin oppimisen hallintajärjestelmää ja menetelmää, jossa matemaattisten kaavojen ja lausekkeiden

käyttäminen oli mahdollista ja tehtävien tarkistaminen oli automatisoitu. Azevedon (2015) julkaisussa tarkasteltiin oppimisen hallintajärjestelmässä (Moodle) toteutettuja monivalintakyselyjä matematiikan kurssien jatkuvan formatiivisen arvioinnin välineenä. Zheng, Fancsali, Ritter ja Berman (2019) puolestaan tutkivat yläkoululaisilla käytössä ollutta MATHia-tuutorointijärjestelmää osana formatiivista arviointia ja pyrkivät tarkastelemaan siihen liittyviä teknisiä näkökulmia, rajoituksia ja avoimia kysymyksiä.

Tatiran ja Kariyanan (2022) julkaisussa oppimisen hallintajärjestelmää (Blackboard) käytettiin matematiikan perustutkinto-opiskelijoiden verkkopohjaiseen formatiiviseen arviointiin. Hallintajärjestelmä mahdollisti kahdenlaiset formatiivisen arvioinnin tavat: verkkotestit ja -tehtävät. Verkkotestejä käytettiin myös Avramidesin, Hunterin, Oliverin ja Luckinin (2015) tapaustutkimuksessa, jossa tarkasteltiin yläkoulun opettajien kokemuksia Google Forms -työkalun käytöstä formatiivisen arvioinnin välineenä monitieteisessä STEM-projektissa. Oppimisen hallintajärjestelmiä ja oppimisanalytiikkaa hyödynnettiin itsessään välineenä formatiivisessa arvioinnissa sekä lisäksi apuvälineenä vertaisarvioinnin toteuttamisessa. Myös Isabwe, Reichert ja Nyberg (2012) tarkastelivat konferenssijulkaisussaan vertaisarvioinnin integroimista osaksi insinööriopiskelijoiden matematiikan opetusta iPadeja ja oppimisen hallintajärjestelmää (Fronter) hyödyntäen. Menetelmän avulla palautukset olivat sekä vertaisten että opettajan tarkasteltavissa.

Monet tutkimuksissa oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttö kohdistui tietyn matematiikan aihealueen opetukseen. Esimerkiksi Mavrikisin, Geranioun, Santoksen ja Poulouvilisin (2019) julkaisussa oppimisen hallintajärjestelmää ja oppimisanalytiikkaa käytettiin tutkivan algebran opettamisessa. Kickmeier-Rustin, Hillemannin ja Albertin (2014) julkaisussa puolestaan oppimisanalytiikkaa hyödynnettiin pelillisessä oppimisympäristössä, joka tähtäsi 2.-luokkalaisten jakolaskun oppimiseen. Tutkimuksen pääpaino oli pelillisyyden hyödyissä jakolaskujen oppimiselle, mutta tutkimuksessa eriteltiin lisäksi oppimisympäristön oppimisanalytiikkatyökalujen ja formatiivisen palautteen etuja.

Useissa muissakin julkaisuissa oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttötarkoitus liittyi matemaattisen osaamisen kehittämiseen erilaisilla arvioinnin ja palautteen keinoilla. Rodríguez-Martínez, González-Calero, del Olmo-Muñoz, Arnau ja Tirado-Olivares (2023) selvittivät interventiotutkimuksessaan, onko oppimisanalytiikkapohjaisen formatiivisen arvioinnin avulla tuotetuilla yksilöllisillä kotitehtävillä yhteyttä 5.-luokkalaisten ymmärrykseen murtoluvuista. Kurvisen, Lindénin,

Rajalan, Kailan, Laakson ja Salakosken (2012) konferenssijulkaisun tarkoituksena oli tutkia, millainen yhteys ViLLE-järjestelmällä ja sen antamalla visuaalisella ja välittömällä palautteella on kolmasluokkalaisten desimaalilukujen oppimiseen. Kurvisen ja kumppaneiden (2014) myöhempi konferenssijulkaisu koski interventiotutkimusta, jossa puolestaan selvitettiin, voiko ViLLE-järjestelmän automaattisen arvioinnin ja välittömän palautteen avulla parantaa 1.-luokkalaisten oppimistuloksia peruslaskutoimituksissa.

Juman, Ayeren, Oyengon ja Osangin (2022) tutkimuksessa oppimisen hallintajärjestelmään (Moodle) liitettyä formatiiviseen arviointiin painottuvaa arviointityökalua käytettiin kompleksianalyysin johdatuskurssin arvioinnissa. Goggins, Xing, Chen, Chen ja Wadholm (2015) tarkastelivat tutkimuksessaan pienryhmän vuorovaikutusta ja työskentelyä geometrian opiskeluun tarkoitetun verkkopohjaisen työkalun parissa. Tutkimuksessa testattiin pienryhmätyöskentelyn automaattista arviointia oppimisanalytiikkatyökalun avulla. Thai, Hartup, Colbourn ja Yeung (2019) tutkivat opettajaopiskelijoiden laskutaidon kehittymistä oppimisen hallintajärjestelmässä (Blackboard) kerätyn oppimisanalytiikan avulla. Oppimisanalytiikkaa kerättiin diagnostisten testien avulla.

Lawin, Tobinin, Wilsonin ja Brandonin (2021) julkaisussa oppimisen hallintajärjestelmää (Canvas) käytettiin opiskelijoiden oppimisprosessissa matemaattisten taitojen täydentävällä kurssilla (engl. Precalculus Course). Tarkastelun kohteena olivat erityisesti kokeen tarkistamiseen suunniteltu työkalu ja välittömän palautteen antamiseen suunniteltu työkalu. Työkaluja käytettiin opiskelijoiden toiminnan seuraamiseen oppimisen hallintajärjestelmässä ja tehtävissä kerrytettyjen pisteiden tallentamiseen. Moreno ja Pineda (2020) tutkivat Lawin ja kumppaneiden (2021) tapaan oppimisen hallintajärjestelmään (TICademia) liitetyn formatiivisen arvioinnin välineen merkitystä opiskelijoiden suoriutumiseen matemaattisten taitojen täydentävällä kurssilla (engl. 'Pre-Calculus' Course). Myös Paunan (2017) tutkimuksen tavoitteena oli tarkastella korkeakouluopiskelijoiden differentiaali- ja integraalilaskennan kursseilla (engl. Calculus Courses) käytettyä tietokoneavusteista arviointia. Arviointi toteutettiin oppimisen hallintajärjestelmään (Moodle) integroidun STACK-arviointityökalun avulla.

Kahdessa julkaisussa pyrittiin edistämään tietyn aihealueen oppimista tekemällä oppimisprosessia näkyväksi oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien avulla. Koile, Rust, Chapman, Kliman ja Ko (2016) tarkastelivat konferenssijulkaisussaan, miten kolmasluokkalaisten matemaattisen ajattelua voidaan tehdä näkyväksi visuaalisten esitysten

koneanalyysin avulla. Tavoitteena oli ymmärtää paremmin oppilaiden kerto- ja jakolaskujen oppimista ja tarjota opettajalle tietoa oppilaiden käyttämistä strategioista. Abu-Rayan ja Olsherin (2021) konferenssijulkaisussa STEP-järjestelmää käytettiin 8.–9.-luokkalaisten funktioita koskevien tehtävien visualisoinneissa kuuden eri komponentin avulla. Yhdessä julkaisussa puolestaan pyrittiin kehittämään opettajien ammattitaitoa oppimisanalytiikan tuottamien visualisointien avulla. Lon ja Chenin (2021) tutkimuksen tavoitteena oli testata ja teoretisoida visuaalisen oppimisanalytiikan käyttöä yläkoulun matematiikan opettajien ammatillisessa kehityksessä ja arvioida opettajien koulutuksen yhteyttä oppilaiden matemaattiseen osaamiseen.

Oppimisen hallintajärjestelmiä toimivat matematiikan opetuksen toteutustapana etenkin monimuoto-opetuksessa kontaktiopetuksen ohella. Rahimin, Syamsuddinin, Wahyuddinin ja Usmanin (2022) tutkimuksessa tarkasteltiin kauppatieteiden opiskelijoille suunnattua pakollista talousmatematiikan kurssia, jossa verkko-opetus toteutettiin oppimisen hallintajärjestelmän (Spada) avulla. Samoin Schäferin (2013) konferenssijulkaisussa oppimisen hallintajärjestelmää hyödynnettiin verkossa tapahtuvaan opetukseen ja opiskeluun. Oppimisen hallintajärjestelmää käytettiin lisäksi tasoryhmien muodostamiseen lähtötasotestin perusteella ja yksilöllisen palautteen tarjoamiseen kirjallisessa ja graafisessa muodossa sekä symbolein.

Neljäs keskeinen oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttötarkoitus oli suoriutumisen tunnistaminen. Julkaisuissa tarkasteltiin opiskelijoiden akateemista menetystä. García-Senínin, Arguedasin ja Daradoumisin (2022) tutkimuksessa selvitettiin, miten oppimisanalytiikan käyttäminen on yhteydessä STEAM-aineiden opinnoissa menestymiseen ja itsesäätelytaitoihin. Sekä Danin (2016) että Danin ja Nasserin (2016) julkaisujen tarkoituksena oli tunnistaa korkeakouluopiskelijoiden akateemisen menestymisen potentiaalia älykkään tuutorointijärjestelmän (ALEKS) avulla matematiikan peruskurssilla (engl. The Foundation Mathematics Course).

Julkaisuissa pyrittiin ennustamaan opiskelijoiden suoriutumista keräämällä informaatiota erilaisista opiskeluun liittyvistä näkökulmista. Jia ja Zhang (2019) tutkivat yläkoululaisten aktiivisuutta oppimisen hallintajärjestelmässä ja sen yhteyttä matematiikan opinnoissa menestymiseen. Tutkimuksessa seurattiin matemaattisesti heikkojen opiskelijoiden kehitystä, ja aktiivisuuden osalta keskityttiin tehtäviin kuluneeseen aikaan, tehtyjen tehtävien määrään sekä laatuun. Tempelaar, Heck, Cuypers, van der Kooij ja van de Vrie (2013) puolestaan

keräsivät informaatiota kauppatieteiden yliopisto-opiskelijoiden opiskelutaipumuksia matematiikan ja tilastotieteen kurssilla ja yhdistivät sitä formatiivisista arvioinneista saatuihin tietoihin tarjotakseen käytännöllisen tavan yhdistää oppimis- ja oppijadataa oppimisanalytiikkaa hyödyntäen.

Tempelaar, Rienties ja Giesbers (2014) tarkastelivat oppimisanalytiikan avulla kerätyn datan yhteyttä opiskelijoiden akateemiseen menestykseen. Heidän ensimmäisessä jatkotutkimuksessaan (2015a) pyrittiin tunnistamaan heikkoja opiskelijoita ja ennustamaan akateemista menestystä tarkastelemalla oppimistaipumuksia, jatkuvan formatiivisen arvioinnin seurauksia ja muuta oppimisen hallintajärjestelmän keräämää dataa. Heidän toisen jatkotutkimuksen (2015b) tavoitteena oli löytää selityksiä sille, miksi tehtävään käytetty aika oli yhteydessä tehtävissä pärjäämiselle. Vuonna 2016 julkaistussa kolmannessa jatkotutkimuksessa toistettiin ensimmäisen jatkotutkimuksen (2015a) tutkimusasetelma uudestaan toisella tutkimusjoukolla. Tällä pyrittiin selvittämään oppimisanalytiikkapohjaisen ennustemallin pysyvyyttä ja herkkyyttä (engl. Stability and Sensitivity).

Suoriutumisen ennustaminen liittyi yhdessä julkaisussa oppilaiden pärjäämiseen kansallisissa tasokokeissa. Urrutian ja Arayan (2022) tutkimuksessa käytettiin ConectaIdeas-järjestelmää neljäsluokkalaisten matematiikan opetuksessa. Tutkimuksen keskiössä oli kirjalliset vastaukset avoimiin matemaattisiin kysymyksiin viikoittaisissa verkkopohjaisissa formatiivisissa arvioinneissa ja niiden merkitys ennustettaessa 4.-luokkalaisten suoritusta standardoidussa kansallisessa matematiikan testissä.

5.2 Oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttöön liittyviä hyötyjä

Oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien hyödyt koostuivat viidestä yläteemasta, jotka on esitelty alla olevassa taulukossa 3. Arvioinnin tehtävät -yläteema jakautui kolmeen alateemaan: formatiivinen ja diagnostinen arviointi sekä välitön palaute. Osaamisen kehittyminen -yläteema muodostui yhdestä alateemasta, joka oli oppimistulosten paraneminen. Informaation saanti -yläteema muodostui automaattisesti kerääntyvän datan, datan arviointien, analysointien ja visualisointien, oppimisprosessin seurannan ja tukemisen, yksilöllisen tuen sekä opetuksen mukauttamisen alateemoista. Resurssien yläteema puolestaan koostui kustannustehokkuuden, rajattomuuden, generoitujen ja satunnaisten tehtävien, opettajan työtaakan keventymisen ja käytännöllisyyden alateemoista. Oppijan vastuu

-yläteema jakautui neljään alateemaan, jotka olivat itsenäisyys, riippumattomuus, sitoutuminen ja valinnanmahdollisuudet. (ks. taulukko 3.)

Taulukko 3. Oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttöön liittyviä hyötyjä

Alateema	Yläteema	Analyysiyksikkö
Formatiivinen arviointi	Arvioinnin tehtävät	Hyödyt
Diagnostinen arviointi		
Välitön palaute		
Oppimistulosten paraneminen	Osaamisen kehittyminen	
Automaattisesti kerääntyvä data	Informaation saanti	
Datan arvioinnit, analysoinnit ja visualisoinnit		
Oppimisprosessin seuranta ja tukeminen		
Yksilöllinen tuki		
Opetuksen mukauttaminen		
Kustannustehokkuus	Resurssit	
Rajattomuus		
Generoidut ja satunnaiset tehtävät		
Opettajan työtaakan keventyminen		
Käytännöllisyys		
Itsenäisyys	Oppijan vastuu	
Riippumattomuus		
Sitoutuminen		
Valinnanmahdollisuudet		

Julkaisuissa esitettiin perusteita sille, että oppimisanalytiikka ja oppimisen hallintajärjestelmät pystyvät tavoittamaan arvioinnin erilaisia tehtäviä, ja ne koettiin hyödylliseksi jatkuvan arvioinnin tarkoituksessa. Zheng ja kumppanit (2019) totesivat tutkimuksessaan, että tuutorointijärjestelmässä toteutettu oppimisprosessin aikaisen formatiivisen arvioinnin etuna on oikea-aikaisuus ja että formatiiviset arvioinnit voivat parhaimmillaan jopa korvata vuoden päätteeksi toteutettavat standardoidut kokeet. Rodríguez-Martínezin ja kumppaneiden (2023) tutkimuksen tulokset indikoivat niin ikään sen puolesta, että oppimisanalytiikkaa kannattaisi integroida osaksi perusopetuksen arviointiprosesseja, erityisesti formatiivista arviointia.

Formatiivisen arvioinnin lisäksi oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttö nähtiin toimivaksi myös lähtötason mittaamisessa. Pauna (2017) nosti julkaisussaan esiin oppimisen hallintajärjestelmässä toteutettujen tehtävien mahdollisuuden diagnostisessa tarkoituksessa. Samoin Thain ja kumppaneiden (2019) julkaisussa oppimisen hallintajärjestelmässä toteutetut tehtävät miellettiin diagnostisiksi. Oppimisanalytiikan ja

oppimisen hallintajärjestelmien tarjoamat arvioinnin keinot voivat siis mitata lähtötasoa ja tukea oppimista.

Välitön palaute etenkin formatiivisen arvioinnin keinona nähtiin oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien hyödyksi. Juman ja kumppaneiden (2022) sekä Zhengin ja kumppaneiden (2019) tutkimusten mukaan oppimisanalytiikan keskeisinä etuina matematiikan opiskelussa voidaan pitää välitöntä palautetta ja sen tarjoamaa yksilöllistä tukea. Se nähtiin merkitykselliseksi oppimisprosessien edistämiseksi. Danin ja Nasserin (2016) tutkimuksessa havaittiin, että yksilöllinen välitön palaute on hyödyllistä, sillä opiskelija voi palautteen avulla organisoida, muotoilla ja laskea tehtävän uudelleen. Näin ollen opiskelijan matemaattinen kompetenssi voi saavuttaa taksonomian korkeampia tasoja ja tiedon soveltaminen, analysoiminen, arvioiminen ja luominen on mahdollista.

Julkaisuissa oli havaittavissa erilaisia käytäntöjä sille, missä vaiheessa ja millaista välitön palaute on. Dani ja Nasser (2016) mainitsivat, että toiset järjestelmät antavat palautetta vain lopullisesta ratkaisusta, kun taas toiset järjestelmät tarjoavat palautetta vaihe vaiheelta. Heidän mukaansa välivaiheittain saatu palaute sopii yläkouluun ja toiselle asteelle, kun taas korkeakoulussa vihjeitä ja ohjeita ei enää tarvita niin runsaasti. Kurvisen ja kumppaneiden (2012) julkaisun mukaan ViLLE-järjestelmä antaa välittömässä palautteessa oikean vastauksen lisäksi vaihtoehtoisia esitystapoja ratkaisulle. Kun oppilas vastaa esimerkiksi desimaaliluvun, palautteessa näkyy sama luku myös murtolukuna ja erilaisina visuaalisina esityksinä. Kickmeier-Rustin ja kumppaneiden (2014) mukaan välittömän palautteen käynnistymiselle on mahdollista asettaa raja, joka perustuu joko opettajan päätökseen tai järjestelmän laskemaan todennäköisyyteen kutakin taitoa kohden. Näin ollen tukea on mahdollista kohdistaa oppijalle oikeaan aikaan ja haasteen mukaan.

Matemaattisen osaamisen kehittyminen oli toinen keskeinen oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien etu, ja se nousi esiin useissa julkaisuissa. Kehitys yhdistettiin arvioinnin erilaisiin tarkoituksiin. Formatiivisen arvioinnin ja välittömän palautteen merkitys osaamisen kehittymiselle korostui useassa julkaisussa. Kurvisen ja kumppaneiden (2014) julkaisun mukaan koeryhmän matemaattinen osaaminen kehittyi tilastollisesti merkitsevästi kontrolliryhmää enemmän, kun koeryhmällä oli käytössä ViLLE-järjestelmän tarjoamat automaattisesti arvioituvat tehtävät ja välitön palaute. Jian ja Zhangin (2019) tutkimuksessa havaittiin, että verkkotehtävistä saatava välitön palaute voi auttaa matemaattisesti heikkoja opiskelijoita. Myös Kickmeier-Rustin ja kumppaneiden (2014) tutkimuksen johtopäätösten

mukaan pelillisen oppimisympäristön kyky tarjota formatiivista palautetta paransi oppilaiden oppimista. Tulos ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä, joten tutkimus ei anna riittävää perustetta todellisille hyödyille oppimiselle.

Myös lähtötason mittaamisen koettiin hyödyttävän matemaattista osaamista. Thai ja kumppanit (2019) havaitsivat, että oppimisen hallintajärjestelmän ja oppimisanalytiikan avulla toteutetut diagnostiset testit voivat parantaa opettajaopiskelijoiden matemaattista osaamista. Schäferin (2013) julkaisussa formatiivisen ja diagnostisen arvioinnin yhdistelmä edesauttoi matemaattisen osaamisen kehittymistä, kun opiskelijoille tarjottiin palautetta ja ohjeita personoidusti ja kun heidät oli jaettu tasoryhmiin diagnostisen testin perusteella.

Osaamisen kehittymistä verrattiin yhdessä julkaisussa opiskelijoiden kokemuksiin oppimisen hallintajärjestelmän avulla saadusta palautteesta. Noin puolet Morenon ja Pinedan (2020) tutkimuksen opiskelijoista kokivat formatiivisen palautteen positiivisena. Positiivisesti palautteeseen suhtautuneiden opiskelijoiden suoriutuminen matemaattisten taitojen täydentävän kurssin loppukokeessa oli tilastollisesti merkitsevästi palautteeseen negatiivisesti suhtautuneita parempaa. Osaamisen kehittymiselle oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien avulla esitettiin myös muita selityksiä. Rodríguez-Martínezin ja kumppaneiden (2023) tutkimuksen mukaan oppimisanalytiikan avulla toteutetuilla personoiduilla kotitehtävillä oli positiivinen yhteys oppilaiden ymmärrykseen murtoluvuista. Jia ja Zhang (2019) puolestaan havaitsivat tutkimuksessaan, että aktiivisuus oppimisen hallintajärjestelmässä korreloi positiivisesti kokeissa pärjäämisen kanssa.

Kolmas keskeinen oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttöön liittyvä hyöty oli informaation saanti, joka perustuu datan automaattiseen kerääntymiseen. Danin (2016) mukaan oppimisen hallintajärjestelmän keskeisenä ominaisuutena on niiden kyky tallentaa ja säilöä yksityiskohtia opiskelijan toiminnasta sekä opiskelijan ja järjestelmän välisestä vuorovaikutuksesta. García-Senín ja kumppanit (2022) lisäsivät, että oppimisanalytiikka kerää objektiivista informaatiota, johon erilaiset valinnat ja päätökset voi perustaa subjektiivisten uskomusten ja kokemusten sijaan.

Se, mitä kaikkea informaatiota käyttäjistä sekä käyttäjän ja järjestelmän välisestä vuorovaikutuksesta on saatavilla, vaihteli järjestelmän mukaan. Tempelaar ja kumppanit (2015a) totesivat, että BlackBoard-järjestelmä kerää tietoa parhaimmasta pistemäärästä, tehtävään käytetystä ajasta ja yritysten lukumäärästä. Koilen ja kumppaneiden (2016) mukaan Classroom Learning Partner -järjestelmä kerää oppilaan varsinaisen palautuksen lisäksi kaikki

sellaisetkin yritykset, jotka oppilas on päättänyt poistaa vastauksestaan. Näiden tietojen avulla opettaja voi saada hyödyllistä tietoa siitä, millaisia yrityksiä ja strategioita oppilaille on ollut tehtävän ratkaisemisen aikana.

Automaattisesti kerääntyvän datan lisäksi monien järjestelmien ominaisuuksiin kuului automatisoidut arvioinnit, analyysit ja erilaiset visuaaliset esitykset datasta. Paunan (2017) julkaisun mukaan STACK-järjestelmä osaa automaattisesti analysoida vastausta suhteessa oikean vastauksen vaatimukseen ja pystyy tunnistamaan, onko vastaus kokonaan tai osittain oikein, ja antamaan sen mukaan oikeinkohdistettua palautetta opiskelijalle. Azevedon (2015) mukaan oppimisen hallintajärjestelmän etuna on automaattisesti arvioitua testit ja se, että testien tulosten tilastolliset analyysit ovat helposti opettajan saatavilla. Abu-Raya ja Olsher (2021) totesivat, että opettajat voivat vaivatta seurata erilaisten visualisointien avulla useita eri asioita, kuten taulukosta palautuksien puuttumista tai histogrammista selvästi toisista erottuvia tehtäviä. Lon ja Chenin (2021) tutkimuksen mukaan opettajat saivat luokkahuoneissa kuvatuista videoista tehtyjen visualisointien avulla informaatiota siitä, kuinka sitoutuneita oppilaat olivat luokkahuonekeskusteluun.

Informaation saantiin liittyi muitakin hyötyjä, joista yksi oli oppilaan oppimisprosessin seuraaminen ja tukeminen. Avramides ja kumppanit (2015) mainitsivat tutkimuksessaan Google Forms -työkalun hyödyksi sen, että opettaja voi vaivattomasti seurata ja arvioida projektityöskentelyn etenemistä. Gogginsin ja kumppaneiden (2015) tutkimuksen havainnot olivat samansuuntaisia. Oppimisanalytiikkatyökalujen ansiosta opettaja näkee informaation visuaalisessa muodossa ja suhteessa aikaan, ja se voi auttaa opettajaa ymmärtämään, miten ryhmätyöskentely kehittyy ja etenee. Urrutia ja Araya (2022) puolestaan totesivat, että opettaja voi informaation avulla tarkastella oppilaiden edistymistä ja tehdä ennusteita päättökokeessa suoriutumisen tasosta. Kurvisen ja kumppaneiden (2014) mukaan informaatio on etenkin opettajalle hyödyllistä. Opettaja näkee sen avulla oppilaiden oppimisprosessin pelkän lopputuloksen sijaan ja pystyy samalla refleктоimaan opetuksen tasoa.

Tatiran ja Kariyanan (2022) tutkimuksen mukaan oppimisen hallintajärjestelmät antavat opettajan lisäksi myös opiskelijalle informaatiota oppimisprosessin etenemisestä. Zhengin ja kumppaneiden (2019) tutkimuksessa tunnistettiin analytiikan keskeiseksi hyödyksi informaatio, joka tavoittaa niin ikään sekä oppilaan että opettajan ja jonka avulla voidaan arvioida edistymistä suhteessa oppimistavoitteisiin, saadaan tietoa mahdollisista aukoista ja väärinymmärryksistä sekä pystytään ohjaamaan oppimisprosessia haluttuun suuntaan.

Tempelaar ja kumppanit (2014) totesivat, että informaation avulla opiskelijoiden on mahdollista seurata opintojen edistymistä ja matematiikan aiheiden absoluuttista ja suhteellista hallintaa. Oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien tuottaman informaation avulla on siis mahdollista tukea opiskelijakeskeistä lähestymistapaa, kuten Dani (2016) julkaisussaan mainitsi.

Yhtenä informaation keskeisenä tarkoituksena pidettiin yksilöllisten tarpeiden huomaamista. Mavrikisin ja kumppaneiden (2019) julkaisun mukaan informaation avulla opettaja saa paitsi tietoa luokan yleisestä tilasta myös opiskelijoiden yksilöllisestä etenemisestä ja tarpeista. Yksilöllistä etenemistä voidaan verrata ennalta määrättyihin tavoitteisiin, ja informaation avulla voidaan esimerkiksi antaa yksilöllisiä kotitehtäviä. Lisäksi opettajalla on mahdollisuus saada tietoa oppilaiden statuksesta eli siitä, työskenteleekö oppilas parhaillaan, onko hän passiivinen vai tarvitseeko hän apua.

Yksilöllisen tuen tarjoamiseksi on keskeistä toimia oikea-aikaisesti, mikä on mahdollista oppimisanalytiikan tarjoaman informaation avulla. Rodríguez-Martínezin ja kumppaneiden (2023) julkaisun mukaan informaation avulla pystytään tunnistamaan yksilöllisesti oppilaiden virheitä ja niiden tyyppisiä, tarjoamaan oppilaille lisäharjoitusta oikeinkohdennetusti ja lisäämään ymmärrystä käsiteltävästä aiheesta. Goggins ja kumppanit (2015) lisäsivät, että verkkopohjaisessa työkalussa toteutettujen formatiivisten arviointien keräämän informaation avulla opettajan on mahdollisuus toimia välittömästi haasteiden ilmetessä. Verkkopohjainen työkalu on kehitetty paitsi automaattista arviointia varten myös reaaliaikaisen tuen tarjoamista varten. Danin (2016) mukaan opettajan on oppimisanalytiikan tuottaman informaation avulla mahdollista asettaa yksilöllisiä oppimistavoitteita. Yksilölliset oppimistavoitteet nousivat esiin myös García-Senín ja kumppaneiden (2022) julkaisussa, jonka mukaan oppimisen hallintajärjestelmät voivat toimia jopa apuna inklusion toteuttamisessa, sillä niiden käyttöä on mahdollista mukauttaa henkilökohtaisten tavoitteiden mukaan.

Informaatiolla nähtiin olevan tärkeä rooli myös opetuksen mukauttamisessa.

Oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien tarjoaman informaation avulla oli mahdollista huomata seikkoja, joihin opetuksessa tulisi kiinnittää huomiota paitsi yksilötasolla mutta myös koko luokan kanssa. Paunan (2017) tutkimuksessa korostettiin datan mahdollisuuksia väärinymmärrysten huomioimisessa ja opetuksen mukauttamisessa niiden mukaan. Myös Koile ja kumppanit (2016) ehdottivat, että opettaja voi hyödyntää opetuskeskustelussa pedagogisesti mielenkiintoisia esimerkkejä, joita oppimisanalytiikan

tarjoama informaatio voi paljastaa. Mavrikis ja kumppanit (2019) lisäsivät, että informaatiota voidaan käyttää hyödyksi myös tulevien oppituntien suunnittelussa. Lisäksi oppimisanalytiikkatyökalua voidaan hyödyntää parien muodostamisen tehtävissä suoriutumisen mukaan. Työkalu voi ehdottaa opettajalle opiskelijoita, jotka ovat saaneet tehtävästä erilaisen vastauksen tai ratkaisseet tehtävän eri tavalla, ja nämä opiskelijat voidaan ohjata pareiksi keskustelemaan ratkaisutavoistaan.

Kickmeier-Rust ja kumppanit (2014) esittivät tutkimuksessaan tukea sille, että oppilaista kerätyn tietomäärän avulla opettaja pystyi aggregoida, analysoida ja visualisoida tietoa tavalla, joka hyödyttää oppilaita ja heidän oppimistaan. Pelillisen oppimisympäristön oppimisanalytiikkatyökalujen avulla opettaja saa sekä yksilö- että luokkatasolla tietoa oppimisprosessiin liittyvistä tekijöistä, kuten oppilaiden vastauksista, kokonaisuudessaan tehtävien ratkaisemiseen kuluneesta ajasta, tehtävää kohden keskimäärin kuluva ajasta, virheiden määrästä ja prosentuaalisesta osuudesta, oppilaiden kompetenssin tasosta sekä todennäköisyyksistä, joiden perusteella oppilaille tarjottiin formatiivista palautetta tehtävien ratkaisemisen tueksi.

Neljänneksi oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien hyödyksi koettiin resrssit. Rodríguez-Martínezin ja kumppaneiden (2023) mukaan oppimisanalytiikan avulla voidaan tukea yksilöllisiä oppimisprosesseja kohtuullisin kustannuksin. Toisena resursseihin liittyvänä hyötynä nähtiin rajattomuus. Danin (2016) mukaan oppimisen hallintajärjestelmien etuna on se, että ne eivät rajoita opiskelijoiden määrää. Esimerkiksi massakurssien järjestäminen on siten mahdollista. Kurvinen ja kumppanit (2014) lisäsivät ViLLE-järjestelmän eduksi sen, että se on saatavilla missä vain, eikä sitä ole sidottu tiettyyn laitteeseen.

Kustannustehokkuuden ja rajattomuuden lisäksi oppimisanalytiikka ja oppimisen hallintajärjestelmät koettiin muutenkin taloudellisiksi vaihtoehdoiksi. Paunan (2017) mukaan STACK-järjestelmässä on mahdollista hyödyntää kysymyspohjia, joissa vain parametrit muuttuvat jokaisen kysymyksen kohdalla. Myös Danin ja Nasserin (2016) julkaisussa mainittiin etuna monipuoliset kysymyspankit, joista tehtävä voidaan satunnaisesti osoittaa kullekin opiskelijalle. Dani (2016) lisäsi, että generoituja tehtäviä on kysymyspankeissa yleensä runsaasti saatavilla. Azevedo (2015) mainitsi tutkimuksessaan Moodlen eduksi järjestelmän kyvyn generoida testejä, joihin järjestelmä valitsee satunnaisesti kustakin opettajan määrittämästä kategoriasta kysymyksen. Jälleen opettajalla on mahdollisuus tehdä päätöksiä järjestelmässä, mutta tehtäviin liittyvä automatisaatio helpottaa opettajan työtä.

Kurvinen ja kumppanit (2014) pitivät ViLLE-järjestelmän selkeänä etuna sitä, että se ei kasvata opettajan työtaakkaa, vaikka oppilaat saavat mahdollisuuden tehdä moninkertaisen määrän tehtäviä verrattuna perinteiseen oppikirjaan. Opettajan työtaakkaa helpottaa myös se, että järjestelmästä voi helposti etsiä muiden tekemiä tehtäviä, kursseja ja materiaaleja ja että niitä on kuitenkin mahdollista muokata omiin tarpeisiin sopiviksi. Koile ja kumppanit (2016) nostivat niin ikään julkaisussaan esiin opettajan työtaakkaan liittyvän näkökulman. Automaattisen analyysin ansiosta oppimisanalytiikan tuottama valtava tietomäärä ei aiheuta opettajalle lisätyötä, vaan tiedot ovat tarvittaessa saatavilla.

Lisäksi julkaisuissa arvostettiin myös oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käytännöllisyyttä suhteessa matematiikkaan. Sekä Danin (2016) että Danin ja Nasserin (2016) julkaisujen mukaan verkkopohjaisten järjestelmien etuna pidettiin mahdollisuutta monimediaisuudelle. Tehtäviin on mahdollisuus liittää esimerkiksi kuvioita tai kaavioita, ja opiskelijat pystyvät palauttamaan tehtäviin vastauksia useassa eri muodossa. Dani (2016) lisäsi, että mikäli järjestelmät mahdollistavat simulaatiotyökalujen käytön, kolmiulotteisia kuvioita voidaan järjestelmissä esittää havainnollisemmin pelkän staattisen esityksen sijaan. Myös Koile ja kumppanit (2016) kokivat useiden erilaisten välineiden ja objektien mahdollisuuden hyötyinä. Oppilas pystyy esimerkiksi piirtämään ohjelmaan ja lisäämään vastaukseensa erilaisia elementtejä, kuten lukusuoran. Isabwe ja kumppanit (2012) puolestaan kokivat hyödylliseksi, että opiskelijat pystyivät antamaan vertaispalautetta samalle arkille, johon toinen opiskelija oli jo tehnyt tehtävän.

Oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien viidenneksi hyödyiksi nousi niiden kyky kasvattaa oppijan vastuuta oppimisprosessissa tukemalla opiskelijan itsenäisyyden, riippumattomuuden ja sitoutumisen kokemuksia. Tatiran ja Kariyanan (2022) tutkimuksen mukaan itsenäisyyttä voidaan tukea hyödyntämällä opiskelussa oppimisen hallintajärjestelmiä, jotka ovat opiskelijakeskeisiä ja interaktiivisia. Rahimin ja kumppaneiden (2022) tutkimuksessa todettiin, että opiskelijoiden itsenäisyyden lisäämiseksi tarvitaan monimuoto-opetusta, joka hyödyntää oppimisen hallintajärjestelmän avulla toteutettua verkko-opetusta. Avramidesin ja kumppaneiden (2015) tutkimuksessa valittiin Google Forms työkaluksi, koska sen avulla pystytään lisäämään oppilaiden autonomiaa ja siten myös vastuuta. Ohjat ovat oppilaiden käsissä, mutta opettaja toimii kuitenkin ohjaajana ja seuraa etenemistä. Dani ja Nasser (2016) lisäsivät, että oppijan itseluottamusta ratkaista ongelmia itsenäisesti voidaan tukea oppimisanalytiikan tarjoaman yksilöllisen palautteen avulla.

Sekä Tatiran ja Kariyanan (2022) että Danin ja Nasserin (2016) julkaisujen mukaan opiskelijoilla on pääsy oppimisen hallintajärjestelmiin ajasta ja paikasta riippumatta. Tempelaarin ja kumppaneiden (2014, 2016) tutkimuksissa mainittiin oppimisen hallintajärjestelmän hyötyinä se, että oppilaat pystyvät milloin tahansa tarkistamaan oman edistymisen tilansa. Tällöin opiskelijat pystyivät toteuttamaan opiskelun itselle sopivalla tavalla ja hetkellä sekä tarkastella oppimisprosessin etenemistä, mikä voi osaltaan lisätä paitsi riippumattomuutta myös opiskelijan vastuuta.

Vastuun lisääntyessä keskeistä on opiskelijan sitoutuminen oppimisprosessiin. Lawin ja kumppaneiden (2021) tutkimuksen mukaan opiskelijoiden sitoutumista voidaan lisätä oppimisen hallintajärjestelmään lisättyjen oppimisanalytiikkatyökalujen avulla. Työkalut, kuten kontrolloidut kokeet ja välitön palaute, lisäsivät sivuilla vierailujen määrää, minkä ajateltiin kertovan lisääntyneestä sitoutumisesta. Kurvisen ja kumppaneiden (2014) konferenssijulkaisun mukaan ViLLE-järjestelmä mahdollistaa melkein joka tehtävän kohdalla vaikeustason valitsemisen, mikä voi helpottaa motivaation ja edelleen sitoutumisen ylläpitämistä. Opiskelijoiden sitoutumista voidaan kasvattaa myös oppimista varten tehtävän arvioinnin avulla. Tatira ja Kariyana (2022) totesivat julkaisussaan, että hyvin toteutettuna oppimisen hallintajärjestelmät ja niissä toteutettu formatiivinen arviointi voivat lisätä opiskelijoiden sitoutumista. Herbertin ja kumppaneiden (2019) tutkimuksen mukaan opiskelijoiden sitoutuminen parani, kun formatiivisen arvioinnin keinoja muutettiin. Julkaisussa mainittiin kuitenkin, että arviointia painotettiin aiempaa enemmän, mikä voi osaltaan selittää opiskelijoiden sitoutuneisuutta.

Vastuuta voidaan lisätä myös antamalla oppilaille valinnanmahdollisuuksia. Tempelaarin ja kumppaneiden (2013) tutkimuksessa havaittiin, että oppimisanalytiikan avulla opiskelijan on mahdollista havaita omia heikkouksiaan ja vahvuuksiaan ja mukauttaa toimintaansa näiden tietojen pohjalta. Opiskelija voi tehdä päätöksiä muun muassa siitä, kuinka intensiivisesti harjoittelee kutakin aihetta. Paunan (2017) mukaan opiskelijan autonomiaa voitiin lisätä hyödyntämällä järjestelmää, jossa opiskelijan on mahdollisuus valita, katsooko aihetta koskevan teoriaosuuden ensin vai kokeileeko suoraan harjoitustehtäviä. Tempelaar ja kumppanit (2015a) puolestaan mainitsivat tutkimuksessaan, että oppimisen hallintajärjestelmä antaa oppilaille mahdollisuuden päättää itse, katsooko vaiheittaisia ohjeita tehtävien ratkaisemiseksi vai kokonaisen esimerkkitehtävän. Jos oppilas käyttää näitä ohjeita apunaan järjestelmä generoi uuden samantyyllisen tehtävän eri arvoilla, jotta oppilas voi vielä harjoittaa juuri oppimaansa strategiaa.

Dani (2016) puolestaan totesi, että ALEKS-järjestelmässä opiskelijan on mahdollista valita käsiteltävien aiheiden järjestys. Tutkimuksessa havaittiin kuitenkin, että vain ne opiskelijat, jotka etenivät aiheissa järjestyksessä, säilyttivät harjoittelemansa taidot myös summatiivisessa kokeessa ja sen jälkeen, kun taas satunnaisesti aiheita valinneet opiskelijat eivät. Näin ollen voidaan todeta, että oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttöön liittyy myös rajoituksia, joita tarkastellaan seuraavaksi.

5.3 Oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttöön liittyviä rajoituksia

Oppimisanalytiikkaan ja oppimisen hallintajärjestelmään liittyvien rajoitusten yläteemat olivat puutteet, sopimattomuus matematiikkaan, suppeus ja muut rajoitukset. Hyödyn, lisäarvon, taitojen, ohjeiden ja saavutettavuuden puute muodostivat puutteiden yläteeman.

Sopimattomuus matematiikkaan -yläteema jakautui kolmeen alateemaan, jotka olivat rajoittuneisuus merkintätapojen suhteen, yksinkertaisuus ja kognitiivinen kuormitus. Suppeus-yläteema koostui tutkimuskohteen ja otoskoon alateemoista. Vilpin, uutuudenviehätyksen ja kustannusten alateemat puolestaan muodostivat muut rajoitukset -yläteeman. (ks. taulukko 4.)

Taulukko 4. Oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttöön liittyviä rajoituksia

Alateema	Yläteema	Analyysiyksikkö
Hyödyn puute	Puutteet	Rajoitukset
Lisäarvon puute		
Taitojen puute		
Ohjeiden puute		
Saavutettavuuden puute		
Rajoittuneisuus merkintätapojen suhteen		
Yksinkertaisuus		
Kognitiivinen kuormitus		
Tutkimuskohde	Suppeus	
Otoskoko		
Vilppi	Muut rajoitukset	
Uutuudenviehätys		
Kustannukset		

Useassa tutkimuksessa ei havaittu hyötyä oppimiselle, kun käytettiin oppimisanalytiikkaa tai oppimisen hallintajärjestelmiä. García-Senínin ja kumppaneiden (2022) tutkimuksessa ei saatu tilastollisesti merkittäviä eroja STEAM-aineiden opintomenestyksessä, kun käytössä oli Google Classroom -oppimisympäristöä tai perinteisempi oppimisympäristö. Samansuuntainen

tulos saatiin myös Lawin ja kumppaneiden (2021) tutkimuksessa. Oppimisen hallintajärjestelmän formatiivisen arvioinnin välineiden käyttö ei parantanut tilastollisesti merkittävästi opiskelijoiden suoriutumista. Lon ja Chenin (2021) tutkimuksessa pyrittiin oppimisanalytiikan avulla opettajien ammatilliseen kehittymiseen luokkahuonekeskusteluissa ja puhetoimissa. Opettajien ammatillisesta kehityksestä huolimatta tutkimuksessa ei havaittu tilastollisesti merkittävää eroa opiskelijoiden matemaattiselle menestykselle. Näin ollen oppimisanalytiikan käytön hyöty rajoittui vain opettajiin.

Oppimisen hallintajärjestelmien keräämä data, kuten tehtävään käytetty aika, ei välttämättä tarjoa hedelmällistä tietoa opiskelijoiden oppimisprosesseista tai hyödytä oppimista. Tempelaar ja kumppanit (2013) tähdensivät julkaisussaan, että suuri määrä tietoa vaatii opiskelijoilta kykyä prosessoida tietoa yksilöllisesti. Kaikki oppimisanalytiikan avulla saatava tieto ei välttämättä hyödytä jokaista opiskelijaa. Myöskään liian yksityiskohtaiset ohjeet eivät välttämättä edesauta oppimista. Thain ja kumppaneiden (2019) mukaan matemaattisen osaamisen kehittyminen saattaa selittyä osittain sillä, että opettajaopiskelijat ovat saattaneet useiden yritysten myötä oppia tai painaa mieleensä ratkaisuja testeissä annetuista palautteista. Tällöin heidän laskutaitonsa ei välttämättä ole parantunut, vaan he ovat opetelleet ratkaisut ulkoa.

Hyödyn puutteen ohella julkaisuissa havaittiin viitteitä lisäarvon puutteesta. Tempelaarin ja kumppaneiden (2014) tutkimuksen mukaan data opiskelijoiden oppimistaipumuksista ja formatiivisista arvioinneista tuotti yhdessä riittävän määrän informaatiota, joten oppimisen hallintajärjestelmän antamat tiedot eivät enää tuottaneet lisäarvoa opiskelijoiden menestyksen ennustamiseen tai heikosti suoriutuvien opiskelijoiden huomaamiseen. Tutkimuksessa havaittiin kuitenkin, että data tehtävissä pärjäämisestä ja tehtäväkohtaisesta ajasta voivat toimia vaihtoehtona opiskelijan suoriutumisen ennustamiselle. Jatkotutkimuksessa (2015b) saatiin tilastollisesti merkittävä yhteys tehtävien ratkaisemisen intensiteetin eli käytetyn ajan ja yritysten määrän sekä tehtävissä pärjäämisen välillä. Pidemmällä aikavälillä vahvaa yhteyttä ei tosin ollut, sillä kokeessa pärjääminen ei enää ollut tilastollisesti merkittävästi yhteydessä tehtävien ratkaisemisen intensiteetin muuttujiin.

Isabwen ja kumppaneiden (2012) julkaisun mukaan jopa kaksikolmasosa opiskelijoista käytti jossain vaiheessa kynää ainakin yhden tehtävien ratkaisemiseen. Julkaisun mukaan oppimisanalytiikkatyökalujen ei myöskään koettu vastaavan tarpeeksi hyvin tehokkaan vertaisarvioinnin tarkoitusta. Lisäksi tutkimuksessa ei havaittu selvää hyötyä iPadin käytölle

matemaattisten ongelmien ratkaisemisessa. Hyödyllisyys liittyi oleellisesti siihen, osasiko opiskelija käyttää oppimisen hallintajärjestelmän työkaluja.

Käyttötaitojen puutteet nousivat myös muissa tutkimuksissa keskeisiksi rajoituksiksi. García-Senínin ja kumppaneiden (2022) mukaan osaamattomuus uudessa järjestelmässä saattoi osaltaan selittää esimerkiksi heikkoja oppimistuloksia. Myös Kurvinen ja kumppanit (2014) mainitsivat, että heikot pisteet tehtävissä saattavat selittyä hankaluuksilla käyttää järjestelmää. Ongelmia havaittiin esimerkiksi ääniä hyödyntävien tehtävien tai pelillisten ominaisuuksien yhteydessä. Uusien järjestelmien käyttöä olisi siis syytä harjoitella, jotta niiden käyttö olisi vaivatonta ja helppoa. Tatira ja Kariyana (2022) tutkimuksen mukaan matematiikassa varsinkin vastausten tulee olla tarkkoja ja eksplisiittisiä, ja korrektiin muodon saavuttaminen vaatii teknisten taitojen harjoittelua. Niin ikään Isabwen ja kumppaneiden (2012) tutkimuksessa todettiin, että oppimisen hallintajärjestelmän käyttäminen tehtävien ratkaisemiseksi ja vertaispalautteen antamiseksi vaatii teknisiä käyttötaitoja.

Niin ikään opettajat tarvitsevat taitoja käyttää erilaisia työkaluja ja järjestelmiä. Tatira ja Kariyana (2022) totesivat, että opettajien puutteelliset taidot voivat johtaa siihen, etteivät opiskelijat saa tarvittavien ohjeita järjestelmien hyödyntämiseksi. Tällöin järjestelmien tarjoamia hyötyjä ja potentiaalia ei myöskään saada käyttöön. Myös Avramidesin ja kumppaneiden (2015) tutkimuksessa nostettiin esiin rajoituksena opettajien taitamattomuus oppimisanalytiikkatyökalujen käytössä.

Tarvittavien ohjeiden puute voi rajoittaa sekä opettajaa että opiskelijoita, kun käytetään oppimisanalytiikkaa ja oppimisen hallintajärjestelmiä. Juman ja kumppaneiden (2022) tutkimuksessa havaittiin tarvittavien ohjeiden puutteen olevan yhteydessä esimerkiksi tehtävän ratkaisemiseen, yritysten määrään tai tehtävään käytettyyn aikaan. Virheen sattuessa järjestelmä ei välttämättä pysty tarjoamaan kaikkia tehtävän ratkaisemisen kannalta keskeisiä vinkkejä ja ohjeistuksia opiskelijalle. Toisaalta joskus kyse voi olla myös siitä, että tarvittavat ohjeet ovat saatavilla, mutta opiskelija ei noudata niitä. Moreno ja Pineda (2020) havaitsivat tutkimuksessaan, että opiskelijat eivät aina toimineet formatiivisesti saadun palautteen mukaan.

Oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien puutteet voivat lisäksi liittyä saavutettavuuteen. Sekä Juman ja kumppaneiden (2022) että Tatiran ja Kariyanan (2022) tutkimuksissa havaittiin sähköisten tehtävien haasteena välineiden ja pääsyn puute. Kaikilla opiskelijoilla ei välttämättä ole esimerkiksi internetyhteyttä tai tehtävien tekemiseen

vaadittavia laitteita kotona. Myös Herbert ja kumppanit (2019) nostivat internetyhteyden puutteen yhdeksi keskeiseksi haasteeksi. Vaikka pääsy ja välineet olisi saatavilla, eteneminen voi estyä teknisten haasteiden ilmetessä. Tatiran ja Kariyanan (2022) tutkimuksen mukaan oppimisen hallintajärjestelmien käytön haasteet voivat liittyä teknisen avun puutteeseen haastavan tilanteen hetkellä. Dani (2016) mainitsi julkaisussaan, ettei yksilöllistetyt ohjeiden antamisessa välttämättä hyödynnetä monimediaisuutta, kuten ääntä tai videota, mikä voi osaltaan haitata saavutettavuutta.

Toisena keskeisenä rajoituksena havaittiin oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien sopimattomuus matematiikkaan. Herbertin ja kumppaneiden (2019) mukaan oppimisen hallintajärjestelmät saattavat olla rajoittuneita juuri matemaattisten merkintätapojen suhteen. Ne eivät välttämättä ymmärrä esimerkiksi erilaisten representaatioiden, kuten desimaali- ja murtoluvun, yhteyttä. Myös Dani (2016) nosti esiin julkaisussaan matemaattisten lausekkeiden monitulkintaisuuden kontekstin mukaan. Esimerkiksi kahden luvun välinen piste voidaan tulkita kertolaskuna tai desimaalilukuna.

Sopimattomuus matematiikkaan saattaa myös liittyä siihen, että oppimisanalytiikka ja oppimisen hallintajärjestelmät korostavat liikaa yksinkertaisuutta. Pauna (2017) havaitsi tutkimuksessaan, että automaattisesti arvioituvat tehtävät rajoittuvat matemaattisen kompetenssin yksinkertaisimpien tasojen ja proseduraalisten taitojen harjoittamiseen. Dani ja Nasser (2016) nostivat saman ajatuksen esiin lisäten metakognitiivisten taitojen mittaamisen haasteen. Dani (2016) korosti, että vain viimeisen vastauksen arvioivia järjestelmiä tulisi kehittää siten, että ne tukisivat opiskelijan kykyä ratkaista ongelmia eri ratkaisustrategioilla ja valita sopiva strategia kuhunkin ongelmaan.

Tatiran ja Kariyanan (2022) tutkimuksen mukaan ennalta määrättyjen vastausten kysymykset eivät sovi matematiikan opiskeluun, sillä ne palkitsevat vain oikeasta vastauksesta.

Tutkimuksen mukaan opiskelijat haluavat esittää ratkaisunsa välivaiheineen. Näkyvien välivaiheiden avulla opettajan on myös mahdollista päästä käsiksi solmukohtiin pelkkää vastausta paremmin. Myös Azevedon (2015) tutkimuksessa monivalintakysymykset osoittautuivat vastauskeskeisyyden lisäksi muutenkin rajoittuneiksi. Monivalintakysymykset eivät välttämättä haasta kognitiivisesti, ne pystyvät mittaamaan vain tiettyjä taitoja, ja niihin on haastavaa löytää tarpeeksi harhauttavia vääriä vaihtoehtoja. Lisäksi on mahdollista, että opiskelija arvaa vastauksen. Toisaalta avoimet tehtävät eivät myöskään ole täysin ongelmattomia. Urrutian ja Arayan (2022) mukaan avointen kysymysten ongelma on niiden

kompleksisuus, mikä vaikeuttaa tehtävien tarkistamista. Avramides ja kumppanit (2015) lisäsivät, että monimutkaisten ja -ulotteisten taitojen arvioiminen ja harjoittaminen on haastavaa oppimisanalytiikan avulla.

Monimutkaisempien tehtävien teettäminen koettiin haastaviksi, sillä niiden nähtiin lisäävän opiskelijan kognitiivista kuormitusta. Jia ja Zhang (2019) toivat julkaisussaan esiin huolen oppimisen hallintajärjestelmien monimutkaisten tehtävien aiheuttamasta suuremmasta kognitiivisesta kuormituksesta. Lawin ja kumppaneiden (2021) tutkimuksessa nostettiin sama havainto esiin. Opiskelijoiden heikolle suoriutumiselle ehdotettiin syiksi käsiteltyjen aiheiden haastavuutta ja sen myötä suurempaa kognitiivista kuormitusta. Heidän mukaansa opiskelijoiden kognitiivinen kuorma saattaa lisääntyä entisestään suurempien sitoutumisvaatimuksen myötä. Toisaalta he eivät pitäneet sitä ainoastaan negatiivisena asiana, vaan näkivät sen edesauttavan informaation tallentumista pitkäkestoiseen muistiin.

Kolmas keskeinen oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttöön liittyvä rajoitus oli suppeus. Joissakin tutkimuksissa suppeus liittyi tarkastelun kohteena olevaan aiheeseen, kun taas toisissa tutkimuksissa se koski otoskokoa. Esimerkiksi Danin (2016) tutkimuksessa saatiin tilastollisesti merkitseviä tuloksia, mutta yleistettävyyden takaamiseksi aihetta olisi syytä tutkia vielä laajemmalla otoksella. Jian ja Zhangin (2019) tutkimuksessa puolestaan todettiin, että jatkossa tarvitaan suurempi otoskoko, jotta aihetta voidaan tutkia esimerkiksi tilastollisia menetelmiä käyttäen. García-Senín ja kumppanit (2022) totesivat, että laajemman ja syvemmän tiedon kartuttamiseksi tarvitaan tutkimusta, joka kohdistuu eri alojen opiskelijoihin ja muihin konteksteihin. Jatkossa tarvitaan lisäksi laajempaa tutkimusta matematiikan eri osa-alueiden kehittämisestä. Esimerkiksi Rodríguez-Martínezin ja kumppaneiden (2023) tutkimuksessa tulokset olivat positiivisia, mutta tarkastelu oli rajattu murtolokuihin liittyvän ymmärryksen kehittämiseen.

Muita havaittuja rajoituksia olivat vilppi, uutuudenviehätys ja kustannukset. Juman ja kumppaneiden (2022) tutkimuksessa havaittiin mahdollisuus huijaamiselle, kun viikoittaisissa kyselyissä yhdellä yrittämällä keskiarvoa paremmin pärjänneet opiskelijat eivät läpäisseet lopputenttiä. Epäily sai tukea haastatteluissa, joissa opiskelijat kertoivat huijaamisen olevan yleistä. Samoin Tatiran ja Kariyanan (2022) tutkimuksessa havaittiin mahdollisuus epärehellisyydelle. Sähköisten ja ajasta ja paikasta riippumattomien tehtävien teettäminen mahdollistaa sen, että tehtäviin etsitään vastaukset esimerkiksi internetistä tai että tehtävien suorittajana on joku toinen kuin opiskelija itse. He ehdottavat, että opettajien kannattaisi

kehittää soveltavampia tehtäviä, joihin ei löydy suoraviivaisia vastauksia. Herbert ja kumppanit (2019) korostivat myös huijaamista yhtenä merkittävänä haasteena, kun opetuksessa käytetään oppimisen hallintajärjestelmiä ja arvioitavat suoritukset on mahdollista palauttaa verkossa epäkontrolloidusti.

García-Senín ja kumppanit (2022) nostivat tutkimuksessaan esiin näkemyksen siitä, että opiskelijat saattavat olla aloitteellisempia, kun käytössä on digitaalinen alusta. Myös Kickmeier-Rust ja kumppanit (2014) totesivat tutkimuksessaan, että pelillisen oppimisympäristön käyttäminen oli oppilaille kiinnostavampaa ja motivoivampaa kuin perinteisempi työskentelytapa. Isabwe ja kumppanit (2012) puolestaan mainitsivat tutkimuksessaan, että opiskelijat osoittivat uteliaisuutta ja kiinnostusta uutta työskentelytapaa kohtaan. Samankaltainen havainto tehtiin Kurvisen ja kumppaneiden (2012) tutkimuksessa. Interventiotutkimuksissa on syytä muistaa, että tulokset saattavat osittain selittyä esimerkiksi uutuudenviehätyksellä, jolloin todelliset ja pitkäaikaiset vaikutukset saattavat jäädä toteutumatta.

Edellisessä alaluvussa nostettiin esiin resurssit oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien etuna. Rodríguez-Martínezin ja kumppaneiden (2023) mukaan oppilaat ja opiskelijat voivat saada yksilöllistä tukea oppimisprosessiin kohtuullisin kustannuksin. Tatira ja Kariyana (2022) puolestaan mainitsivat tutkimuksessaan, että järjestelmien käyttäminen aiheuttaa suuria käyttökustannuksia, mikä koettiin rajoittavana tekijänä. Kustannusten osalta voidaan todeta, että ne voivat varmasti vaihdella käytössä olevan järjestelmän mukaan.

Vaikka oppimisen hallintajärjestelmät ja oppimisanalytiikka tarjoavat lukuisia hyötyjä opiskelijalle, niiden käyttöön liittyy myös monia rajoituksia, joita täytyy ottaa huomioon, kun suunnitellaan oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttöä opetuksessa ja opiskelussa. Lisäksi on aiheellista huomioida, että niiden avulla toteutettu opetus ei välttämättä sovi kaikille opiskelijoille. Schäferin (2013) mukaan opiskelijoiden kokemus pelkän oppimisen hallintajärjestelmän käytöstä oli positiivinen mutta kuitenkin alhaisempi kuin kokemus kontaktiopetuksen ja oppimisen hallintajärjestelmän avulla toteutetun opetuksen yhdistelmästä.

6 Pohdinta

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tarkastella oppimisanalytiikkaa ja oppimisen hallintajärjestelmiä osana matematiikan opetusta ja opiskelua. Tutkimuksen fokus oli oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttötarkoituksissa, hyödyissä ja rajoituksissa. Seuraavissa alaluvuissa tarkastellaan tutkimuksen päätuloksia, pohditaan tutkimuksen luotettavuutta ja esitetään jatkotutkimusehdotuksia.

6.1 Tulosten tarkastelua

Oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttötarkoitukset liittyivät arviointiin, joka havaittiin myös Ramlin ja kumppaneiden (2019) katsauksessa keskeiseksi käyttötarkoitukseksi. Useassa tämän tutkimuksen aineiston julkaisussa oppimisanalytiikkaa ja oppimisen hallintajärjestelmää käytettiin arvioinnin välineenä ja erityisesti formatiivisessa arvioinnissa, mikä ei ole yllätys ottaen huomioon tutkimuksen alkuperäisen tavoitteen ja hakulausekkeen. Oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien avulla toteutetun arvioinnin etuna voidaan pitää sitä, että arviointi tapahtui oppimisprosessin aikana ja oppimista edistävässä tarkoituksessa. Näin ollen arviointi pystyy vastaamaan esimerkiksi opetussuunnitelmien (ks. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014, Lukion opetussuunnitelman perusteet 2019) tavoitteisiin.

Formatiivisen arvioinnin keinojen avulla ja niiden lisäksi julkaisuissa tarkasteltiin oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien hyödyntämistä matemaattisen osaamisen kehittämisessä. Kun tarkastellaan matemaattisten taitojen kehittämistä, voidaan todeta, että julkaisuissa tähdättiin suhteellisen yksinkertaisten taitojen harjoittamiseen. Tarkastelun kohteina julkaisuissa olivat muun muassa murtoluvut, peruslaskutoimitukset sekä erilaiset johdantokurssit ja täydentävät kurssit. Tämä antaa aihetta pohtia, soveltuuko oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttö matematiikkaan, jos niiden avulla on mahdollista kehittää pääasiassa faktuaalista ja proseduraalista kompetenssia. Mekaaninen laskutaito on oleellinen osa matemaattista kompetenssia etenkin koulupolun ensimmäisinä vuosina, mutta tulevaisuudessa tarvittavien taitojen näkökulmasta opetuksessa olisi hyvä painottaa konseptuaalista ymmärrystä sekä luovaa päättelyä (ks. Kurvinen ym. 2020; Kettunen ym. 2022).

Ramlin ja kumppaneiden (2019) katsauksen tapaan matemaattisten oppimisprosessien kehittäminen oli yksi keskeisistä käyttötarkoituksista. Julkaisuiden perusteella ei löytynyt

yhteistä linjaa sille, tuottavatko oppimisanalytiikka ja oppimisen hallintajärjestelmät hyötyä oppimiselle. Toisten julkaisujen mukaan osaamisessa havaittiin kehitystä, kun taas toisten julkaisujen mukaan oppimistuloksissa ei tapahtunut muutosta. Kuten Van der Kleij'n ja kumppanit (2015) ovat todenneet, oppimistulosten paranemiselle ei aina löydy tarvittavia perusteluja. Voidaan siis todeta, että parhaimmillaan oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien hyödyntäminen voi parantaa oppimistuloksia ja edesauttaa oppijoiden yksilöllisiä oppimisprosesseja, mutta käytön tulee olla pedagogisesti perusteltua, tarkoituksenmukaista ja hyvin suunniteltua. Erilaiset välineet ja järjestelmät eivät itsessään takaa kehitystä.

Tässä tutkimuksessa havaittiin oppimisanalytiikan mahdollisuus opiskelijoiden menestyksen ennustamisessa, joka on havaittu myös Ramlin ja kumppaneiden (2019) sekä Dun ja kumppaneiden (2021) julkaisuissa. Oppimisanalytiikkajaoston (2021) kategorisoinnin mukaan voidaan puhua myös profiloiva oppimisanalytiikasta. Akateemista menestystä pyrittiin tunnistamaan keräämällä ja analysoimalla tietoa opiskelijoiden erilaisista taipumuksista, kuten tehtäviin käytetystä ajasta ja suoritettujen tehtävien määrästä, sekä tarkastelemalla näiden taipumusten yhteyttä esimerkiksi opintomenestykseen. Tällaiset informaatiot voivat olla antoisia opiskelijoiden potentiaalinn tunnistamisessa, mutta niiden hyödyntämisessä on huomioitava, että oppimisanalytiikka kattaa vain sen osan oppimisprosessista, josta jää digitaalinen jälki (ks. Oppimisanalytiikkajaosto 2021). Näin ollen se ei pysty huomioimaan kaikkia oppimisprosessin kannalta keskeisiä seikkoja, eikä välttämättä anna kokonaisvaltaista kuvaa oppimisprosessista. Esimerkiksi tehtävään käytetty aika ei välttämättä kerro realistisesti siitä, kuinka kauan opiskelijalta on todellisuudessa kulunut tehtävän ratkaisemiseen.

Akateemisen menestyksen lisäksi opiskelutaipumukset ja erilaiset oppimisanalytiikan tuottamat tiedot voivat paljastaa opiskelijoita, jotka voivat olla vaarassa jäädä jälkeen opinnoissaan. Tämän avulla voi olla mahdollista huomioida haasteita oikea-aikaisesti ja jopa ehkäistä koulupudokkuutta (ks. Ramli ym. 2019; Du ym. 2021), mikä on merkityksellistä jokaisen yksilön koulupolun tukemiseksi. Yksilöllisten tarpeiden huomioiminen koettiin muutenkin hyödyksi, jonka oppimisanalytiikka ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttö voi mahdollistaa. Hernández-de-Menéndez ja kumppanit (2022) tähdentävät oppimisprosessien personoinnin jopa välttämättömäksi nykypäivän koulussa.

Dun ja kumppaneiden (2021) katsauksen tapaan oppimisanalytiikka nähtiin tämän tutkimuksen tuloksissa hyödyllisenä päätöksenteossa. Yhdessä julkaisussa nostettiin esiin ajatus siitä, että oppimisanalytiikka tarjoaa puolueetonta tietoa, johon erilaiset päätökset voidaan perustaa uskomusten tai kokemusten sijaan ilman ihmisen myötävaikutusta, mikä on Oppimisanalytiikkajaoston (2021) kategorisoinnin perusteella oppimisanalytiikan pisimmälle viedyn muoto. Vainion (2018, 65) mukaan oppimisanalytiikka ei kuitenkaan ole täysin objektiivista, sillä se perustuu aina tietynlaisille käsityksille oppimisesta ja ihmisyydestä. Tämä antaa aihetta tarkastella, millainen painoarvo voidaan asettaa jonkin järjestelmän tuottamalle tiedolle esimerkiksi oppilaiden arvioinnissa. Toisaalta Kurvisen ja kumppaneiden (2020) mukaan oppimisanalytiikan avulla saadun tiedon voidaan ajatella kuvaavan juuri niitä taitoja, joita on ollut tarkoitus oppia ja arvioida, sillä tiedot ovat peräisin harjoituksista, joita on todellisuudessa tehty.

Tämän tutkimuksen tulokset oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien hyödyistä ovat samansuuntaisia Baranan ja kumppaneiden (2018, 1019) esittämän STEM-aineille kehitetyn automatisoidun formatiivisen arvioinnin ja interaktiivisen palautteen mallin kanssa. Tehtävien riippumattomuus ajasta ja paikasta, yritysten rajattomuus, tehtävien algoritmipohjaisuus sekä tehtävistä saatava välitön palaute tuotiin esille useissa julkaisuissa. Nämä tekijät ovat tärkeitä positiivisten opiskelukokemusten kannalta. Mahdollisuudet ratkoa ongelmia itsenäisesti ja toistaa samantyyppisiä tehtäviä tekevät harjoittelusta mielekäästä, ja oppilaan turvallisuuden tunnetta puolestaan voidaan lisätä sillä, ettei virheistä tai uudelleen yrittämisestä rangaista (vrt. Kurvinen ym. 2020).

Generoidut tehtävät ja niistä saatavat automatisoitu palaute säästävät myös opettajan resursseja. Resurssit koettiin muutenkin oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käytön eduksi. Oppimisanalytiikka ja oppimisen hallintajärjestelmät pystyvät tekemään monet asiat vaivattomiksi lisäämättä opettajan työtaakkaa. Opettajan työssä saattaa olla monia kuormittavia tekijöitä, joten automatisoiduista ja tehokkaista ominaisuuksista ei varmasti ole haittaa (vrt. García-Senín ym. 2022, 37). Opettajalla on kuitenkin mahdollisuus päättää tietyistä asioista ja mukauttaa siten järjestelmien käyttö kuhunkin kontekstiin sopivaksi. Näin vastuu opetusta koskevista päätöksistä säilyy edelleen opettajalla.

Oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käytöstä voi olla hyötyä opettajalle, mutta samalla niiden käyttöön liittyy vastuuta. Opettajan täytyy esimerkiksi pohtia, missä määrin oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttöä kannattaa toteuttaa ja

millainen käyttö on perusteltua. Opettajalle voi esimerkiksi olla hyötyä siitä, että tieto kaikkien oppilaiden reaaliaikaisesta statuksesta on helposti saatavilla, mutta pelkän datan seuraaminen laitteelta ei kuitenkaan korvaa luokkahuoneessa tapahtuvaa kasvokkaista vuorovaikutusta. Kurvisen ja kumppaneiden (2020) mukaan jo yksi oppitunti viikossa on riittävä oppilaiden parempien oppimistulosten saavuttamiseen. Liika turvautuminen teknologiaan ei myöskään ole järkevää, sillä odottamattomat tilanteet, kuten tilapäiset käyttökatkot, ovat mahdollisia. Lisäksi informaation tarkoituksenmukainen hyödyntäminen vaatii opettajalta perehtyneisyyttä sekä tiedonkäsittelytaitoja. Kotsiantis ja kumppanit (2013) totesivat, että laaja analysoimaton tietomäärä ei itsessään kerro siitä, miten tietoa voidaan hyödyntää. Jos opettajilla ei ole ymmärrystä siitä, mitä tietoja kannattaa kerätä ja mitä nämä tiedot kertovat oppilaiden tai opiskelijoiden oppimisprosesseista, oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien hyötyjä ei välttämättä saada valjastettua.

Oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien koettiin lisäävän oppijan vastuuta omasta oppimisprosessistaan kasvattamalla oppijan itsenäisyyttä, riippumattomuutta ja sitoutumista oppimisprosessiin. Nämä näkökulmat nousivat esiin pitkälti korkeakoulukontekstissa toteutetuissa tutkimuksissa, mikä on ymmärrettävää, kun vastuu omista opinnoista on suurimmaksi osaksi opiskelijalla itsellään. Hernández-de-Menéndez ja kumppanit (2022) ovat luonnehtineet oppimisanalytiikan lopulliseksi tavoitteeksi opiskelijan vallan hallita omaa oppimistaan. Tähän tavoitteeseen voidaan tähdätä vähitellen oppijan valinnanvapautta ja samalla vastuuta kasvattamalla. Alakoulussa se voi tarkoittaa esimerkiksi tehtävien vaikeustason valitsemista.

Julkaisuissa havaittiin oppimisanalytiikkaan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttöön liittyviä puutteita. Havainto siitä, että opiskelijat käyttivät oppimisen hallintajärjestelmissä toteutettujen tehtävien ratkaisemiseen kynää ja paperia, antaa aihetta pohtia, tuoko järjestelmien hyödyntäminen lisätyötä lisäarvon sijaan. Lisäksi on oleellista tarkastella, soveltuuko oppimisanalytiikkaa hyödyntävien järjestelmien käyttö matematiikan opetukseen ja opiskeluun, jos välineitä ja työkaluja ei koeta sopiviksi ja niiden lisäksi täytyy hyödyntää muitakin menetelmiä. Hyödyllisyyden ja lisäarvon tarkastelussa huomionarvioista on julkaisujen konteksti. Vaikka tämän tutkimuksen aineiston artikkelit on julkaistu noin vuosikymmenen aikana, erilaiset järjestelmät ja työkalut ovat ehtineet kehittyä jo sinä aikana.

Lisäarvon puutteen lisäksi oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käytössä havaittiin muitakin puutteita, jotka liittyivät muun muassa tarvittaviin taitoihin, ohjeisiin ja

tekniseen apuun. Tarvittavien taitojen puute lienee ratkaistavissa harjoittelemalla käyttötaitoja. Niin oppijat kuin opettajat tarvitsevat harjoitusta, kun opetuksessa aletaan käyttämään uusia järjestelmiä tai työkaluja. Opettajan käyttötaidot ovat siinä mielessä merkitykselliset, että tämä pystyisi tarjoamaan tarvittaessa lisäohjeista ja teknistä apua oppijoille.

Ajasta ja paikasta riippumattomuuden toteutuminen vaatii sen, että järjestelmät ovat opiskelijoiden saavutettavissa. Saavutettavuuden puute oli myös yksi julkaisuissa esiin noussut rajoitus, joka liittyy oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttöön. Kaikilla ei välttämättä löydy kotoa esimerkiksi internet-yhteyttä tai laitteita, kuten tietokonetta tai tablettia, mikä voi estää palautusten tekemisen ja aiheuttaa eriarvoisuutta. Christopoulos ja kumppanit (2020, 73) ovat todenneet, ettei matemaattinen osaaminen ja sen kehittyminen ei ole vain harvoille kuuluva etuoikeus. Tämä on keskeistä muistaa myös oppimisanalytiikkaa ja oppimisen hallintajärjestelmiä hyödynnettäessä. Esimerkiksi kirjallisen, audittiivisen ja visuaalisen tiedon yhdistelmien hyödyntämisen tai yksilöllistettyjen oppimistavoitteiden asettamisen avulla voitaisiin parantaa järjestelmien saavutettavuutta ja erilaisten oppilaiden yhdenvertaisuutta.

Oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käytännöllisyys matematiikan opiskelun kannalta näyttäytyi jokseenkin ristiriitaisena. Toisaalta koettiin hyödylliseksi, että voidaan hyödyntää monimediaisuutta ja useita erilaisia välineitä, toisaalta matemaattisten representaatioiden, kuten kaavojen käyttäminen koettiin toisinaan haastavaksi. Järjestelmien joustamattomuus ja matematiikan kirjoittamisen vaikeus ovat nousseet esiin myös aiemmissa julkaisuissa (ks. Barana ym. 2018; Atjonen 2023). Lisäksi julkaisuissa nostettiin esiin kognitiivisen kuormituksen lisääntyminen monimutkaisissa tehtävissä. Toisaalta liian yksinkertaisien tehtävien koettiin jättävän metakognitiiviset taidot ja niiden kehittämisen liian vähälle huomiolle. Tulos on ristiriidassa Vainion (2018) sekä Baranan ja kumppaneiden (2018) esittämien ajatusten kanssa. Heidän mukaansa oppimisanalytiikan avulla voidaan tukea juuri opiskelijan metakognitiivisia taitoja.

Toisaalta esimerkiksi valinnanmahdollisuudet voivat kehittää opiskelijan metakognitiivisia taitoja ja lisätä samalla vastuuta omasta oppimisesta, kun opiskelija saa itse valita etenemisjärjestyksen tai -tavan. Valinnanmahdollisuuksien antaminen ei ole kuitenkaan täysin ongelmaton. Matematiikan opiskelu on luonteeltaan kumulatiivista (ks. Kurvinen ym. 2012, 41), minkä vuoksi olisi perusteltua, että opiskelu ja opetus etenisivät systemaattisesti. Vaikka

valinnanmahdollisuudet saattavat lisätä opiskelijan sitoutumista ja autonomiaa, on aiheellista pohtia, missä määrin näitä mahdollisuuksia kannattaa opiskelijoille antaa. Satunnaisesti aiheissa eteneminen saattaa tuntua opiskelijalle mielekkäältä, mutta ei välttämättä edistä oppimista pitkällä tähtäimellä.

Baranan ja kumppaneiden (2018, 1019) mukaan formatiivisessa arvioinnissa tulisi välttää monivalintakysymyksiä ja hyödyntää niiden sijaan avointen vastausten kysymyksiä. Myös tämän tutkimuksen tulokset antavat tukea tälle. Julkaisuissa pohdittiin monivalintakysymysten sopivuutta matematiikan opiskeluun. Yhtenä rajoituksena pidettiin oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien vastauskeskeisyyttä ja ennalta määrättyjen vastausten kysymysten yksinkertaisuutta. Avoimissa tehtävissä ei välttämättä voida hyödyntää automaattista arviointia, mutta niiden arvioinnissa voidaan hyödyntää esimerkiksi vertaisarviointia. Lisäksi järjestelmään palautetut ratkaisut säilyvät ja ovat helposti myös opettajan saatavilla. Yhdessä julkaisussa mainittiin, että oppimisen hallintajärjestelmä pystyi keräämään oppilaan varsinaisen palautuksen lisäksi myös ne yritykset, jotka oppilas oli päättänyt jättää pois lopullisesta vastauksestaan. Tällaiset ominaisuudet voivat paljastaa jotakin hedelmällistä, ja ne eivät korosta pelkän vastauksen merkitystä.

Osassa julkaisuissa mainittiin, että järjestelmät pystyvät ohjaamaan tehtävissä vaihe vaiheelta, toisissa palaute tuli vasta, kun oppija on palauttanut viimeisimmän vastauksen. Matematiikan luonteen vuoksi vaihe vaiheelta saatava palaute olisi perusteltua – pelkästä lopullisesta ratkaisusta saatu palaute saattaa tukea liikaa vastauskeskeistä ajattelua ja jättää jotain oleellista vaille huomiota. Lisäksi tehtävänäikaiset ohjeistukset esimerkiksi kirjoitusasusta saattavat olla paikallaan (vrt. Barana ym. 2018), ettei tehtävän ratkaiseminen jää väärästä muodosta kiinni. Silloin heikko tulos ei selity heikolla osaamisella, vaan se liittyy esimerkiksi tarvittavien ohjeiden puutteeseen.

Julkaisuissa mainittiin oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien rajoituksiksi mahdollisuus vilpille. Epäkontrolloiduissa olosuhteissa ei voida varmistua siitä, että opiskelija on itse tehnyt palauttamansa tehtävät. Toisaalta opettaja ei voi varmistua siitäkään, että oppilas tekee esimerkiksi oppikirjasta annetut kotitehtävät itse. Ehkä kontrollia voidaan vähentää siirryttäessä koulutusasteelta toiselle. Kariikoiden alakoulussa oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käytön rajoittaminen oppitunneille ja kotitehtäviin on perusteltua, kun taas kolmannella asteella vastuu omasta oppimisprosessista on oppijalla

itsellään, jolloin esimerkiksi testeihin vastaaminen voidaan sallia ajasta ja paikasta riippumatta.

Vaikka oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttöön liittyy useita rajoituksia, tämän tutkimuksen tulosten mukaan oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käytössä ei havaittu suoranaisia haittoja opetukselle tai opiskelulle, mitä voidaan pitää positiivisena tuloksena. Kuten Ellis (2013) on todennut, oppimisanalytiikkaa koskevat julkaisut voivat antaa teoriassa toiveikkaita näkökulmia datan hyödyistä, vaikka on epäselvää, miten data todellisuudessa ja käytännössä hyödyttää oppimisprosessin eri osapuolia. Sen vuoksi oppimisanalytiikkaan liittyviä rajoituksia on aiheellista pohtia, kun oppimisanalytiikka ja oppimisen hallintajärjestelmät halutaan tuoda osaksi opetusta ja opiskelua. On esimerkiksi oleellista tarkastella, millainen rooli niillä on opetuksessa ja opiskelussa ja millainen painoarvo voidaan antaa jonkin järjestelmän antamalle tiedolle. Oppimisanalytiikan avulla automaattisesti kerääntyvä ja analysoituva data voi tarjota opettajalle hedelmällisiä tietoja ja ehdotuksia, mutta opettajalla on lopulta vastuu opetusta koskevista päätöksistä aina parien muodostamisesta yksilöllisten oppimistavoitteiden asettamiseen sekä opetuksen arvioinneista personoitujen kotitehtävien antamiseen.

6.2 Tutkimuksen luotettavuus

Tutkimuksen luotettavuuden tarkastelussa on aiheellista huomioida, että tutkijalla on usein aiheesta jonkinlainen esiyymmärrys, joka on ohjannut tutkimusprosessia (Aaltio & Puusa 2020, 172). Tässä tutkimuksessa tutkimusasetelma, menetelmä, analyysi, tulokset ja päätelmät ovat yhden tutkijan tuottamia, ja aihetta on tarkasteltu koko tutkimusprosessin läpi omasta näkökulmastaan ja omien intressien vaikuttamana, vaikka pyrkimyksenä on ollut puolueettomuus. Näin ollen on esimerkiksi mahdollista, että huomio on kohdentunut vain tiettyihin näkökulmiin ja että tieto on suodattunut. Tutkijan subjektiivinen näkökulma voi olla merkittävässä asemassa tutkimusongelman määrittelyssä, tulosten tulkinnessa ja jopa yksittäisissä sanavalinnoissa (vrt. Hirsjärvi ym. 2018).

Kiviniemi (2015, 86) kuvaa tutkimusprosessia tutkijan tulkinnalliseksi konstruktioksi. Tämä tarkoittaa sitä, että joku toinen tutkija olisi voinut järjestellä aineiston erilaisiin ryhmiin ja painottaa jotakin aineiston ulottuvuuksia enemmän. Monet tämän tutkimuksen aineistossa havaitut asiat liittyvät toisiinsa ja ovat osittain päällekkäisiä, ja siksi teemojen muodostamisessa ja aineiston uudelleen järjestämisessä olisi ollut useita vaihtoehtoja. Teemojen muodostaminen on pyritty kuvaamaan mahdollisimman tarkasti ja erilaiset

valinnat, päätelmät ja tulkinnat luomaan aineiston perusteella. On kuitenkin mahdollista, että tuloksissa esitetyt päätelmät perustuvat virheellisille tulkinnoille ja käännöksille, mikä tulee huomioida luotettavuustarkastelussa.

Tämän tutkimuksen luotettavuus liittyy aineistoon valikoituneiden tutkimusten luotettavuuteen. Suurin osa julkaisuista oli julkaistu vertaisarvioituissa tutkimuslehdissä. Lisäksi aineistoon sisällytettiin konferenssijulkaisuja. Suurin osa aineiston julkaisuista oli erilaisia tapaus-, interventio- tai poikittaistutkimuksia, mikä on oleellista huomioida luotettavuustarkasteluissa. Huomion arviosta on myös se, että tässä tutkimuksessa ei pyritä tekemään yleistyksiä, vaan ennemminkin tarkastelemaan aineistoa monitahoisesti ja yksityiskohtaisesti, mikä on laadulliselle tutkimukselle tyypillistä (ks. Hirsjärvi ym. 2018, 164). Salmisen (2011, 9) mukaan systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa on kyse tietyn aihepiirin aiempien tutkimusten olennaisten sisältöjen tiivistämisestä. Tutkijan pyrkimyksenä on arvioida aiempien tutkimustulosten johdonmukaisuutta ja löytää puutteita ja aukkoja, jotka voivat avata uusia tutkimustarpeita.

Wellerin (2007, 2) mukaan termien kenttää voidaan luonnehtia epämääräiseksi, eikä siksi ole aina selvää mitä termiä tulisi käyttää. Kuten aiemmin mainittiin, tässä tutkimuksessa päädyttiin kohdistamaan haku oppimisanalytiikkaan ja oppimisen hallintajärjestelmiin. Tutkimustuloksia ja niiden luotettavuutta tarkasteltaessa on oleellista huomioida, että kaikki tämän tutkimuksen aineistoon päätyneet julkaisut, joissa välinettä on nimetty oppimisen hallintajärjestelmäksi, eivät välttämättä tarkoita samanlaisia välineitä. Julkaisuissa esiteltyjen järjestelmien ominaisuudet saattavat vaihdella, eivätkä ne välttämättä ole verrannollisia keskenään. Lisäksi ristiriitainen tulos kustannuksista antaa aiheita pohtia, onko julkaisuissa esitellyt järjestelmät maksullisia vai maksuttomia ja millainen merkitys tällä voi olla järjestelmien sisältämiin ominaisuuksiin ja työkaluihin sekä edelleen tämän tutkimuksen tuloksiin.

6.3 Tulosten hyödyntämismahdollisuudet ja jatkotutkimusehdotukset

Oppimisanalytiikka on tutkimuksen kentällä suhteellisen uusi kiinnostuksen kohde (ks. Vainio 2018), ja syvemmän ymmärryksen kartuttamiseksi lisätutkimukselle on tarvetta. Myös useassa tämän tutkimuksen aineiston julkaisuissa todettiin, että aiheita olisi syytä tarkastella laajemmassa kontekstissa. Ramli ja kumppanit (2019) ovat todenneet katsauksessaan, että matematiikan kontekstissa oppimisanalytiikan tutkimus on keskittynyt pitkälti korkeakouluihin. Tässä tutkimuksessa otettiin huomioon kaikkiin koulutusasteisiin

kohdistuvat julkaisut, mutta jatkossa olisi mielenkiintoista vielä tarkemmin vertailla, miten oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttö eroaa koulutustason ja erilaisten kohderyhmien mukaan.

Useat tämän tutkimuksen aineiston julkaisuista oli interventiotutkimuksia tai poikittaistutkimuksia, joten syvemmän ymmärryksen kartuttamiseksi olisi merkittävää tutkia oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien käyttöä pidemmällä aikavälillä. Pitkittäistutkimusten ansiosta voitaisiin saada luotettavampaa tietoa siitä, millaista hyötyä ja lisäarvoa oppimisanalytiikka ja oppimisen hallintajärjestelmät mahdollisesti tuovat oppimisprosessille pidemmällä tähtäimellä vai selittyvätkö positiiviset kokemukset ja oppimistulokset esimerkiksi uutuudenviehätyksellä.

Oppimisanalytiikan ja oppimisen hallintajärjestelmien avulla voidaan seurata oppimisprosesseja sekä arvioida ja antaa palautetta oppimisprosessin aikaisesti. Sen avulla saadaan siis vastauksia Williamin ja Thompsonin (2007) esittämiin formatiivisen arvioinnin keskeisiin kysymyksiin: missä oppilaat ovat tällä hetkellä oppimisprosessissaan, mihin he ovat tähtäämässä ja mitä tulee tehdä, että päästään haluttuun lopputulokseen?

Oppimisanalytiikan avulla opettaja saa myös konkreettista näyttöä, johon arvioinnit voidaan perustaa, mutta tämä antaa kuitenkin aihetta pohtia, onko oikein olla koko ajan arvioinnin kohteena ja millainen painoarvo voidaan antaa jonkin järjestelmän tuottamalle tiedolle esimerkiksi arvioinnissa. Oppimisanalytiikkaa ja sen avulla toteutettua arviointia olisi kiinnostavaa tutkia jatkossa etenkin eettisiä näkökulmia huomioiden.

Yhden tämän tutkimuksen aineiston julkaisun mukaan kokemus pelkän oppimisen hallintajärjestelmän käytöstä oli positiivinen mutta kuitenkin alhaisempi kuin kokemus monimuoto-opetuksesta. Tämä antaa aihetta tarkastella esimerkiksi sitä, millainen merkitys ihmisten välisellä vuorovaikutuksella ja vertaistuellalla on oppimisprosessissa ja opiskeluun liittyvissä kokemuksissa. Jatkossa olisi siis merkityksellistä tutkia, pystyvätkö oppimisanalytiikka ja oppimisen hallintajärjestelmät huomioimaan oppimiseen liittyviä sosiaalisia ja emotionaalisia seikkoja.

Lähteet

- Aaltio, I. & Puusa, A. 2020. Mitä laadullisen tutkimuksen arvioinnissa tulisi ottaa huomioon? Teoksessa A. Puusa & P. Juuti (toim.) Laadullisen tutkimuksen näkökulmat ja menetelmät. Helsinki: Gaudeamus.
- Apiola, M., Karunaratne, T., Kaila, E. & Laakso, M-J. 2019. Experiences from digital learning analytics in Finland and Sweden: A collaborative approach. Teoksessa 2019 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO). Piscataway, NJ: IEEE, 627–632. <https://doi.org/10.23919/MIPRO.2019.8757204>
- Atjonen P., Laivamaa, H., Levonen, A., Orell, S., Saari, M., Sulonen, K., Tamm, M., Kamppi, P., Rumpu, N., Hietala, R. & Immonen, J. 2019. ”Että tietää missä on menossa” Oppimisen ja osaamisen arviointi perusopetuksessa ja lukiokoulutuksessa. Julkaisut 7:2019. Helsinki: Kansallinen koulutuksen arviointikeskus (KARVI). <http://hdl.handle.net/10138/300928>
- Atjonen, P. 2023. Formatiivinen arviointi perusopetuksessa. Joensuu: Itä-Suomen yliopisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-61-4784-0>
- Avramides, K., Hunter, J., Oliver, M. & Luckin, R. 2015. A method for teacher inquiry in cross-curricular projects: Lessons from a case study. *British Journal of Educational Technology* 46 (2), 249–264. <https://doi.org/doi:10.1111/bjet.12233>
- Barana, A., Conte, A., Fioravera, M., Marchisio, M., & Rabellino, S., 2018. A model of formative automatic assessment and interactive feedback for STEM. Teoksessa 2018 42nd Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC). Piscataway, NJ: IEEE, 1016–1025. <https://doi.org/10.1109/COMPSAC.2018.00178>
- Barana, A., Conte, A., Fissore, C., Marchisio, M. & Rabellino, S. 2019. Learning analytics to improve formative assessment strategies. *Journal of E-learning and Knowledge Society* 15 (3), 75–88. <https://doi.org/10.20368/1971-8829/1135057>
- Black, P. J. & Wiliam, D. 1998. Assessment and classroom learning. *Assessment in Education* 5 (1), 7–74. <https://doi.org/10.1080/0969595980050102>

- Christopoulos, A., Kajasilta, H., Salakoski, T., & Laakso, M.-J. 2020. Limits and virtues of educational technology in elementary school mathematics. *Journal of Educational Technology Systems* 49 (1), 59–81. <https://doi.org/10.1177/0047239520908838>
- Coates, H., James, R. & Baldwin, G. 2005. A critical examination of the effects of learning management systems on university teaching and learning. *Tertiary Education and Management* 11 (1), 19–36. <https://doi.org/10.1007/s11233-004-3567-9>
- Daniel, B. K. 2017. Big data and data science: A critical review of issues for educational research. *British Journal of Educational Technology* 50, 101–113. <https://doi.org/10.1111/bjet.12595>
- Dawson, S., Joksimovic, S., Poquet, O. & Siemens, G. 2019. Increasing the impact of learning analytics. Teoksessa S. Hsiao, J. Cunningham, K. McCarthy & G. Lynch (toim.) *Proceedings of the 9th International Conference on Learning Analytics & Knowledge*. New York: Association for Computing Machinery, 446–455. <https://doi.org/10.1145/3303772.3303784>
- Du, X., Yang, J., Shelton, B. E., Hung, J.-L. & Zhang, M. 2021. A systematic meta-review and analysis of learning analytics research. *Behaviour & Information Technology* 40 (1), 49–62. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2019.1669712>
- Ebner, M. & Schön, M. 2013. Why Learning Analytics for Primary Education Matters! *Bulletin of the IEEE Technical Committee on Learning Technology* 15 (2), 14–17.
- Ellis, C. 2013. Broadening the scope and increasing the usefulness of learning analytics: The case for assessment analytics. *British Journal of Educational Technology* 44 (4), 662–664. <https://doi.org/10.1111/bjet.12028>
- Eskola, J. & Suoranta, J. 1998. *Johdatus laadulliseen tutkimukseen*. E-kirja. Tampere: Vastapaino.
- Fink, A. 2005. *Conducting research literature reviews. From the internet to paper*. Second Edition. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

- García-Senín, S., Arguedas, M. & Daradoumis, T. 2022. Using learning analytics to support STEAM students' academic achievement and self-regulated learning. *Research on Education and Media* 14 (1), 36–45. <http://dx.doi.org/10.2478/rem-2022-0005>
- Ginsburg, H. 2009. The challenge of formative assessment in mathematics education: Children's minds, teacher's minds. *Human Development* 52 (2), 109–128. <https://doi.org/10.1159/000202729>
- Hattie, J. & Timperley, H. 2007. The power of feedback. *Review of Educational Research* 77 (1), 81–112. <https://doi-org.ezproxy.utu.fi/10.3102/003465430298487>
- Heilala, V. 2022. Learning analytics with learning and analytics: Advancing student agency analytics. Jyväskylän yliopisto. JYU Dissertations 512. Väitöskirja. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-39-9121-0>
- Hernández-de-Menéndez, M., Morales-Menendez, R., Escobar, C. A. & Ramírez Mendoza, R. A. 2022. Learning analytics: State of the art. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing* 16, 1209–1230. <https://doi.org/10.1007/s12008-022-00930-0>
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara P. 2018. Tutki ja kirjoita. 22. painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- Honey, M., Pearson, G. & Schweingruber, H. 2014. STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research. E-kirja. Washington, DC: National Academies Press.
- Ifenthaler, D. & Greiff, S. 2021. Leveraging learning analytics for assessment and feedback. Teoksessa J. Liebowitz (toim.) *Online learning analytics*. E-kirja. New York: Auerbach Publications, 1–18.
- Kettunen, J., Viholainen, A. & Eronen, L. 2022. Konseptuaalinen ja proseduraalinen tieto sekä luova päättely lukion matematiikan ensimmäisen opintojakson harjoitustehtävissä. *FMSERA Journal* 5 (1), 3–17. <https://journal.fi/fmsera/article/view/115724>

- Kilpatrick, J., Swafford, J. & Findell, B. 2001. Adding it up helping children learn mathematics. E-kirja. Washington, DC: National Academy Press.
- Kiviniemi, K. 2018. Laadullinen tutkimus prosessina. Teoksessa. R. Valli & J. Aaltola (toim.) Ikkunoita tutkimusmetodeihin II. Näkökulmia aloittelevalle tutkijalle tutkimuksen teoreettisiin lähtökohtiin ja analyysimenetelmiin. 4. painos. Jyväskylä: PS-kustannus, 74–88.
- van der Kleij, F., Feskens, R. & Eggen, T. 2015. Effects of feedback in a computer-based learning environment on students' learning outcomes: A meta-analysis. *Review of Educational Research* 85 (4), 475–511. <https://doi.org/10.3102/0034654314564881>
- Koski, L. 2020. Teksteistä teemoiksi: Dialoginen tematisointi. Teoksessa. A. Puusa & P. Juuti. (toim.) Laadullisen tutkimuksen näkökulmat ja menetelmät. Helsinki: Gaudeamus, 157–172.
- Kotsiantis, S., Tselios, N., Filippidi, A., & Komis, V. 2013. Using learning analytics to identify successful learners in a blended learning course. *International Journal of Technology Enhanced Learning* 5 (2), 133–150. <http://dx.doi.org/10.1504/IJTEL.2013.059088>
- Kurvinen, E., Lindén, R., Rajala, T., Kaila, E., Laakso, M-J. & Salakoski, T. 2012. Computer-assisted learning in primary school mathematics using ViLLE education tool. Teoksessa M-J. Laakso & R. McCartney (toim.) *Proceedings of the 12th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*. New York: Association for Computing Machinery, 39–46. <http://dx.doi.org/10.1145/2401796.2401801>
- Kurvinen, E., Kaila, E., Laakso, M-J. & Salakoski, T. 2020. Long term effects on technology enhanced learning: The use of weekly digital lessons in mathematics. *Informatics in Education* 19 (1), 51–75. <https://doi.org/10.15388/infedu.2020.04>
- Li, K-C., & Wong, B. T-M. 2020. Trends of learning analytics in STE(A)M education: A review of case studies. *Interactive Technology and Smart Education*, 17(3), 323–335. <https://doi.org/10.1108/ITSE-11-2019-0073>
- Lukion opetussuunnitelman perusteet 2019. Määräykset ja ohjeet 2019:2a. Helsinki: Opetushallitus.

- Mahalakshmi, R. & Suresh, E. 2010. The design and development of courseware for MCA students through LMS. *Indian Journal of Science and Technology* 4 (1), 64–67. <https://doi.org/10.17485/ijst/2011/v4i1/29933>
- Nieminen, P., Häikiöniemi, M., Leskinen, J. & Viiri, J. 2015. Four kinds of formative assessment discussions in inquiry-based physics and mathematics teaching. Teoksessa H. Silfverberg, & P. Hästö (toim.) *Matematiikan ja luonnontieteiden opetuksen tutkimusseuran tutkimuspäivät 2015*. Turku: Matematiikan ja luonnontieteiden opetuksen tutkimusseura r.y., 100–110. <http://www.protsv.fi/mlseura/>
- Oppimisanalytiikkajaosto. 2021. *Oppimisanalytiikan viitekehys: Hyvät käytännöt oppimisanalytiikan käyttöönotossa ja hyödyntämisessä*. Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja 2021:36. Helsinki: Opetus- ja kulttuuriministeriö. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-263-842-7>
- Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014. Määräykset ja ohjeet 2014:96. Helsinki: Opetushallitus.
- Ramli, I. S. M., Maat, S. M. & Khalid, F. 2019. Learning analytics in Mathematics: A systematic Review. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development* 8 (4), 436–449. <http://dx.doi.org/10.6007/IJARPED/v8-i4/6563>
- Romero, C. & Ventura, S. 2020. Educational data mining and learning analytics: An updated survey. *Wiley interdisciplinary reviews. Data Mining and Knowledge Discovery* 10 (3), 1–21. <https://doi.org/10.1002/widm.1355>
- Rosé, C. 2018. Learning analytics in the learning sciences. Teoksessa F. Fischer, C. Hmelo-Silver, S. Goldman & P. Reimann (toim.) *International handbook of the learning sciences*. E-kirja. New York: Routledge, 511–519. <https://doi.org/10.4324/9781315617572>
- Sadler, D. R. 1989. Formative assessment and the design of instructional systems. *Instructional Sciences* 18 (2), 119–144. <https://doi.org/10.1007/BF00117714>

- Salminen, A. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Vaasan yliopiston julkaisuja. Opetusjulkaisuja 62. Vaasa: Vaasan yliopisto. https://www.uwasa.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf
- Siemens, G. 2013. Learning analytics: The emergence of a discipline. *American Behavioral Scientist* 57 (10), 1380–1400. <https://doi.org/10.1177/0002764213498851>
- Tatira, B. & Kariyana, I. 2022. Defining formative electronic assessment in undergraduate mathematics: A reflective approach. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research* 21 (7), 24–39. <https://doi.org/10.26803/ijlter.21.7.2>
- Tempelaar, D. T., Heck, A., Cuypers, H., van der Kooij, H., & van de Vrie, E. 2013. Formative assessment and learning analytics. Teoksessa D. Suthers, K. Verbert, E. Duval & X. Ochoa (toim.) *Proceedings of the Third International Conference on Learning Analytics and Knowledge*. New York: Association for Computing Machinery, 205–209. <https://doi.org/10.1145/2460296.2460337>
- Timmers, C., Walraven, A. & Veldkamp, B. 2015. The effect of regulation feedback in a computer-based formative assessment on information problem solving. *Computers & Education* 87, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.03.012>
- Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2018. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Uudistettu laitos. E-kirja. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- Vainio, L. 2018. Oppimisanalytiikan askeleet kouluissa. Hämeenlinna: Suomen eOppimiskeskus ry. <https://poluttamo.files.wordpress.com/2018/11/oppimisanalytiikan-askeleet-kouluissa-2018.pdf>
- Varantola, K., Launis, V., Helin, M., Spoof, S-K. & Jäppinen, S. 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje 2012. Helsinki: Tutkimuseettinen neuvottelukunta. https://tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf

- Viljanen, J. 2021. Alusta asti suomeksi – oppimisalustaa kotouttamassa. Teoksessa P. Kostamo & M-K. Lehtilinna (toim.) Viesti kielillä – kuulu kaikille! Laurean kielten ja viestinnän opetuksen käytänteitä ja kokemuksia. Laurea-julkaisut 166. Vantaa: Laurea-ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-799-613-6>
- Weller, M. 2007. Virtual learning environments: Using, choosing and developing your VLE. London: Routledge.
- William, D. & Thompson, M. 2007. Integrating assessment with instruction: What will it take to make it work? Teoksessa C. A. Dwyer (toim.) The future of assessment: Shaping teaching and learning. E-kirja. Mahwah, NJ: Erlbaum, 53–82.

Liitteet

Liite 1. Tutkimuksen aineisto

Taulukko 5. Tutkimuksen aineisto

Vuosi	Kirjoittajat	Otsikko	Julkaisija	Maa	Kohderyhmä
2023	Rodríguez-Martínez, J. A., González-Calero, J. A., del Olmo-Muñoz, J., Arnau, D. & Tirado-Olivares, S.	Building personalised homework from a learning analytics based formative assessment: Effect on fifth-grade students' understanding of fractions	British Journal of Educational Technology 54 (1), 76–97. https://doi.org/10.1111/bjet.13292	Espanja	Alakoulu
2022	García-Senin, S., Arguedas, M. & Daradouis, T.	Using learning analytics to support STEAM students' academic achievement and self-regulated learning	Research on Education and Media 14 (1), 36–45. http://dx.doi.org/10.2478/rem-2022-0005	Espanja	Yläkoulu ja opettajat
	Juma, Z., Ayere, M., Oyengo, M. & Osang, G.	Evaluating engagement and learning based on a student categorization using STACK, exam data, key informant interviews, and focus group discussions	International Journal of Emerging Technologies in Learning 17 (23), 103–115. https://doi.org/10.3991/ijet.v17i23.36619	Kenia	Kolmas aste
	Rahim, R., Syamsuddin, A., Wahyuddin & Usman, M.	Measuring the level of validity of blended learning in the mathematical economics course of management study program	Educational Science: Theory & Practice 22 (2), 42–55. https://doi.org/10.12738/jestp.2022.2.0004	Indonesia	Kolmas aste
	Tatira, B. & Kariyana, I.	Defining formative electronic assessment in undergraduate mathematics: a reflective approach	International Journal of Learning, Teaching and Educational Research 21 (7), 24–39. https://doi.org/10.26803/ijlter.21.7.2	Etelä-Afrikka	Kolmas aste
	Urrutia, F. & Araya, R.	Do written responses to open-ended questions on fourth-grade online formative assessments in mathematics help predict scores on end-of-year standardized tests?	Journal of Intelligence 10 (4), 82–109. https://doi.org/10.3390/jintelligence10040082	Chile	Alakoulu
2021	Abu-Raya, K. & Olsher, S.	Learning analytics based formative assessment: Gaining insights through interactive dashboard components in mathematics teaching	Teoksessa E. Yacobson, T. Nazaretsky, A. M. Toda, A. I. Cristea & G. Alexandron (toim.) AI for Blended-Learning: Empowering teachers in real classrooms co-located with 16th European Conference on Technology Enhanced Learning, 1–10. https://ceur-ws.org/Vol-3042/paper_1.pdf	Israel	Yläkoulu
	Barana, A. & Marchisio, M.	Analyzing interactions in automatic formative assessment activities for mathematics in digital learning environments	Teoksessa B. Csapó & J. Uhoimbihi (toim.) Proceedings of the 13th International Conference on Computer Supported Education. Setúbal: SciTePress 497–504.	Italia	Yläkoulu
	Law, Y., Tobin, R., Wilson, N. & Brandon, L.	Improving student success by incorporating instant-feedback questions and increased proctoring in online science and mathematics courses	Journal of Teaching and Learning with Technology 9, 64–78. https://doi.org/10.14434/jotlt.v9i1.29169	Yhdysvallat	Kolmas aste

2021	Lo, C. K. & Chen, G.	Improving experienced mathematics teachers' classroom talk: A visual learning analytics approach to professional development	Sustainability 13 (15), 8610–8628. https://doi.org/10.3390/su13158610	Kiina	Opettajat
2020	Moreno, J. & Pineda, A. F.	A framework for automated formative assessment in mathematics courses	IEEE Access 8, 30152–30159. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2973026	Kolumbia	Kolmas aste
2019	Herbert, K., Demskoi, D. & Cullis, K.	Creating mathematics formative assessments using LaTeX, PDF forms and computer algebra	Australasian Journal of Educational Technology 35 (5), 153–168. https://doi.org/10.14742/ajet.4539	Australia	Kolmas aste
	Jia, J. & Zhang, J.	The analysis of online learning behavior of the students with poor academic performance in mathematics and individual help strategies	Teoksessa S. Cheung, L. K. Lee, I., Simonova, T. Kozel & L. F. Kwok. (toim.) Blended Learning: Educational Innovation for Personalized Learning. Cham: Springer International Publishing, 205–215. https://doi.org/10.1007/978-3-030-21562-0_17	Kiina	Kolmas aste
	Mavrikis, M., Geraniou, E., Gutierrez, S. S., Poulouvassilis, A.	Intelligent analysis and data visualisation for teacher assistance tools: The case of exploratory learning	British Journal of Educational Technology 50 (6), 2920–2942. http://dx.doi.org/10.1111/bjet.12876	Yhdistynyt Kuningaskunta	Opettajat
	Thai, T., Hartup, K., Colbourn, A. & Yeung, A.	Learning from their mistakes – An online approach to evaluate teacher education students' numeracy capability	Teoksessa G. Hine, S. Blackley & A. Cooke (toim.) Mathematics education research: Impacting practice. Proceedings of the 42nd Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia. Perth: MERGA. 707–714.	Australia	Kolmas aste
	Zheng, G., Fancsali, S. E., Ritter, S., Berman, S. R.	Using instruction-embedded formative assessment to predict state summative test scores and achievement levels in mathematics	Journal of Learning Analytics 6 (2), 153–174. https://dx.doi.org/10.18608/jla.2019.62.11	Yhdysvallat	Yläkoulu
2017	Pauna, M.	Calculus courses' assessment data	Journal of Learning Analytics 4 (2), 12–21. http://dx.doi.org/10.18608/jla.2017.42.3	Suomi	Komas aste
2016	Dani, A.	Students' patterns of interaction with a mathematics intelligent tutor: Learning analytics application	International Journal on Integrating Technology in Education 5 (2), 1–18. https://doi.org/10.5121/ijite.2016.5201	Arabiemiraatit	Kolmas aste
	Dani, A. & Nasser, R.	Use of intelligent tutor in post-secondary mathematics education in the United Arab Emirates	Turkish Online Journal of Educational Technology 15 (4), 152–162.	Arabiemiraatit	Kolmas aste
	Koile, K., Rubin, A., Chapman, S., Kliman, M. & Ko, L.	Using machine analysis to make elementary students' mathematical thinking visible	Teoksessa D. Gašević & G. Lynch. Proceedings of the Sixth International Conference on Learning Analytics & Knowledge. New York: Association for Computing Machinery, 524–525. https://doi.org/10.1145/2883851.2883922	Itävalta	Alakoulu
	Tempelaar, D. T., Rienties, B. & Giesbers, B.	Verifying the stability and sensitivity of learning analytic based prediction models: An extended case study	Computer Supported Education 583, 256–273. https://doi.org/10.1007/978-3-319-29585-5_15	Alankomaat	Kolmas aste
2015	Avramides, K., Hunter, J., Oliver, M. & Luckin, R.	A method for teacher inquiry in cross-curricular projects: Lessons from a case study	British Journal of Educational Technology 46 (2), 249–264. https://doi.org/10.1111/bjet.12233	Yhdistynyt Kuningaskunta	Opettajat

2015	Azevedo, J.	e-Assessment in Mathematics Courses with Multiple-choice Questions Tests	Teoksessa M. Helfert, M. T. Restivo, S. Zvacek & J. Uhomoihi (toim.) Proceedings of the 7th International Conference on Computer Supported Education. Setúbal: SciTePress, 260–266. https://doi.org/10.5220/0005452702600266	Portugali	Kolmas aste
	Goggins, S., Xing, W., Chen, X., Chen, B. & Wadholm, B.	Learning analytics at "small" scale: Exploring a complexity-grounded model for assessment automation	Journal of Universal Computer Science 21 (1), 66–92. https://www.jucs.org/jucs_21_1/learning_analytics_at_small/jucs_21_01_0066_0092_goggins.pdf	Yhdysvallat	Kolmas aste
a	Tempelaar, D. T., Rienties, B. & Giesbers, B.	In search for the most informative data for feedback generation: Learning analytics in a data-rich context	Computers in Human Behavior 47, 157–167. http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2014.05.038	Alankomaat	Kolmas aste
b	Tempelaar, D. T., Rienties, B. & Giesbers, B.	Understanding the role of time on task in formative assessment: The case of mathematics learning	Communications in Computer and Information Science 571, 120–133. https://doi.org/10.1007/978-3-319-27704-2_12	Alankomaat	Kolmas aste
2014	Tempelaar, D. T., Rienties, B. & Giesbers, B.	Computer Assisted, Formative Assessment and Dispositional Learning Analytics in Learning Mathematics and Statistics	Communications in Computer and Information Science 439, 67–78. https://doi.org/10.1007/978-3-319-08657-6_7	Alankomaat	Kolmas aste
	Kickmeier-Rust, M. D., Hillemann, E-C. & Albert, D.	Gamification and Smart Feedback: Experiences with a Primary School Level Math App	International Journal of Game-Based Learning 4 (3), 35–46. http://dx.doi.org/10.4018/ijgbl.2014070104	Yhdysvallat	Alakoulu
	Kurvinen, E., Lindén, R., Rajala, T., Kaila, E., Laakso, M-J. & Salakoski, T.	Automatic assessment and immediate feedback in first grade mathematics	Teoksessa P. Kinnunen (toim.) Proceedings of the 14th Koli Calling International Conference on Computing Education Research. New York: Association for Computing Machinery. 15–23. https://doi.org/10.1145/2674683.2674685	Suomi	Alakoulu
2013	Schäfer, M.	Knowledge controlled mathematical coaching: Strategies and results of a personalized blended learning approach	Teoksessa O. Foley, M. Restivo, J. Uhomoihi & M. Helfert (toim.) Proceedings of the 5th International Conference on Computer Supported Education. Setúbal: SciTePress 484–488. https://doi.org/10.5220/0004343204840488	Saksa	Kolmas aste
	Tempelaar, D. T., Cuypers, H., van de Vrie, E., Heck, A. & van der Kooij, H.	Formative Assessment and Learning Analytics.	Teoksessa D. Suthers, K. Verbert, E. Duval & X. Ochoa (toim.) Proceedings of the Third International Conference on Learning Analytics and Knowledge. New York: Association for Computing Machinery, 205–209. https://doi.org/10.1145/2460296.2460337	Alankomaat	Kolmas aste
2012	Isabwe, G., Reichert, F. & Nyberg, S.	Towards integrating technology supported peer-to-peer assessments into mathematics education: Experiences with iPad mobile tablet technology	Teoksessa J. Cordeiro, M. Helfert & M. João Martins (toim.) Proceedings of the 4th International Conference on Computer Supported Education. Setúbal: SciTePress, 119–125. https://doi.org/10.5220/0003919301190125	Norja	Kolmas aste
	Kurvinen, E., Lindén, R., Rajala, T., Kaila, E., Laakso, M-J. & Salakoski, T.	Computer-assisted learning in primary school mathematics using VILLE education tool	Teoksessa M-J. Laakso & R. McCartney (toim.) Proceedings of the 12th Koli Calling International Conference on Computing Education Research. New York: Association for Computing Machinery, 39–46. http://dx.doi.org/10.1145/2401796.2401801	Suomi	Alakoulu