



KÄÄNTEISET MENETELMÄT YLÄKOULU- JA
LUKIOIKÄISTEN MATEMATIIKAN
OPETUKSESSA

Leena Lehtonen

Pro gradu -tutkielma
kesäkuu 2019

MATEMATIIKAN JA TILASTOTIETEEN LAITOS
TURUN YLIOPISTO

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin Originality Check -järjestelmällä.

LEENA LEHTONEN: Käänteiset menetelmät yläkoulu- ja lukioikäisten matematiikan opetuksessa

Pro gradu -tutkielma, 39 s.

Matematiikka

Kesäkuu 2019

Turun yliopiston laatu järjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin Originality Check -järjestelmällä.

Tämä Pro gradu -tutkielma on kirjallisuuskatsaus käänteisten opetusmenetelmien, eli käänteisen opetuksen ja käänteisen oppimisen, käytöstä yläkoulu- ja lukioikäisten matematiikan opetuksessa. Aihepiirin tieteelliseen tutkimukseen perustuvalla kirjallisuuskatsauksella pyrittiin selvittämään, millaisia vaikutuksia käänteisten menetelmien käytöllä matematiikan opetuksessa on yläkoulu- ja lukioikäisten oppimistuloksiin, asenteisiin ja opiskelutapoihin sekä opetustilanteeseen yleensä. Kartoitettiin myös, miten käänteisten menetelmien käyttö tutkimusten perusteella kannattaa toteuttaa ja millaisia käytännön haasteita käänteisten menetelmien käyttöön liittyy. Kolmanneksi selvitettiin vielä, mistä käänteisten menetelmien käyttöön liittyvistä asioista yläkoulu- ja lukioikäisten matematiikan opetuksessa olisi vielä aiheellista tehdä lisätutkimusta, jotta aiheesta voitaisiin tieteellisen tutkimuksen perusteella muodostaa eheä kokonaiskuva.

Käänteisten menetelmien käytön vaikutukset matematiikan oppimistuloksiin eivät tutkimusaineiston perusteella ole yksiselitteiset. Osa tutkimuksista kuvaa oppimistulosten parantuneen, kun taas osassa ei ole havaittavissa merkitsevää eroa perinteisesti opetetun ryhmän tuloksiin verrattuna. Käänteisten menetelmien käyttöönoton myötä heikentyneitä oppimistuloksia ei tutkimusaineistossa esiintynyt. Suuri osa oppilaista suhtautuu käänteisten menetelmien käyttöön myönteisesti, ja heidän opiskelustaan havaittiin tulevan itsenäisempää, vuorovaikutteisempaa ja sitoutuneempaa. Siitä huolimatta oppilailta kysyttäessä opiskelisiko mieluummin käänteisellä vai perinteisellä menetelmällä, molempien menetelmien kannattajia löytyi. Suurin havaittu vaikutus opetustilanteeseen on lisääntynyt aika oppitunneilla, kun uuden asian opetus siirtyy oppituntien ulkopuolelle.

Käänteisillä menetelmillä opettaessa suositeltiin hyvien opetusvideoiden käyttämistä tiedonsiirron välineenä sekä tukimateriaalia videoiden katsomisen tueksi ja informoimaan opettajaa, että oppilas on katsonut videot. Oppituntien suunnitteluun kannattaa panostaa huolella ja käyttää paljon aktiivisia, monipuolisia, vuorovaikutteisia ja reaaliaikaisen maailman ongelmiin perustuvia tehtäviä. Merkittävin haaste matematiikan opettamisessa käänteisesti on siirtymävaihe uuteen menetelmään. Siirtymävaiheen haaste opettajalle on suuri työmäärä uudenlaisten materiaalien valmistamisessa ja oppilaalle uudenlaisten opiskelutaitojen oppiminen.

Lisää tutkimusta tarvittaisiin erityisesti menetelmien pidempikestoisesta käytöstä, mutta myös kokonaisuutena kattavampaa tutkimusta yläkoulu- ja lukioikäisten opetuksesta, matematiikan eri aihepiirien opettamisesta käänteisesti ja käänteisten menetelmien käytöstä suomalaisessa kouluympäristössä.

Asiasanat: käänteinen opetus, käänteinen oppiminen, matematiikka, yläkoulu, lukio, opetusmenetelmät

Sisältö

1	Johdanto	1
2	Käänteiset opetusmenetelmät.....	2
2.1	Historia.....	2
2.2	Käänteisen opetuksen määritelmä.....	3
2.3	Käänteisen oppimisen määritelmä	4
2.4	Käänteiset menetelmät matematiikan opetuksessa	5
3	Tutkimuskysymykset ja -menetelmä	6
3.1	Tutkimuskysymykset	6
3.2	Tutkimusmenetelmä.....	7
4	Käänteisten menetelmien käytön vaikutukset matematiikan opetuksessa.....	8
4.1	Vaikutukset matematiikan oppimistuloksiin.....	8
4.1.1	Vaikutukset yleisiin oppimistuloksiin.....	9
4.1.2	Eritasoisten oppilaiden oppimistulokset	10
4.1.3	Käänteisen opetuksen ja käänteisen oppimisen ero oppimistuloksissa..	11
4.1.4	Tilastollinen aineisto oppimistuloksista.....	12
4.2	Vaikutukset oppilaiden asenteisiin ja opiskelutapoihin	13
4.2.1	Tutkitut vaikutukset oppilaiden asenteisiin.....	14
4.2.2	Muut havainnot vaikutuksista oppilaiden asenteisiin ja toimintaan	14
4.3	Vaikutukset koulutyöhön ja opettamiseen	16
4.3.1	Tutkitut vaikutukset luokkatyöskentelyyn	17
4.3.2	Muut havainnot vaikutuksista ajankäyttöön, luokkatyöskentelyyn ja kotitehtävien tekemiseen.....	18
5	Matematiikan opetuksen toteuttaminen käänteisesti.....	20
5.1	Kotona tapahtuva oppiminen	20
5.1.1	Kotitehtävävideoiden laatua käsittelevä tutkimus.....	20
5.1.2	Muut havainnot kotona tapahtuvaan oppimiseen liittyen	22
5.2	Oppitunnilla tapahtuva työskentely.....	24
5.2.1	Yleisiä suosituksia käänteisten menetelmien käyttöön	24
5.2.2	Epäonnistumisten avulla oppiminen	26
5.2.3	Käänteisen opetuksen ja käänteisen oppimisen erot	26
5.3	Haasteet.....	27
6	Lisätutkimuksen tarve	29
7	Pohdinta	32
	Viitteet.....	35

1 Johdanto

Matematiikan opetus on murroksessa. Suomessa ja muissakin länsimaissa on huolestuttu oppilaiden matemaattisten taitojen heikkenemisestä, joka on Suomen osalta näkynyt muun muassa PISA-tutkimusten tuloksissa (Opetus- ja kulttuuriministeriö 2016; Rautopuro 2013). Trendiä on pyritty kääntämään ja matematiikan osaamisen tasoa parantamaan Suomessa esimerkiksi opettajien valtakunnallisen täydennyskoulutuksen avulla (Opettaja 2018).

Ennen filosofian maisterin opintojani toimin muutamia vuosia yläkoulussa matemaattisten aineiden opettajana. Ruohonjuuritasolla työtä tehdessä PISA-tutkimusten tilastoissa näkyvät lukemat muuttuivat tulevaisuuttaan kohti kulkeviksi nuoriksi. Samoin vuosien mittaan tapahtunut osaamistason lasku oli pidempään opettaneiden kollegojen puheissa ilmeistä ja huolta aiheuttavaa. Päivittäisestä opetustyöstä luokassa muodostui oppilaiden henkilökohtaista ohjausta erilaisten yksilöllisten suunnitelmien ja tarpeiden perusteella. Yhä harvempi oppilas tuntui hyötyvän perinteisestä ryhmäopetuksesta. Omat kokemukseni vahvistivat tilastotiedon siitä, että matematiikan opetukseen tarvitaan uutta suuntaa ja uusia keinoja, koska oppilailla tulee edelleen olla oikeus oppia.

Omien kokemuksieni myötä kiinnostuin käänteisistä opetusmenetelmistä, joiden käyttö on levinnyt maailmalla viimeksi kuluneiden noin kymmenen vuoden aikana. Myös suomalaisessa mediassa on näkynyt uutisointia käänteisestä opetuksesta (myös käänteinen luokkahuone, flipped classroom) ja käänteisestä oppimisesta (flipped learning), joiden käytöstä haastatelluilla opettajilla on yleensä erittäin myönteisiä kokemuksia, kuten esimerkiksi Markku Saarelaisella Ylen uutisessa (2017).

Koska haluan tehdä harkittuja valintoja käyttämieni opetusmenetelmien suhteen toimiessani tulevaisuudessa matemaattisten aineiden opettajana, halusin tarttua tähän aiheeseen pro gradu -tutkielmassani. Halusin selvittää, mitä käänteisten menetelmien käytöstä matematiikan opetuksessa oikeasti tiedetään. Osaavatko käänteisesti opetetut oppilaat paremmin matematiikkaa kuin perinteisesti opetetut ikätoverinsa? Mitä käänteisten menetelmien käytöstä matematiikan opetuksessa on oikeastaan edes tutkittu? Onko opetuksen käänteistämisen tueksi tieteellisiä perusteita? Halusin rajata tutkimukseni koskemaan yläkoulu- ja lukioikäisten matematiikan opetusta, koska todennäköisesti opetan itse jatkossa juuri tätä ikäryhmää. Tutkimuksen teolle se asetti hieman haasteita, sillä käänteisten menetelmien käyttöä on tutkittu enemmän korkeakoulutuksen piirissä. Mielestäni lasten ja nuorten opettaminen eroaa aikuisten opettamisesta siinä määrin, että menetelmien käyttöä yläkoulu- ja lukioikäisten parissa on syytä tarkastella erillisenä kokonaisuutena.

Tämä pro gradu -tutkielma on toteutettu kirjallisuuskatsauksena, johon on pyritty löytämään mahdollisimman kattavasti kaikki aihepiiriä käsittelevä tieteellinen tutkimus. Kootun aineiston pohjalta olen pyrkinyt muodostamaan aiheesta tämänhetkisen tieteellisen tutkimuksen tilaa kuvaavan eheän kokonaisuuden.

Tutkielman toisessa luvussa esittelen käänteisiä opetusmenetelmiä yleisesti. Kuvailen lyhyesti käänteisen opetusideologian historiaa, peruseriaatteita ja käänteisten menetelmien yhteyttä matematiikkaan opetettavana aineena. Kolmannessa luvussa esittelen tässä työssä käytetyn tutkimusmenetelmän lisäksi tutkimuskysymykseni, joihin pyrin vastaamaan seuraavissa luvuissa. Luvussa neljä käsittelen matematiikan opetuksessa toteutetun käänteisten opetusmenetelmien käytön vaikutuksia oppimiseen, opettamiseen ja oppilaisiin. Luvussa viisi kokoon yhteen ajatuksia, miten opetuksen käänteistäminen matematiikassa yläkoulussa tai lukiossa tutkimusten perusteella kannattaa toteuttaa. Luvussa kuusi pohditaan, millaisia opetustyön kannalta tärkeitä asioita käänteisten opetusmenetelmien käytöstä yläkoulun tai lukion matematiikan opetuksesta olisi vielä tarpeen tutkia lisää. Käsittelen kussakin luvussa kyseistä kysymystä käsitteleviä tutkimuksia ja niissä tehtyjä havaintoja sekä niistä löytyviä yhtäläisyyksiä ja eroja aiheeseen liittyen. Seitsemännessä luvussa kokoon yhteen tämän tutkimuksen keskeisimmät tulokset ja pohdin niiden merkitystä matematiikan opetuksen kannalta. Myös tämän tutkimuksen luotettavuutta arvioidaan.

2 Käänteiset opetusmenetelmät

Käänteiset opetusmenetelmät pitävät sisällään monenlaisia opetuksen toteutustapoja, joita ovat muokanneet useat eri henkilöt menetelmien syntyvaiheessa ja sittemmin jokainen menetelmiä työssään soveltanut opettaja. Tässä luvussa esitellään käänteisten menetelmien historiaa ja määritelmiä sekä pohditaan matematiikan opetuksen yhteensopivuutta käänteisten menetelmien kanssa.

2.1 Historia

Käänteisen opetuksen voidaan katsoa saaneen alkunsa vuonna 2007, kun Coloradolaisen yläkoulun kemian opettajat Jonathan Bergmann ja Aaron Sams videoivat kemian oppituntinsa ja päättivät hoitaa seuraavan vuoden opetuksen antamalla oppilaiden katsoa opetusvideoita kotona ja hyödyntää oppitunnit syvällisempiin oppimisprosesseihin (Toivola, Peura & Humaloja 2017). Bergmann ja Sams saivat idean oppituntiansa videoimiseen, kun he pohtivat, miten oppitunneilta poissa olevat oppilaat voisivat pysyä mukana opetuksessa. Sen lisäksi, että poissaolijoiden opiskelu helpottui, myös tunneilla olleet oppilaat alkoivat katsoa videoita kerrataksaan tunnilta opittua, ja idea lähti lentoon. Kaikkien oppituntien videointi oli iso työ, mutta yhteistyötä tehden se onnistui. Oppitunneille vapautui aikaa tehtäville ja projekteille, ja oppilaat saivat tehtävät aiempia vuosia nopeammin valmiiksi. Jotta Bergmann ja Sams saattoivat saada selville, miten hyvin oppilaat olivat oppineet uudella tavalla opetetut asiat, he pitivät oppilaille samat kokeet kuin edellisen vuoden ryhmille ja havaitsivat oppimistulosten parantuneen. Sen jälkeen paluuta vanhaan ei enää ollut. (Bergmann & Sams 2012)

Bergmannin ja Samsin kokeilu ei ollut ensimmäinen laatuaan, mutta heidän kokeilunsa herätti laajempaa kiinnostusta niin muissa kouluissa kuin mediassakin. Eikä

kiinnostus ole vielä laantunut. Siksi heitä voidaan pitää käänteisen opetuksen pioneereina. Bergmann ja Sams ovat itse sittemmin kehittäneet opetustyyliään edelleen käänteisen oppimisen suuntaan, joka on vanhempaa perua kuin käänteinen opetus, mutta joka on saanut merkittävästi uutta nostetta käänteisen opetuksen leviämisen myötä.

Käänteisen oppimisen juuret ulottuvat ainakin 1990-luvun alkuvuosiin saakka. Silloin Harvardin yliopistossa työskenteli fysiikan professorina Erik Mazur, joka tarjosi opiskelijoilleen laajan materiaalin erilaisia demonstraatioita, tekstejä ja malliratkaisuja, joita opiskelijat käyttivät tarpeelliseksi katsomallaan tavalla oman oppimisensa tukena. Kun teknologia ja tietoverkot kehittyivät 1990-luvun aikana, opetusaineistoja kehitettiin lisäämällä niihin myös videoita ja muuta verkkopohjasta materiaalia samalla kun ideoita jalostettiin edelleen yliopistojen yhteistyössä. (Moore, Gillett & Steele, 2014)

Suomessa käänteisestä opetuksesta kiinnostuttiin yleisesti vuonna 2012, jolloin esimerkiksi Googlen hakukoneessa kotimaassamme tehdyt haut termillä Flipped Classroom lähtivät nousuun (Google 2019). Sittemmin myös täällä on alettu puhua enemmän käänteisestä oppimisesta, ja aiheesta on julkaistu opetuskentälle myös suomenkielistä kirjallisuutta, kuten Marika Toivolan, Pekka Peuran ja Markus Humalojan (2017) aiheita käsittelevä teos.

Käänteisten menetelmien käyttö opetuksessa on levinnyt maailmalla viime vuosien aikana, ja erityisesti Yhdysvalloissa käänteisesti opettavia opettajia on jo paljon. Muir ja Geiger (2016) kuvailevat yhdysvaltalaisen kansallisen tutkimuksen (Speak Up online) tuloksia, joiden mukaan reilusta 400 000 kyselyyn vastanneesta oppilaasta yli puolet kertoi videoita käytettävän säännöllisesti kotitehtävämateriaalina.

Käänteisyyden saavuttamasta suosiosta huolimatta sen tieteellinen tutkimus on vielä melko rajallista, vaikkakin koko ajan lisääntyvää. Käänteisten menetelmien ilmiö on opetusvetoinen, mikä tarkoittaa hyväksi havaittujen käytännön opetustyöhön liittyvien ideoiden leviämistä ensin opettajien kokeilujen kautta ja vasta myöhemmin aletaan tutkia niiden vaikutuksia opetustyöhön ja oppimiseen. Nyt ollaan juuri siinä vaiheessa, jossa menetelmä alkaa vakiinnuttaa paikkaansa opetuskentällä, tieteellistä tutkimusta on jo jonkun verran olemassa ja tutkimusten tuloksia voidaan alkaa hyödyntää.

2.2 Käänteisen opetuksen määritelmä

Käänteinen opetus (myös käänteinen luokkahuone, flipped classroom) on eräs monimuoto-opetuksen muoto, ja se tarkoittaa opetusmenetelmää, jossa opettaja käyttää yhteistä aikaansa oppilaiden kanssa uuden tiedon opettamisen sijaan opitun tiedon käyttämiseen ja soveltamiseen. Tyypillisesti oppilaat tutustuvat uuteen aiheeseen kotona, ja koulussa asiaa harjoitellaan erilaisten tehtävien kautta. Menetelmä on saanut nimensä juuri tästä: koulussa ja kotona tehtävät työt vaihtavat paikkaa. (Toivola ym. 2017)

Käänteiselle opetukselle ei ole olemassa selkeää ja yksikäsitteistä määritelmää, mutta joitakin alan tutkijoiden laatimia ehdotuksia käänteisen opetuksen määritel-

mäksi on tehty käyttäen pohjana menetelmälle tyypillisiä piirteitä ja toteutustapoja. Yleisesti viitataan Abeysekeran ja Dawsonin (2015) antamaan määritelmään, jossa he kuvailevat menetelmän luonteenomaisia piirteitä ja tarjoavat niiden perusteella kolmiosaisen määritelmän käänteiselle opetukselle. Sen mukaan käänteinen opetus

- siirtää valtaosan tiedonsiirtoon liittyvästä opetuksesta luokkaopetuksen ulkopuolelle,
- hyödyntää luokkaopetusajan aktiivisiin ja sosiaalisiin oppimistoimintoihin ja
- edellyttää oppilaita tekemään luokkaopetusta edeltäviä tai jälkikäteen täydentäviä toimintoja, jotta luokkaopetuksesta saadaan täysi hyöty.

Käänteisessä opetuksessa esiintyvät tyypilliset erot perinteiseen opetukseen, joiden pohjalta määritelmä tehtiin, ovat luokassa ja luokan ulkopuolella tapahtuvat muutokset ajankäytössä, perinteisesti luokassa tehtäviksi miellettyjen asioiden siirtyminen kotona tehtäviksi ja toisin päin, aktiivisten oppimistoimintojen käyttö, kuten vertaisoppiminen ja ongelmanratkaisu, ennen ja jälkeen luokkaopetusta tehtävät oppimistapahtumat sekä teknologian ja videoiden hyödyntäminen oppimistarkoituksessa. (Abeysekeran & Dawson 2015)

Toisen, myös yleisesti käytetyn, määritelmän käänteiselle opetukselle tarjoavat Bishop ja Verleger (2013) katsauksessaan käänteisen opetuksen tutkimuksesta. Heidän määritelmänsä mukaan käänteisessä opetuksessa on kyse koulutuksellisesta menetelmästä, jossa on kaksi osaa. Ensimmäinen osa on luokkahuoneessa tapahtuva interaktiivinen ja toiminnallinen ryhmässä tapahtuva oppimistilanne, ja toinen on luokkahuoneen ulkopuolella tapahtuva, tietotekniikkaan perustuva, yksilöllinen ja tiedonjakoon liittyvä oppimistilanne.

Molemmissa määritelmissä näkyy suoran tiedonjaon siirtyminen oppituntien ulkopuolelle, mutta myös luokkatilanteessa tapahtuva oppimiskulttuurin muutos kohti vuorovaikutteista ja toiminnallista oppimista sekä teknologisten mahdollisuuksien hyödyntäminen oppimisen tehostamiseksi.

2.3 Käänteisen oppimisen määritelmä

Käänteistä oppimista on Suomessa tehnyt tunnetuksi matemaattisten aineiden opettaja Marika Toivola, joka kuvailee käänteisen oppimisen (flipped learning) tarkoittavan oppimisen ideologiaa, jonka keskiössä on oppilaan omaehtoinen ja itseohjautuva oppiminen. Siinä jokaisen oppilaan oppiminen nähdään erillisenä ja erilaisena kuin muiden oppilaiden oppiminen. (Toivola ym. 2017)

Toisin kuin käänteiselle opetukselle, käänteiselle oppimiselle on muotoiltu virallinen määritelmä vuonna 2014. Määritelmän takana on Käänteisen oppimisen verkosto (Flipped Learning Network), jonka pyrkimys oli määritelmän avulla tuoda selkeyttä vallitsevaan keskusteluun aiheen ympärillä ja oikaista yleisiä väärinkäsityksiä. Määritelmän mukaan käänteinen oppiminen on pedagoginen lähestymistapa, jossa suora opetus siirtyy ryhmäoppimisen tilasta henkilökohtaiseen tilaan, ja vapautuva ryhmätila muuntuu dynaamiseksi, vuorovaikutukselliseksi oppimisympäristök-

si, jossa opettaja ohjaa oppilaita heidän soveltaessaan konsepteja ja osallistuessaan luovasti opiskeltavan aiheen käsittelyyn. (Flipped Learning Network 2014)

Muodollisen määritelmän lisäksi yhteisö julkaisi samalla käänteisen oppimisen neljä peruspilaria, joiden alkukirjaimista muodostuu englanninkielinen sana FLIP. Nämä käänteisen oppimisen peruspilarit ovat joustava oppimisympäristö (Flexible environment), oppimiskulttuuri (Learning culture), tarkoituksenmukainen sisältö (Intentional content) ja ammattitaitoinen opettaja (Professional educator). Yhteisön näkemyksen mukaan käänteisestä oppimisesta voidaan puhua vasta, kun näiden neljän peruspilarin sisältö toteutuu opetuksessa. Sen arvioimiseksi pilareihin on liitetty yhteensä 11 kohtaa, joiden toteutuessa voi katsoa toimivansa käänteisessä oppimisessä tarkoitetulla tavalla. Mainitakseni muutamia esimerkkejä, oppilaille tulee tarjota erilaisia tapoja opiskella sisältöjä ja osoittaa osaamistaan, arvioinnin tulee olla havaintoihin perustuvaa jatkuvaa formatiivista arviointia, josta tulee pitää kirjaa, ja sisältöjä on eriytettävä palvelemaan kaikkien oppilaiden tarpeita. (Flipped Learning Network 2014)

Aivan kaikki eivät ole olleet sitä mieltä, että määritelmä tällaisenaan olisi riittävän kattava. Chen, Wang, Kinshuk ja Chen (2014) ehdottivat neljään peruspilariin kolmea lisäystä, jolloin pilareiden alkukirjaimista muodostuisi sana FLIPPED. Uusi pilareiksi ehdotettiin eteneviä toimintoja (Progressive Activities), sitouttavia kokemuksia (Engaging Experiences) ja monimuotoisia alustoja (Diversified Platforms). Alkuperäiseen määritelmään ei kuitenkaan ole tehty muutoksia.

2.4 Käänteiset menetelmät matematiikan opetuksessa

Käänteisen opetuksen juuret löytyvät kemian oppitunneilta, ja käänteisen oppimisen oppi-isänä pidetty Mazur toimi puolestaan fysiikan professuurissa. Käänteiset opetusmenetelmät ovat siten saaneet alkusysäyksensä luonnontieteiden parissa. Matematiikan opetuksella on selviä yhtymäkohtia luonnontieteiden kanssa, joten ei liene yllättävää, että matematiikan opettajat ovat omaksuneet käänteisten menetelmien käytön soveltaen sitä omaan aineeseensa. Hieman yllättävänä voi sen sijaan pitää sitä, että matematiikalla tuntuu tällä hetkellä olevan jopa hallitseva asema oppiaineiden joukossa käänteisten opetusmenetelmien käytössä, ainakin yläkoulu- ja lukioikäisten parissa. Katsauksessa, joka kartoitti käänteisten menetelmien käytöstä K-12-ikäisten (vastaa Suomen esikoulu-, peruskoulu- ja lukioikäisiä) parissa tehtyjä tutkimuksia, matematiikan parissa tehdyt tutkimukset vastasivat 40 % kaikista tutkimuksista, kun taas muut STEM-aineet (science, technology, engineering, mathematics) vastasivat hieman yli 25 %:sta. Muiden kuin STEM-aineiden osuudeksi jäi siis vain n. 35 %. Tämä antaa viitteitä siitä, että kansainvälisesti tarkasteltuna matematiikka on suosituin oppiaine käänteisten menetelmien käytön tutkimuksessa, mutta mahdollisesti myös menetelmien käytössä. (Lo & Hew 2017a)

Suomessa tilanne vaikuttaa samankaltaiselta. Täällä käänteisen oppimisen edelläkävijöinä pidetyt Marika Toivola ja Pekka Peura ovat molemmat matemaattisten aineiden opettajia, ja heidän kirjansa kolmas kirjoittaja Markus Humaloja on puolestaan luokanopettaja (Toivola ym. 2017). Sekä Peura että Toivola ovat puhuneet ko-

kemuksistaan käänteisen oppimisen menetelmästä nimenomaan matematiikan opettamisen viitekehyyksessä. Vaikka tilastollista aineistoa käänteisesti opettavien aineenopettajien aineista Suomessa ei olekaan tietoa, myös suomalainen tutkimus käänteisistä menetelmistä vaikuttaa olevan hieman matematiikkapainotteista (Toivola 2018). Käänteiset menetelmät vaikuttaisivat siis soveltuvan erityisen hyvin juuri matematiikan opettamiseen.

Käänteisen opetuksen pioneerit, Bergmann ja Sams, ovat edistäneet käänteisten menetelmien käyttöä juuri matematiikan opetuksessa julkaisemalla aiheeseen erikoistuneen kirjan, jossa he antavat käytännöllisiä ideoita, miten toteuttaa matematiikan opetuksen käänteistäminen, mistä löytää käytettäviä aineistoja ja miten oppitunti kannattaa suunnitella (Bergmann & Sams 2015). Tämänkaltaiset materiaalit selittävät varmasti osaltaan matematiikan suosiota käänteisillä menetelmillä opettujien aineiden joukossa.

Eräs syy, joka voisi selittää matematiikan erityisaseman käänteisesti opettavien aineiden joukossa, on matematiikan erityinen luonne useisiin muihin kouluaineisiin verrattuna. Matematiikkaa pitää ymmärtää ja osata soveltaa, ulkoa oppimisella ei pärjää kovinkaan pitkälle. Matematiikka rakentuu hyvin voimakkaasti aiemmin opitun varaan, ja aukko varhaisemmassa tiedossa johtaa vaikeuksiin myöhemmin. Siksi taitojen harjoittelu on erityisen keskeistä. Toisaalta matematiikassa opiskeltava aines on hyvin tiivistä. Asioiden esittelyyn ei kulu paljoa aikaa, ja jos asian ymmärtää helposti, voi siirtyä nopeastikin eteenpäin. Siksi matematiikassa voi näkyä erityisen voimakkaasti oppilaiden tarve edetä eri tahtia. Näiden syiden vuoksi voisin itse ajatella, että juuri matematiikka on erityisen houkutteleva aine käänteiselle opetustyyliille. Voi olla, että moni muukin opettaja on ajatellut samoin, ja juuri siksi käänteiset opetusmenetelmät ovat matematiikan ja sitä hyödyntävien aineiden opetuksessa niin suosittuja.

3 Tutkimuskysymykset ja -menetelmä

Tässä luvussa esitellään kirjallisuuskatsauksen pohjana toimineet tutkimuskysymykset ja tutkimuksen teossa käytetty tutkimusmenetelmä. Tutkimuskysymykset valittiin kattamaan sellaiset matematiikan opetukseen liittyvät aiheet, joita opetusmenetelmänsä valitseva matematiikan opettaja yläkoulussa tai lukiossa voisi käyttää päätöksentekonsa ja mahdollisen käänteiseen opettamiseen siirtymisen tukena. Tutkimusmenetelmä kuvaa aineistonkeruuprosessia sekä tutkimuksen kohteeksi valikoituneen aineiston yleispiirteitä.

3.1 Tutkimuskysymykset

Tämän kirjallisuuskatsauksen tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

1. Millaisia vaikutuksia käänteisten menetelmien käyttämisellä yläkoulu- ja lukioikäisten matematiikan opetuksessa on oppimiseen, opetustilanteeseen ja oppilaisiin?

2. Miten matematiikan käänteinen oppiminen tai opetus yläkoulussa tai lukiossa tämänhetkisen tutkimuksen valossa kannattaisi toteuttaa?
3. Mitä opetustyön kannalta tärkeitä asioita matematiikan käänteisestä opetuksesta yläkoulussa tai lukiossa ei ole vielä tutkittu tai on tutkittu vasta vähän?

3.2 Tutkimusmenetelmä

Kirjallisuuskatsauksen tutkimusaineisto kerättiin keväällä 2018, ja sitä täydennettiin kesäkuussa 2019 kuromaan umpeen alkuperäisen aineistokeruun ja katsauksen valmistumisajankohdan väliin jäänyt ajanjakso. Tutkimusaineistoa haettiin useista kasvatusta ja opetusalan tietokannoista artikkelien tiivistelmiin kohdistetulla hakulausekkeella (flip* OR invert*) AND (learn* OR class*) AND math*. Näillä hakusanoilla pyrittiin saamaan mukaan mahdollisimman monet englanninkieliset variaatiot käänteisistä opiskelumenetelmistä, kuten flipped learning, inverted classroom tai flipping the class.

Haku kohdistettiin vuonna 2010 tai myöhemmin tehtyihin julkaisuihin, jotka olivat, mikäli tietokannan hakuasetuksissa näin oli mahdollista rajata, vertaisarvioituja. Vuosilukurajaus tehtiin, koska ennakkotutustumisen perusteella vaikutti ilmeiseltä, että ennen vuotta 2010 on vain hyvin vähän, jos lainkaan, aiheesta tehtyjä tutkimuksia. Oletus osoittautui oikeaksi, sillä vanhin aineistoon löytynyt lähde oli vuodelta 2012. Hakulausekkeessa käytetyt sanojen osat esiintyivät myös monissa muissa sanoissa (esim. classical, inverter, classes), joita käytetään paljon laajemmista yhteyksissä kuin vain käänteistä opetusta tai oppimista käsittelevissä julkaisuissa. Vuosilukurajauksen avulla saatiin hakutulosten määrä rajattua maltilliseksi käsin tehtävää rajausta varten.

Tietokannat, joista aineistohaut tehtiin olivat Primo; Eric, Education Research Complete ja Teacher Reference Center (EBSCOhost); sekä Mathematics Education Database; ja Education Database (Pro Quest).

Hakujen tulokset käytiin läpi, ja tuloksista valittiin käänteisiin opetusmenetelmiin liittyvät julkaisut, joissa tutkittujen oppilaiden ikäjakauma oli välillä 12-19, mikä vastaa tyypillistä suomalaista yläkoulu- ja lukioikäisten ikähaarukkaa. Aineistoa täydennettiin hakutulosten ulkopuolelta, mikäli esimerkiksi julkaisun viitteissä tai muilla tavoin löytyi sellainen aihepiiriin sopiva julkaisu, joka ei tietokantahauissa ollut löytynyt. Aineistoon hyväksyttiin myös tutkimuksia, joissa vain merkittävä osa tutkituista oppilaista asettui kyseiseen ikähaarukkaan tai joissa tutkittiin matematiikan lisäksi muita aineita, mutta matematiikan osalta saadut tulokset oli ilmoitettu erillisinä muista tuloksista.

Näin koottu tämän kirjallisuuskatsauksen varsinainen aineisto muodostui 25 akateemisissa lehdissä julkaistusta vertaisarvioidusta artikkelista, neljästä konferenssijulkaisusta, kolmesta muusta artikkelista, sekä kolmesta väitöskirjasta, joissa kuvattiin yläkoulu- tai lukioikäisten matematiikan opetuksen parissa tehtyä käänteisiin menetelmiin liittyvää tutkimusta. Muiden kuin vertaisarvioitujen artikkelien osalta

ne sisällytettiin tutkimukseen, mikäli niissä oli tarkasteltu aihetta joltain sellaiselta näkökulmalta, joka olisi muuten jäänyt aineistossa hyvin vähäiselle edustukselle.

Yhteensä varsinaiseen tutkimusaineistoon kuului 35 lähdetä. Tämä aineisto koostui 29 eri tutkijan tai tutkimusryhmän julkaisuista, joten osalla tutkijoista oli useampi tähän aineistorajaukseen sopiva julkaisu. Suurin osa tutkimuksista oli tehty Pohjois-Amerikassa, mutta joukossa oli tutkimuksia myös Euroopasta, Aasiasta ja Australiasta. Tutkimusten jakautumista yläkoulu- ja lukioikäisten välillä on joissakin tapauksissa vaikea tehdä eri maiden koulutusjärjestelmien erojen vuoksi, mutta aineistossa on useita artikkeleita koskien sekä yläkoulu- että lukioikäisten opetusta. Samoin tutkimusaineiston jakautumista eri matematiikan osa-alueiden opetuksen suhteen on vaikea arvioida tutkimusten vaihtelevien kestojen sekä osassa julkaisuja aihepiirin hyvin yleisellä tasolla tehdyn kuvauksen vuoksi.

4 Käänteisten menetelmien käytön vaikutukset matematiikan opetuksessa

Opetusmenetelmän valinnalla on aina vaikutuksia opetukseen ja sillä saavutettiin tuloksiin. Tässä luvussa vastataan ensimmäiseen tutkimuskysymykseen aineiston pohjalta. Ensin käsitellään käänteisten menetelmien käytön vaikutusta matematiikan oppimistuloksiin, sitten oppilaisiin ja heidän asennoitumiseensa ja luvun lopussa vielä oppitunteihin ja opetukseen yleensä.

4.1 Vaikutukset matematiikan oppimistuloksiin

Aineiston tutkimuksista 14:ssä eli hieman alle puolessa käsiteltiin käänteisten menetelmien vaikutusta oppimistuloksiin. Oppimistuloksia oli useimmiten tutkittu kasvatustieteille tyypillisesti kvasikokeellisella menetelmällä käyttäen likimain vertailtavissa olevaa tutkimus- ja kontrolliryhmää. Tutkimusryhmää opetettiin tutkimusjakson ajan käänteisellä ja kontrolliryhmää perinteisellä menetelmällä. Oppimistuloksia mitattiin tyypillisesti tutkimuksen alussa ja lopussa pidetyillä samanlaisilla kokeilla, joiden tuloksia verrattiin sekä toisiinsa että ennen jakson alkua pidettyjen kokeiden tuloksiin. Näin määritettiin, kuinka paljon oppimista oli jakson aikana tapahtunut ja oliko eri tavoin opettujien ryhmien oppimistuloksissa eroa (Bhagat, Chang & Chang 2016; Casem 2016; Katsa, Sergis & Sampson 2016; Kirvan, Rakes & Zamora 2015). Kahdessa tutkimuksessa (Clark 2015; Graziano & Hall 2017) käytettiin vertailuryhmänä aiemman vuoden vastaavaa opetusryhmää.

Tutkimusjaksojen pituudet vaihtelivat suuresti. Lyhin tutkimusjakson pituus oli yksi oppitunti (DeSantis, Van Curen, Putsch & Metzger 2015) ja pisin oli lukuvuosi (Graziano & Hall 2017). Useimmissa tapauksissa tutkimusjakson pituus oli useita viikkoja (mm. Lo, Lie & Hew 2018; Schmeisser Arriaga & Medina-Talavera 2018; Yousefzadeh & Salimi 2015).

Oppimistuloksia mittaavista tutkimuksista kolmessa oli tutkittu matematiikan oppimistulosten lisäksi myös muiden aineiden oppimistuloksia. Kyseiset kolme tutkimusta sijoittuvat maantieteellisesti laajalle alueelle: Pohjois-Amerikkaan (Schmeisser Arriaga & Medina-Talavera 2018), Iraniin (Yousefzadeh & Salimi 2015) ja Hong Kongiin (Lo ym. 2018). Useimmissa muissa oppimistuloksia käsittelevissä tutkimuksissa oli oppimistulosten lisäksi otettu jokin muukin näkökulma tarkasteluun, kuten oppilaiden motivaatio (Graziano & Hall 2017), asennoituminen (Casem 2016), sitoutuminen opetukseen (Clark 2015) tai erityyppisten tehtävänkäsittelyvaiheiden hallinta (Kirvan ym. 2015). Eritasoisten oppilaiden oppimistuloksia (Bhagat ym. 2016; Katsa ym. 2016), käänteisen opetuksen ja käänteisen oppimisen eroja oppimistuloksissa (Wiginton 2013) sekä oppimistuloksista raportoitua tilastollista materiaalia (Fulton 2012; Lo, Hew & Chen 2017), käsitellään omina alalukuihin yleisten oppimistulosten jälkeen.

4.1.1 Vaikutukset yleisiin oppimistuloksiin

Oppimistuloksia mitanneiden tutkimusten tulokset jakautuivat selvästi kahteen ryhmään: niihin, joissa todettiin käänteisten menetelmien tilastollisesti merkitsevästi parantavan matematiikan oppimistuloksia (Bhagat ym. 2016; Casem 2016; Katsa ym. 2016; Lo ym. 2018; Wiginton 2013; Yousefzadeh & Salimi 2015), ja niihin, joissa ei raportoitu tilastollisesti merkitsevää eroa oppimistuloksissa käänteisillä menetelmillä ohjatun ja perinteisesti opetetun ryhmän välillä (Clark 2015; DeSantis ym. 2015; Graziano & Hall 2017; Kirvan ym. 2015; Ramaglia 2015; Schmeisser Arriaga & Medina-Talavera 2018). Yhtään tutkimusta, jossa käänteisten menetelmien käytön olisi todettu heikentäneen oppimistuloksia perinteiseen opetukseen verrattuna tilastollisesti merkitsevästi, ei aineistosta löytynyt.

Oppimistuloksia mittaavien tutkimusten keskinäistä vertailtavuutta on vaikea arvioida. Kahtiajakautuneet tulokset viittaavat siihen, että tutkimusten välillä on tuloksiin vaikuttaneita eroavaisuuksia, jotka eivät välttämättä suoraan liity käänteisten menetelmien käyttöön opetuksessa. Tutkimuksia on kuitenkin tehty sen verran vähän, ja niissä käytettyjä opetusmenetelmiä on usein kuvattu niin yleisellä tasolla, että tuloksissa havaittujen oppimistulosten erojen syitä on mahdotonta löytää. Esimerkiksi tutkimusjakson pituudella ei aineiston perusteella näyttänyt olevan vaikutusta tuloksiin.

Oppimistuloksia käsittelevien tutkimusten määrää voi pitää yllättävänkin alhaisena, erityisesti tulosten ollessa näin kahtiajakautuneita. Voisi olettaa oppimistulosten tutkimuksen olevan kiinnostavaa, sillä opetusmenetelmät pyritään valitsemaan mahdollisimman hyviin oppimistuloksiin johtaviksi. Eräs tekijä, joka saattaa osaltaan selittää oppimistuloksia vertailevien tutkimusten suhteellisen vähäisen määrän, on käytännön tutkimuksen teon haasteet. Kuten Tse, Choi ja Tang (2019, s. 395–396) tutkimuksessaan mainitsevat, on vaikea löytää tutkimuskoulua, jossa samalle luokka-asteelle tarjotaan opetusta sekä perinteisesti että käänteisesti ja vieläpä saman opettajan toimesta.

4.1.2 Eritasoisten oppilaiden oppimistulokset

Kahdessa tutkimuksessa oli yleisten oppimistulosten lisäksi mitattu eritasoisten oppilaiden suoriutumista käänteisessä opetuksessa verrattuna perinteiseen opetukseen. Bhagat ym. (2016) tutki kuusi viikkoa kestäneen opetusjakson oppimistuloksia 82 14–15 -vuotiaan taiwanilaisen oppilaan parissa. Oppilaat jaettiin kahteen samansuuruiseen ryhmään, joista toinen toimi tutkimusryhmänä saaden käänteistä opetusta, ja toinen kontrolliryhmänä saaden perinteistä matematiikan opetusta. Tutkijat määrittivät oppilaiden oppimisprofiilin korkean, keskitason tai matalan tason suoriutujina oppilaiden aiempien arvosanojen perusteella. Sama opettaja opetti molemmille ryhmille trigonometriaa. Tutkimusjakson jälkeen oppilaat osallistuivat loppukokeeseen, joiden tuloksista kävi ilmi, että keskitason ja matalan tason suoriutujat saivat tilastollisesti merkitsevästi paremmat tulokset käänteisesti opetetussa ryhmässä, kun taas korkean tason suoriutujien tuloksissa ei ollut tilastollista eroa ryhmien välillä. Heikoin suoriutuvassa oppilasryhmässä saavutettu hyöty oli suurin.

Toinen tutkimus, jossa tarkasteltiin eritasoisten oppijoiden suorituksia oli Katsan ym. (2016) toteuttama. Toimintatutkimukseen osallistui 40 16–17 -vuotiasta kreikkalaisopiskelijaa, ja tutkimusjakson kesto oli 8 viikkoa. Tutkimusjakson aikana algebraa opetettiin käänteisesti puolelle opiskelijoista ja puolet toimi kontrolliryhmänä saaden perinteistä opetusta. Opiskelijoiden taitojen karttumista mitattiin neljän testin avulla, jotka oli ajoitettu kurssin alkuun sekä kolmannen, kuudennen ja kahdeksannen viikon loppuun. Tutkimukseen osallistuneet opiskelijat jaettiin ensimmäisen testin perusteella matalan tason, keskitason ja korkean tason suoriutujiin. Alkutestin tulosten keskiarvot olivat tutkimus- ja kontrolliryhmällä lähes samat. Toisessa testissä ryhmien tuloksissa oli pieni ero tutkimusryhmän hyväksi, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Kolmannessa ja neljännessä testissä ryhmien keskiarvojen ero kasvoi edelleen, ja nämä erot olivat myös tilastollisesti merkitsevät ($p < 0,05$). Ensimmäisen ja viimeisen testin tuloksia analysoitiin myös ryhmien sisällä, jotta ryhmien oppimista opetusjakson aikana voitiin arvioida. Molemmissa ryhmissä aihepiirin osaaminen oli parantunut opetusjakson aikana tilastollisesti merkitsevästi, joten tutkimusryhmässä saavutettu parempi oppiminen katsottiin johtuvan käytetystä opetustavasta. Tutkimusryhmän osalta analysoitiin oppimista myös eri suoriutumistasoilla, ja havaittiin matalan tason suoriutujien tulosten parantuneen eniten (67 %) kurssin aikana, kun taas keskitason (23 %) ja korkean tason suoriutujilla (9 %) oppiminen oli ollut vähäisempää. Koska tutkimuksessa ei oltu tehty kontrolliryhmälle vastaavaa analyysiä oppimisen jakautumisesta eritasoisten oppijoiden kesken, ei tämän tutkimuksen perusteella voida vertailla heikosti ja paremmin suoriutuvien eroja oppimisessa opetustavan perusteella, mikä olisi ollut mielenkiintoista.

Heikosti suoriutuvien oppilaiden oppimistuloksia tutkivat myös Graziano ja Hall (2017). Kyseinen koko lukuvuoden kestänyt algebran käänteisen opetuksen tutkimus tapahtui koulussa, jossa oppilaita opetettiin englanniksi, mutta heidän äidinkieltensä oli jokin muu kieli. Tutkimusryhmän ($n = 39$) oppilaiden taitotaso englannissa vaihteli alkeistasosta kehittyvään tasoon. Kontrolliryhmänä ($n = 39$) toimi edellisen vuoden opiskelijoiden tulokset samalla kurssilla, joka oli silloin opetettu perinteisesti

saman opettajan toimesta. Opiskelijoiden keskimääräinen ikä oli 16 vuotta. Käänteisesti opetettu ryhmä saavutti hieman paremmat tulokset syksyn ja kevään päättökokeissa, mutta tuloksissa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa ryhmien välillä. Lisäksi molemmissa ryhmissä yleinen suoritustaso säilyi heikkona, ja molemmissa tutkimusryhmissä oli opiskelijoita, jotka eivät valmistuneet koulustaan heikon matematiikan osaamisen takia. Käänteinen opetus ei siis tässä tapauksessa poistanut tai edes merkitsevästi parantanut muulla kuin äidinkielellä opiskelevien suoritustasoa matematiikassa.

Grazianon ja Hallin (2017) tutkimuksessa ei ollut eroteltu oppilaita suoritustason mukaan, joten sen tulokset eivät ole suoraan verrattavissa Bhagatin ym. (2016) ja Katsan ym. (2016) tutkimuksiin. Kyseisessä tutkimuksessa merkittävin suoritustasoon vaikuttava seikka on oletettavasti opetuskielen osaamistaso, mitä matematiikan käänteisellä opetuksella tuskin voidaan merkittävästi kohentaa, sillä matematiikan opetuksen ensisijainen tarkoitus ei ole kielitaidon parantaminen. Näin ollen vaikuttaisikin siltä, että käänteisten menetelmien vaikutus matematiikan oppimistuloksiin on joka tapauksessa merkittävästi pienempi kuin kielitaidon. Silloin on turhan suoraviivaista väittää, että käänteisillä menetelmillä olisi matematiikassa heikoille oppilaille aina merkittävä positiivinen vaikutus oppimistuloksiin. Jos haasteet matematiikan oppimisessa johtuvat puutteista oppimisen perusedellytyksissä, kuten kielitaidossa, tulee tuen kohdistua ensisijaisesti näihin puutteisiin mieluummin kuin varioida opetusmenetelmiä parempien tulosten toivossa.

Toisaalta, sekä Bhagat ym. (2016) että Katsa ym. (2016) päätyivät samanlaisiin tuloksiin, joiden mukaan käänteisellä opetuksella saavutettiin paremmat oppimistulokset matematiikassa, ja muutoksen taustalla olivat nimen omaan heikosti pärjäävien oppilaiden paremmat tulokset. Parempaan tulokseen voi vaikuttaa sekä opettajalta saatu suurempi tuki oppitunneilla että tehtävistä keskusteleminen muiden oppilaiden kanssa, jolloin heikommatkin oppilaat voivat prosessoida tehtäviä aiempaa paremmin (Bhagat ym. 2016). Tämä tulos on rohkaiseva niille, jotka pohtivat käänteisten menetelmien soveltuvuutta heikoille oppilaille. Paremmin pärjäävien ryhmissä muutokset oppimistuloksissa olivat pienempiä, mutta kuitenkin positiivisia. Tämä on luonnollinen tulos, sillä mitä parempi lähtötaso oppilaalla on, sitä vähemmän sitä on mahdollista parantaa pisteytyksessä kokeessa.

Molemmat eritasoisten oppilaiden suorituksia mittaavista tutkimuksista oli tehty käänteistä opetusta käyttäen. Käänteisessä oppimisessa oppilaille annetaan enemmän vastuuta ja odotetaan suurempaa itseohjautuvuutta. Näillä tekijöillä voi olla vaikutusta heikkojen oppilaiden suoritustasoon käänteistä oppimista käytettäessä.

4.1.3 Käänteisen opetuksen ja käänteisen oppimisen ero oppimistuloksissa

Aineistosta löytyi yksi tutkimus, jossa oli vertailtu sekä käänteisen opetuksen menetelmällä opetettua ryhmää että käänteisen oppimisen menetelmällä opetettua ryhmää perinteisesti opetettuun ryhmään. Wigintonin (2013) 16 viikkoa kestäneessä tutkimuksessa tarkasteltiin kolmea yhdeksättä luokkaa ($n = 66$), joista yksi oli perinteisellä menetelmällä opetettu ryhmä, ja kahta muuta ryhmää ohjattiin käänteisesti.

Molempia käänteisiä ryhmiä opetti sama opettaja, mutta hän käytti ryhmillä erilaisia ohjausmenetelmiä, joista toista voi luonnehtia käänteiseksi opetuksiksi (aktiivinen käänteisen opetuksen malli, Flipped Active) ja toista käänteiseksi oppimiseksi (taitavuuden osoittamisen käänteisen oppimisen malli, Flipped Mastery). Näiden ohjausmallien eroja ja oppituntien rakennetta on käsitelty tarkemmin luvussa 5.2.3.

Perinteisesti opetettua ryhmää ohjasi toinen opettaja. Hänen oppituntinsa alkoivat taululle tehdyllä alustuksella tai kertauksella, jotka oppilaat kopioivat vihkoihinsa. Opettajan alustuksen aikana keskustelua ei sallittu, mutta opettaja pysähtyi välillä vastataksaan kysymyksiin. Alustuksen jälkeen opettaja teki vastaavan tehtävän taululle, jonka oppilaat ratkaisivat hiljaa ja itsenäisesti opettajan kiertäessä vastaamassa yksittäisten oppilaiden kysymyksiin. Tunnin loppuosa käytettiin loppujen tehtävien, myös kotitehtävien, tekemiseen. Jos osa tehtävistä jäi kesken, ne piti tehdä valmiiksi kotona. Oppilaat työskentelivät hiljaa ja itsenäisesti, eikä oppilaiden välistä vuorovaikutusta tapahtunut. Viikoittaisten testien jälkeen edettiin seuraavaan aiheeseen riippumatta osaamisen tasosta. (Wiginton 2013)

Ryhmien oppimistuloksia mittaavissa testeissä molempien käänteisesti ohjattujen ryhmien oppimistulokset olivat parempia kuin perinteisesti opetetulla ryhmällä. Ero oli tilastollisesti merkitsevä. Aktiivisen käänteisen opetuksen mallilla saavutettiin hieman paremmat tulokset kuin taitavuuden osoittamisen mallilla, mutta näiden ryhmien ero tuloksissa ei ollut merkitsevä. (Wiginton 2013)

Tutkimuksen tuloksia tulkitessa voidaan pohtia, oliko opettajalla vaikutusta tuloksiin, koska perinteisesti opetettua ryhmää opetti eri opettaja. Toinen huomionarvoinen seikka on, että käänteisesti opettava opettaja oli käyttänyt aktiivisen opetuksen (käänteinen opetus) mallia useita vuosia, mutta tutkimusvuosi oli ensimmäinen, jolloin hän käytti taitavuuden osoittamisen mallia (käänteinen oppiminen). On mahdollista, että pidemmällä kokemuksella saavuttaa paremman valmiuden hyödyntää mallia parhaalla tavalla, mikä tässä tutkimuksessa tarkoittaisi etua käänteiselle opetukselle.

4.1.4 Tilastollinen aineisto oppimistuloksista

Käänteisten menetelmien vaikutuksista yläkoulu- ja lukioikäisten matematiikan oppimistuloksiin on julkaistu myös joitakin tilastollisia tietoja. Fulton (2012) kuvaa artikkelissaan Minnesotalaisen koulupiirin menestyksestä siirtymää käänteiseen opettamiseen matematiikassa ja syitä, joiden vuoksi käänteinen opettaminen tämän kokemuksen perusteella on kannattavaa. Väitteidensä tueksi hän esittelee kuvaajia oppilaiden oppimistuloksista matematiikan opetusmenetelmän muutosta edeltävältä ajalta ja vertaa niitä muutoksen jälkeisen ajan tuloksiin.

Differentiaali- ja integraalilaskennan oppimistuloksissa parhaiden arvosanojen määrä on muutoksen myötä noussut keskimäärin 9,8 %, valmistelevan kurssin arvosanojen keskimääräinen nousu on 6,1 % käänteiseen opetukseen siirtymisen jälkeen ja 11 %, kun käänteistä opetusta kehitettiin edelleen perustuen Eric Mazurin ajatuksen vertaisohjauksesta (Faulkner 2014). Edistyneille oppilaille suunnatun algebra II -kurssin kappalekohtaisten testien mediaanit nousivat 5,1 %, kun kaikki aineisto

laitettiin saataville verkkoon. Geometriassa tulokset olivat samansuuntaisia: kurssien hylätyt arvosanat laskivat 13 %:sta 6 %:iin. (Fulton 2012)

Yhdessä koulussa saavutetut hyvät tulokset eivät välttämättä ole yleistettävissä muihin kouluihin, ja on mahdollista, ettei oppimistuloksia olisi julkaistu, jos ne eivät olisi olleet niin selkeän positiivisia. Tässä tapauksessa on huomionarvoista myös se, että koko koulun opetustyyli muutettiin samalla kertaa, ja matematiikan opettajat suunnittelivat uudenlaisen opetuskulttuurin yhdessä. Opettajien toimiva yhteistyö ja koulun yhtenäinen linja voivat nekin osaltaan auttaa hyviä oppimistuloksia. Näistä seikoista huolimatta ainakin sen verran voidaan päätellä, että muuttamalla opetuskulttuuria käänteisiä menetelmiä hyödyntäviksi on ainakin jossain tapauksissa mahdollista luoda kouluun menestyvä matematiikan opetuksen kulttuuri, jossa oppimistulokset ovat aiempaa parempia.

Eri tyyppistä tilastollista aineistoa tarjoavat Lo ym. (2017) katsausartikkelissaan matematiikan opetuksen parissa tehdystä käänteisten menetelmien tutkimuksesta. He arvioivat yli 70 tieteellistä, vertaisarvioitua artikkelia, ja tekivät niiden perusteella synteetin matematiikan oppimistuloksista. Käänteisillä menetelmillä saavutettiin yleisesti ottaen merkitsevästi parempia oppimistuloksia, ja tämä vaikutus oli paljon suurempi niissä tutkimuksissa, joissa oppituntien alussa käytettiin jotain kotona opitun aktivoivaa työkalua, kuten kertaavaa visaa, lämmittelytehtäviä tai keskustellen kertaamista.

Tässäkin tapauksessa arvio oli myönteinen käänteisten menetelmien käytön puolesta matematiikan opetuksessa. Katsauksen tulosten yleistämisessä yläkoulu- ja lukioikäisiin tulee olla varovainen, sillä valtaosa matematiikan käänteisen opetuksen tutkimuksesta ja siten katsauksessa mukana olleista tutkimuksista on tehty korkeasteella opiskelevien parissa. Aikuisilla opiskelijoilla voisi olettaa olevan alaikäisiä oppilaita paremmat valmiudet hyödyntää käänteistä ohjausta ja ottaa vastuuta omasta opiskelustaan. Sikäli onkin merkillepantavaa, että kotona opitun aktivointi tunnin alussa havaittiin katsauksessa keskeisen tärkeäksi. Jos aikuisetkin opiskelijat hyötyvät siitä merkittävästi, voi arvella tunnin alussa tapahtuvan aktivoinnin olevan vähintään yhtä tärkeää nuoremmissa ikäryhmissä.

4.2 Vaikutukset oppilaiden asenteisiin ja opiskelutapoihin

Aineiston tutkimuksista 22:ssa kuvailtiin muutoksia oppilaiden asenteissa ja opiskelutavoissa, kun yläkoulu- ja lukioikäisille opetettiin matematiikkaa käänteisiä menetelmiä käyttäen. Tämä osoittautui olevan käytetyn aineiston tutkimuksissa yleisimmin käsitelty aihepiiri. Oppilaiden kokemusta ja suhtautumista opiskeltavaan aineeseen ja käytettyihin menetelmiin pidetään siten selvästi tärkeinä. Myönteinen suhtautuminen opiskeltavaan aineeseen ja myönteiset kokemukset käytetyistä menetelmistä lisäävät oppilaiden sitoutumista ja motivaatiota, ja sitä kautta voivat parantaa myös oppimistuloksia.

4.2.1 Tutkitut vaikutukset oppilaiden asenteisiin

Laajasta kiinnostuksesta huolimatta vain neljässä tutkimuksessa oli tutkittu järjestelmällisesti, mikä vaikutus käänteisellä menetelmällä oli oppilaiden asenteisiin joko verrattuna samojen oppilaiden aiempiin asenteisiin (Casem 2016) tai perinteisesti opetetun kontrolliryhmän asenteisiin (Bhagat ym. 2016; Katsa ym. 2016; Tse ym. 2019).

Casem (2016) tutki aineistosta ainoana saman oppilasryhmän asenteita ennen ja jälkeen käänteisen opetuskokeilun. Tutkimusryhmässä olleiden 12 oppilaan asenteissa oli tapahtunut käänteisen opetuksen jakson aikana pientä positiivista kehitystä, mutta muutos ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Tutkija arvioi, että tutkimuksen lyhyellä kestolla, jota artikkelissa ei muutoin mainittu, saattoi olla vaikutusta asenteiden vähäiseen muuttumiseen, koska asenteen muuttuminen tapahtuu yleensä pidempien ajanjaksojen kuluessa.

Bhagat ym. (2016) ja Katsa ym. (2016) vertasivat oppilaiden motivaatiota käänteisesti ja perinteisesti opettajien ryhmien välillä kuusi ja kahdeksan viikkoa kestäneissä tutkimuksissaan. Molemmissa tutkimuksissa havaittiin tilastollisesti merkitsevät erot käänteisesti opetetun ryhmän eduksi kaikissa motivaation neljässä ulottuvuudessa: tarkkaavaisuus (attention), merkityksellisyys (relevance), itseluottamus (confidence) ja tyytyväisyys (satisfaction).

Tse ym. (2019) tutkivat opiskelijoiden lukemismotivaatiota perinteisesti ja käänteisesti opettajien ryhmien välillä selvittääkseen, vaikuttaako käänteisessä opetuksessa suuressa roolissa olevien opetusvideoiden käyttö lukemisen motivaatioon. Tutkimus toteutettiin kahden eri oppiaineen parissa, joista toinen oli matematiikka. Tutkimuksessa havaittiin video-opetukseen perustuvassa matematiikan käänteisen opetuksen ryhmässä olevan merkitsevästi vähemmän motivaatiota lukemiseen yleensä (general reading) ja samoin aineeseen liittyvään lukemiseen (subject reading), mutta tyytyväisyys aineeseen ja opetuksen tehokkuuteen olivat merkitsevästi parempia kuin perinteisesti opetetussa matematiikan ryhmässä. Tutkijat päätyivät tämän perusteella johtopäätökseen, jonka mukaan käänteisellä menetelmällä on lukemismotivaatiota heikentävä vaikutus. Koska oppilaat olivat saaneet itse valita, kummalla tavalla opetetussa ryhmässä he halusivat opiskella, ei mielestäni voida tietää johtuuko lukemisen heikko motivaatio käänteisestä opetuksesta vai ovatko heikosti lukemaan motivoituneet halunneet valita käänteisen opetuksen juurikin lukemista välttääkseen. Itse olisin taipuvainen asettumaan jälkimmäisen vaihtoehdon kannalle. Mielestäni on luonnollista, että jos oppilas ei pidä lukemisesta, hän valitsee sen opiskeluvaihtoehdon, jossa opetus perustuu videoiden käyttöön.

4.2.2 Muut havainnot vaikutuksista oppilaiden asenteisiin ja toimintaan

Muissa tutkimuksissa, joissa kuvailtiin oppilaiden asenteissa ja toiminnassa tapahtuvia muutoksia, oli esimerkiksi kerätty mielipiteitä tutkittavalta ryhmältä kyselylomakkeella, jossa oppilaat arvioivat tutkimusryhmän ennalta määrittämiä asioita tutkimusjakson aikana saamastaan opetuksesta (Grypp & Luebeck 2015; Muir & Geiger 2016). Oppilaita oli myös voitu haastatella joko ryhmissä (mm. Clark 2015) tai yksin (Moore & Chung 2015) tai kysyä opettajien kokemuksia oppilaisissa tapah-

tuneista muutoksista (De Araujo, Otten & Birisci 2017b; Kirvan ym. 2015). Usein näitä opettajien ilmoittamia muutoksia oppilaiden käytöksessä kuvailtiin melko yleisellä tasolla antamatta yksityiskohtaisia esimerkkejä, miten muutos konkreettisesti näkyi.

Näistä mainittiin tuloksina yleensä yksittäisiä poimintoja oppilaissa tai opiskelutavoissa tapahtuneista muutoksista, mutta samansuuntaiset kokemukset ja näkemykset toistuivat maininnoissa usein, mikä viittaa käänteisten menetelmien vaikuttavan ainakin niiltä osin samansuuntaisesti oppilaisiin tai opiskelutapoihin riippumatta opettajasta tai toteutuksen yksityiskohdista. Monesti tutkimuksissa painotettiin enemmän käänteisen menetelmän käyttöönoton tuomia myönteisiä vaikutuksia kuin kielteisiä, ja siten tutkimuksissa yleensä esitettiin koettuja positiivisia muutoksia paljon enemmän kuin negatiivisia. Seuraavissa kappaleissa esitellään ensin yleisesti mainittuja myönteisiä vaikutuksia ja sitten myös mainintoja saaneita kielteisiä muutoksia.

Yksi useimmin mainituista muutoksista oli oppilaiden mielestä opetuksen parantunut saatavuus (Clark 2015; Coufal 2014; Fulton 2012; Grypp & Luebeck 2015; Moore & Chung 2015; Muir 2015, 2016; Muir & Chick 2014; Muir & Geiger 2016; Wiginton 2013). Tämä pitää sisällään mahdollisuuden valita itse opiskelun aika ja paikka sekä henkilökohtaisen tarpeen mukaan katsoa opetusta uudelleen niin monta kertaa kuin haluaa, tauottaa muistiinpanojen tekoa varten tai muusta syystä, kerrata kokeeseen ja myös joidenkin oppilaiden kohdalla kelata ennestään tuttujen asioiden yli.

Usein mainittiin myös oppilaiden kokemus paremmasta oppimisesta: videoiden sekä monipuolisten luokassa käytettyjen opetusmenetelmien koettiin olevan oppimiselle eduksi (Clark 2015; Coufal 2014; Grypp & Luebeck 2015; Moore & Chung 2015; Mousel 2013; Muir, 2015, 2016; Muir & Chick 2014; Muir & Geiger 2016). Oman opettajan tekemistä videoista pidettiin yleensä enemmän kuin ulkoisista lähteistä (esim. Khan Academy) lainatuista (Lo ym. 2017; Moore ym. 2014; Muir 2015; Muir & Chick 2014; Muir & Geiger 2016). Oppilaiden mielestä käänteisten menetelmien käytön etuna oli opiskelun muuttuminen itsenäisemmäksi ja omatoimisemmaksi (Clark 2015; De Araujo ym. 2017b; Fulton 2012; Moore & Chung 2015; Muir 2015, 2016). Myös luokkahuoneajan koettiin olevan paremmin käytettyä (Clark 2015; Fulton 2012; Grypp & Luebeck 2015; Lo ym. 2017; Muir 2016),. Erilaisia vuorovaikutukseen liittyviä etuja luettiin useita: Oppilaiden keskinäinen (esim. ryhmä- ja parityöskentely) sekä opettajan ja oppilaiden välinen vuorovaikutus on suurempaa (Clark 2015; De Araujo ym. 2017b; Grypp & Luebeck 2015; Lo 2017; Moore ym. 2014; Mousel 2013). Oppilaiden mielestä opettaja on paremmin saatavilla (Clark 2015; De Araujo ym. 2017b; Fulton 2012; Lo ym. 2017; Muir 2016). Lisäksi oppilaiden sitoutuminen opetukseen parani (Clark 2015; De Araujo ym. 2017b; Fulton 2012; Kirvan ym. 2015; Lo 2017; Moore ym. 2014; Muir & Geiger 2016). Muitakin myönteisiä muutoksia mainittiin, mutta tähän rajattiin vain useita mainintoja saaneet muutokset, koska niiden voidaan olettaa liittyvän juurikin käänteisen menetelmän käyttöön toteutuksen yksityiskohdista riippumatta.

Kriittisempiä ääniä esitettiin erityisesti Mouselin (2013) tutkimassa ryhmässä. Oppilaiden mielipiteet jakoutuivat, kun kysyttiin videoiden mielekkyydestä kotitehtävinä, itseluottamuksesta kokeeseen mentäessä ja aineiston oppimisesta. Kyseisessä tutkimuksessa, jonka kesto oli viisi oppituntia, käytettiin valmiina verkosta löytyviä opetusvideoita, mikä tutkijan mielestä saattoi vaikuttaa oppilaiden näkemyksiin videoista tarpeettomina ja tylsinä. Myös Moore ja Chung (2015) kertovat tutkimuksessaan, että vain hieman yli puolet tutkimukseen osallistuneista oppilaista piti opetusvideoista, ja valtaosan mielestä videot eivät tehneet matematiikan oppimisesta miellyttävämpää. Tässä tapauksessa videot olivat oman opettajan valmistamia, mutta sisälsivät vain keskeisten asioiden käsittelyä ilman mitään keventävää sisältöä.

Tutkimuksissa mainitut ikäviksi koetut muutokset opetuksessa olivat usein ongelma osalle oppilaista, mutta kaikkia ne eivät haitanneet. Esimerkiksi uuden menetelmän käyttöönotto oli joillekin vaikeaa ja aiheutti oppilaissa vastustusta (Chen, Yang & Hsiao 2016; Kirvan ym. 2015), lisääntyneen vuorovaikutuksen aiheuttama meteli luokassa haittasi osaa oppilaista ja opetusvideot eivät aina olleet sisällöltään täysin vastaavia oppituntien kanssa (Wiginton 2013), oppituntien olisi pitänyt olla paremmin suunniteltuja, jotta niistä olisi hyötynyt (Chen ym. 2016), ja videoilta ei voinut kysyä kysymyksiä (Graziano & Hall 2017; Wiginton 2013).

Kun verrataan oppilaiden tyytyväisyyttä tai valintaa käänteisen tai perinteisen opetusmetodin välillä, tulos ei ole itsestään selvä. Osassa tutkimuksia oppilaat olivat tyytyväisempiä perinteiseen opetustyyliin (DeSantis ym. 2015; Mousel 2013), ja joissakin taas käänteinen opetus sai oppilaat tyytyväisemmiksi opetukseensa (Bhagat ym. 2016; Katsa ym. 2016). Valtaosa eri tutkimuksissa haastatelluista ja kyselyihin vastanneista oppilaista oli kuitenkin tyytyväinen saamaansa opetukseen ja käytettyihin menetelmiin riippumatta siitä, millä menetelmällä heitä opetettiin. Tämä kävi erityisen hyvin ilmi tutkimuksista, joissa oli haastateltu oppilaita sekä käänteisesti että perinteisesti opetetuista ryhmistä (Ramaglia 2015; Wiginton 2013).

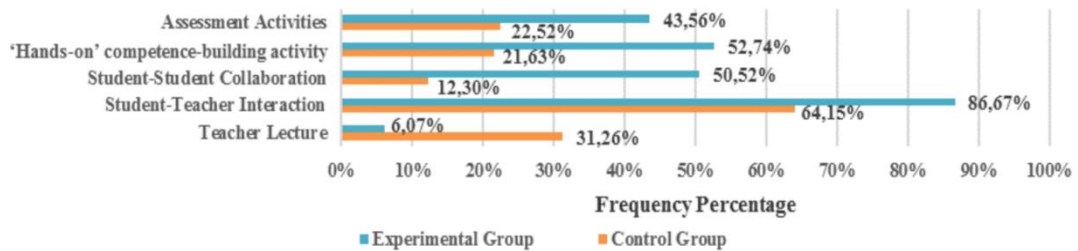
4.3 Vaikutukset koulutyöhön ja opettamiseen

Käänteisten menetelmien vaikutuksia koulutyöhön ja opettamiseen kuvailtiin aineiston tutkimuksista 12:ssa. Tyypillisesti tutkimuksista löytyneet kuvaukset olivat yksittäisiä huomioita ja havaintoja, joita oli jostain syystä päätetty mainita pikemmin kuin järjestelmällisesti toteutettua oppituntien havainnointia ja vertailua. Huomiot ja havainnot olivat yleensä opetusryhmän opettajien näkemyksiä, joita oli kerätty joko haastattelussa (De Araujo, Otten & Birisci 2017a; Muir & Chick 2014), opetuspäiväkirjan muodossa (Heo & Choi 2014) tai tutkijan toimittua itse kaksoisroolissa myös opettajana ja kirjattua omia kokemuksiaan artikkeliin (Grypp & Luebeck 2015; Moore ym. 2014). Haastattelujen lisäksi oli joissakin tapauksissa käytetty tutkijan tekemää havainnointia (Muir 2016; Wiginton 2013). Vain yhdessä artikkelissa oli havainnoitu säännönmukaisesti tutkimus- ja kontrolliryhmän opetustilanteissa käytettyjä metodeita ja vertailtu niitä keskenään (Katsa ym. 2016). Lisäksi yhdessä väitöskirjassa oli tutkittu satunnaisten havainnointikertojen pohjalta erilaisten aktiivisten työmuotojen käytön yleisyyttä kolmessa käänteisesti ja kolmessa perinteisesti

opetussa matematiikan ryhmässä (Ramaglia 2015). Aloitan vaikutusten tarkastelun näistä viimeksi mainituista tutkimuksista.

4.3.1 Tutkitut vaikutukset luokkatyöskentelyyn

Katsa ym. (2016) havainnoivat kahdeksan viikkoa kestäneessä tutkimuksessaan algebran kurssin opetustilanteita käänteisesti opetetussa tutkimusryhmässä ja perinteisesti opetetussa kontrolliryhmässä. Kurssin oppilaat olivat 16-17-vuotiaita. Oppituntien tilanteista havainnointiin arviointiin liittyvien aktiviteettien, käytännöllisten aktiviteettien, oppilaiden välisen yhteistyön, opettaja-oppilas -vuorovaikutuksen ja opettajan luennoivan puheen esiintymistä. Havainnointien tulokset erityyppisten aktiviteettien esiintymisestä tunneilla on lainattu alle kuvaan 1.



Kuva 1. Tuntiaktiviteettien jakautuminen algebran kurssilla käänteisen ja perinteisesti opettujen ryhmien välillä (Katsa ym. 2016, s. 216)

Tuloksista, jotka ovat kahdeksan viikon havainnointien keskiarvoja, havaitaan, että käänteisesti opetetussa ryhmässä esiintyi merkittävästi enemmän sekä opettajan ja oppilaan välistä vuorovaikutusta että oppilaiden yhteistyötä. Samoin käytännöllisten aktiviteettien osuus oli huomattavasti suurempi. Opettajan luennoinnin määrä taas on paljon pienempi, minkä ei pitäisi olla yllättävää, sillä sen siirtäminen oppituntien ulkopuolelle on käänteisen opetuksen peruselementti. Arviointiaktiviteeteista tutkijat kertovat, että perinteisesti opetetussa ryhmässä ne olivat lähennä standardoituja testejä ja käänteisessä opetuksessa palkki pitää sisällään standardoitujen testien lisäksi tiheästi tapahtuneen formatiivisen arvioinnin ja palautteen. (Katsa ym. 2016)

Ramaglia (2015) puolestaan havainnoi kuutta eri ryhmää, kolmea käänteisesti ja kolmea perinteisesti opetettua, kutakin viiden oppituntin ajan. Hän kartoitti erilaisen aktiivisen oppimisen menetelmien käytön yleisyyttä kyseisillä tunneilla. Aktiivisen oppimisen menetelmiksi hän oli määritellyt oppilaiden välisen yhteistyön, oppilaiden suorittaman mallintamiseen liittyvän työskentelyn sekä projektilähtöisen työskentelyn eri muodot. Hänen havaintojensa perusteella käänteisesti opetuissa ryhmissä näitä aktiivisen oppimisen menetelmiä esiintyi 53,3 % oppitunneista ja perinteisesti opetuissa ryhmissä 40 % oppitunneista. Yhdessä perinteisesti opetetussa ryhmässä ei havaittu kertaakaan aktiivisen oppimisen menetelmien käyttöä, muissa viidessä ryhmässä niitä käytettiin säännöllisesti. Kun havainnot jaoteltiin erilaisten menetelmien välillä, hän havaitsi, että oppilaiden välinen yhteistyö oli selvästi yleisin aktiivisen oppimisen menetelmistä, ja ainoa, jota perinteisesti opetuissa ryhmissä esiintyi. Käänteisesti opetuissa ryhmissä käytettiin havainnoitujen oppituntien aikana myös mallintamistehtäviä sekä projektilähtöistä oppimista, vaikkakin harvemmin kuin oppilaiden välistä yhteistyötä. Lisäksi käänteisesti opetuissa ryhmissä

käytettiin aktiivisen oppimisen menetelmiä ainakin joskus useammin kuin yhden kerran yhden oppitunnin aikana. Perinteisissä ryhmissä aktiivisen oppimisen menetelmiä käytettiin yhden kerran oppitunnin aikana silloin kun niitä käytettiin.

4.3.2 Muut havainnot vaikutuksista ajankäyttöön, luokkatyöskentelyyn ja kotitehtävien tekemiseen

Muita havaintoja käänteisten menetelmien käytön vaikutuksista koulutyöhön käsittelemällä yhdistäen eri tutkimuksissa esiintyneitä mainintoja kolmen teeman alle: muutoksina ajankäytössä, luokkatyöskentelyssä ja kotitehtävien tekemisessä.

Yleisin ja maininnoissa korostunein käänteisen ohjausmenetelmän käyttöönoton aiheuttama muutos opetustyössä oli oppitunnilla käytettävissä olevan ajan lisääntyminen. Oppituntien minuuttimääräinen pituus ei tietenkään kasvanut, mutta opettajat kokivat suoran opetuksen jäädessä pois oppitunnin rakenteesta, että heillä oli käytössään aiempaa enemmän aikaa keskittyä oppimisen kannalta hyödyllisiin toimintoihin. Yksilöllistä aikaa oppilaiden kohtaamiseen oli enemmän, jolloin opettajat saivat paremman käsityksen oppilaidensa ajattelusta ja oppivat ymmärtämään heitä paremmin (Moore ym. 2014; Muir & Chick 2014). Vapautunutta aikaa voitiin käyttää matematiikan aiheissa syvemmälle pääsemiseen tai heikoimpien oppilaiden auttamiseen (De Araujo ym. 2017b). Oppitunneilla oli mahdollista käyttää paljon enemmän monipuolisia ja aktiivisia opetusmenetelmiä ja harjoitella enemmän (Fulton 2012; Grypp & Luebeck 2015; Kirvan ym. 2015). Oppituntien ajankäytön koettiin olevan tehokkaampaa (Fulton 2012), ja opettaja oli paremmin saatavilla auttamaan oppilaita (Muir 2016).

Lisäksi opettajalla ei ollut enää ongelmia saada kurssin sisältöä mahdutettua käytettävissä olevaan aikaan (Muir 2016; Ramaglia 2015), minkä mainittiin olevan perinteisesti opettavien opettajien keskuudessa huolta herättävä aihe (Ramaglia 2015). Siksi ajankäyttöä koskeva muutos voi olla opettajalle tärkeä tekijä käänteisen ohjausmenetelmän valinnassa. Kuten tutkimukseen osallistunut opettaja Mr. Smith asian ilmaisi, perinteisesti opettaessaan hän oli *"turhautunut, että vain tunnin ja viisikymmentä minuuttia kestävästä oppitunnista kuluu joskus tunti taululla tekemässä erityyppisiä esimerkkitehtäviä"* (*"frustrated at only having an hour and fifty minutes for a lesson and sometimes spending an hour on the board doing examples of different types"*) (Muir & Chick 2014, s. 489).

Luokkatyöskentelyssä havainnot liittyivät yleisimmin oppilaiden lisääntyneeseen yhteistyöhön ja vuorovaikutukseen. Vuorovaikutus lisääntyi sekä toistensa kanssa että opettajan kanssa perinteiseen opetukseen verrattuna, ja oppilaat olivat halukkaampia pyytämään apua ja osallistuivat avoimemmin keskusteluun (Moore ym. 2014). Oppilaiden valmius keskustella matematiikasta toistensa kanssa lisääntyi, yhteistyön lisääntyessä oppilaiden osallistuminen oppitunnilla parani, ja he ottivat enemmän vastuuta omasta oppimisestaan (De Araujo ym. 2017b). Kysymysten esittämisestä tuli oppilaille helpompaa ja myös kavereiden kanssa pystyi keskustelemaan tehtävistä (Heo & Choi 2014). Yhdessä pohtimisen koettiin antavan selkeyttä ja auttavan kaikkia pääsemään samalle ymmärryksen tasolle (Grypp & Luebeck 2015).

Muita havaintoja luokkatyöskentelyyn liittyen olivat oppilaiden lisääntynyt vastuunotto omasta opiskelustaan ja oppimisestaan (De Araujo ym. 2017a; Kirvan ym. 2015; Muir 2016), yksilöllisyyden lisääntyminen (Fulton 2012; Muir & Chick 2014) ja oppimiskulttuurin muutos sekä oppilaan että opettajan roolien muuttuessa (De Araujo ym. 2017b; Grypp & Luebeck 2015; Heo & Choi 2014; Muir & Chick 2014).

Kielteisiä muutoksia opetustilanteeseen mainittiin tutkimuksissa vähemmän kuin myönteisiä. Yleisimmin mainitut kielteiset muutokset olivat luokkahuoneen lisääntynyt meteli (Heo & Choi 2014; Wiginton 2013), opetustyylin vaihtamista vastustava asenne oppilailla, ainakin aluksi (Kirvan ym. 2015; Mousel 2013) ja oppitunnin huolellisen valmistelun edellyttämä aika ja työmäärä (De Araujo ym. 2017b; Grypp & Luebeck 2015; Heo & Choi 2014). Näistä samoista teemoista puhuttiin osassa muistakin tutkimuksista, mutta niissä niitä ei pidetty joko ongelmina ollenkaan tai ainaakaan vain käänteisen menetelmän käyttöön liittyvinä ongelmina.

Kotitehtävien tekemiseen liittyviä muutoksia käsiteltiin vain osassa tutkimuksia. Esittelen tässä selkeimmät kotitehtävien tekemisessä ilmenneet muutokset käänteisen ohjausmenetelmän myötä. Moore ym. (2014) pitivät kirjaa kotitehtävien teosta käänteisen opetuskokeilunsa aikana. He havaitsivat, että toisen opettajan ryhmässä kotitehtävien tekeminen lisääntyi kokeilun aikana 5,4 %, mikä saavutettiin lukuisilla muistutuksilla. Toisen opettajan ryhmissä kotitehtävien tekemisen aktiivisuus lisääntyi 13 %, eräissä luokassa jopa 19 %. Jos oppilailla ei ollut mahdollisuutta katsoa videoita kotona, he katsoivat ne joko kaverin kanssa tai koulussa päivän alussa, loppussa, lounastauolla tai tunnin alussa. Opettajan piti huomioida tämän mahdollistaminen. Opettajien mielestä oli merkittävää, että aiempaa suurempi osa oppilaista teki matemaattista työtä koulun ulkopuolella.

Kirvan ym. (2015) kertoo oppilaiden arvostaneen uudenlaisia kotitehtäviä, joissa tylsän ongelmanratkaisun sijaan sai tutustua uuteen aiheeseen videota katsomalla. Nyt he saivat ajatella, kysyä kysymyksiä ja tutkia mahdollisuuksia. Kotitehtävistä tuli siinä määrin kiinnostavia, että perinteisesti opetetun kontrolliryhmän oppilaat alkoivat toivoa samoja kotitehtäviä omalta opettajaltaan.

Joissakin tapauksissa oli vaikeuksia motivoida oppilaita katsomaan kotitehtäviksi annettuja videoita. De Araujon ym. (2017b) tutkimuksessa eräs haastatelluista opettajista kertoo, että kotitehtävien tekeminen on ollut ongelma aiemmin, ja se on sitä edelleen. Niiden katsomista on vaikea kontrolloida, ja osa oppilaista jättää ne katsomatta. Opettajan oman arvion mukaan hänen lähes 20 minuutin pituiset videonsa saattoivat olla liian pitkiä, jotta kaikki oppilaat olisivat jaksaneet katsoa ne.

Heon ja Choin (2014) tutkimassa ryhmässä kaikki oppilaat eivät muistaneet tai ehtineet katsoa videoita kotona. Tämä oli säännöllinen ja toistuva ongelma. Joku ryhmän oppilaista havaitsikin myöhemmin, että luokassa on vaikea ymmärtää mitä tehdään, kun ei ole katsonut videoita kotona.

Špilka (2015) toteutti puoli vuotta kestäneen tutkimuksen kahdeksaluokkalaisten tottumuksista katsoa kotitehtäviksi annettuja videoita. Tutkimuksessa havaittiin videoiden keston korreloivan videoiden katsomiseen käytetyn ajan kanssa. Oppilaat katsoivat videota karkeasti arvioiden kolminkertaisen ajan videon keston verrattuna. Puolen vuoden ajanjakson loppua kohti videoiden katselukerrat alkoivat kuitenkin

kin laskea, mikä tutkijan mukaan viittaa siihen, että jotkut oppilaat lopettivat videoiden katselun, kun taas ne, jotka katselivat videoita, katsoivat niitä edelleen yhtä pitkään. Tämän tutkimuksen havainto on sikäli merkittävä, että siinä kiinnitetään ensimmäistä kertaa huomiota opiskelutottumusten muutoksiin pidemmän ajan kuluessa. Ihmisillä on taipumusta innostua asioista aluksi, mutta uuden asian muuttuessa rutiiniksi innostus ja aktiivisuus saattaa hiipua. Tässä tutkimuksessa se näkyi kotitehtävien tekemisaktiivisuuden laskuna, mikä ei ole millään muotoa toivottavaa. Tällaisen ilmiön havaitseminen ja siihen puuttuminen on opettajalle erittäin tärkeää.

5 Matematiikan opetuksen toteuttaminen käänteisesti

Suomessa opettajalla on pedagoginen vapaus valita itse opetuksessa käyttämänsä menetelmät, tuntiaktiviteetit ja materiaalit. Perinteinenkin opettaminen voidaan toteuttaa monella eri tavalla ja käyttäen monia erilaisia menetelmiä sekä jatkuvasti että ajoittain, ja samoin käänteinen opetus ja oppiminen voidaan toteuttaa hyvinkin erilaisin tavoin. Opettajan vastuulle jää näiden valintojen tekeminen ja niiden perustelemine.

Tässä luvussa vastaan toiseen tutkimuskysymykseeni: Miten matematiikan käänteinen oppiminen tai opetus yläkoulussa tai lukiossa tämänhetkisen tutkimuksen valossa kannattaisi toteuttaa? Esittelen, mitä yläkoulu- ja lukioikäisten matematiikan opetuksen parissa tehdyissä käänteisten menetelmien käyttöä koskeneissa tutkimuksissa ollaan saatu selville siitä, miten matematiikan opetuksen käänteistäminen kannattaisi tehdä. Jaottelen tarkasteluni kolmeen osaan, joista ensimmäisessä käsittelen kotona tapahtuvaa oppimista, toisessa oppitunnin toteuttamista ja kolmannessa osassa käänteisen opetuksen tai oppimisen toteutukseen liittyviä haasteita ja mahdollisia ratkaisuehdotuksia.

5.1 Kotona tapahtuva oppiminen

Kun matematiikan perinteisestä opetuksesta siirrytään käänteiseen opetukseen tai oppimiseen, näkyvin muutos tapahtuu usein kotitehtävissä. Enää oppilaille ei anneta laskutehtäviä kotona suoritettaviksi. Sen sijaan oppilaiden tehtävänä on opiskella kotona seuraavan oppitunnin aihepiiriin liittyviä tietoja ja taitoja, mikä toteutuu usein opetusvideoita ja muita digitaalisia aineistoja hyödyntäen. Tämän kirjallisuuskatsauksen aineistossa ei ollut yhtään tutkimusta, jossa opetusvideoita ei olisi käytetty. Eräässä tapauksessa osa uuden aineiston opiskelusta oli annettu lukutehtävänä, ja silloin opettajan oli pitänyt paikata oppilaiden osaamista seuraavalla tunnilla enemmän (Grypp & Luebeck 2015).

5.1.1 Kotitehtävävideoiden laatua käsittelevä tutkimus

De Araujo ym. (2017a) tutkivat aineistosta ainoana käänteisessä matematiikan opetuksessa käytettyjen opetusvideoiden eri tyyppisiä ja arvioivat niiden laatua, joten opetusvideoihin liittyvä tutkimus on vielä niukkaa. He havaitsivat, että käänteisessä

opetuksessa käytettyjen videoiden laatu voi vaihdella suurestikin. Toisaalta matemaatiikan opettaja voi käyttää videoita uusien sisältöjen opettamisen lisäksi myös motiivoinnin välineenä tai valmistelemaan seuraavan oppitunnin aktiviteettia. Eri tarkoituksissa käytettyjen videoiden laatua ei katsottu olevan mielekäästä arvioida samoilla työkaluilla.

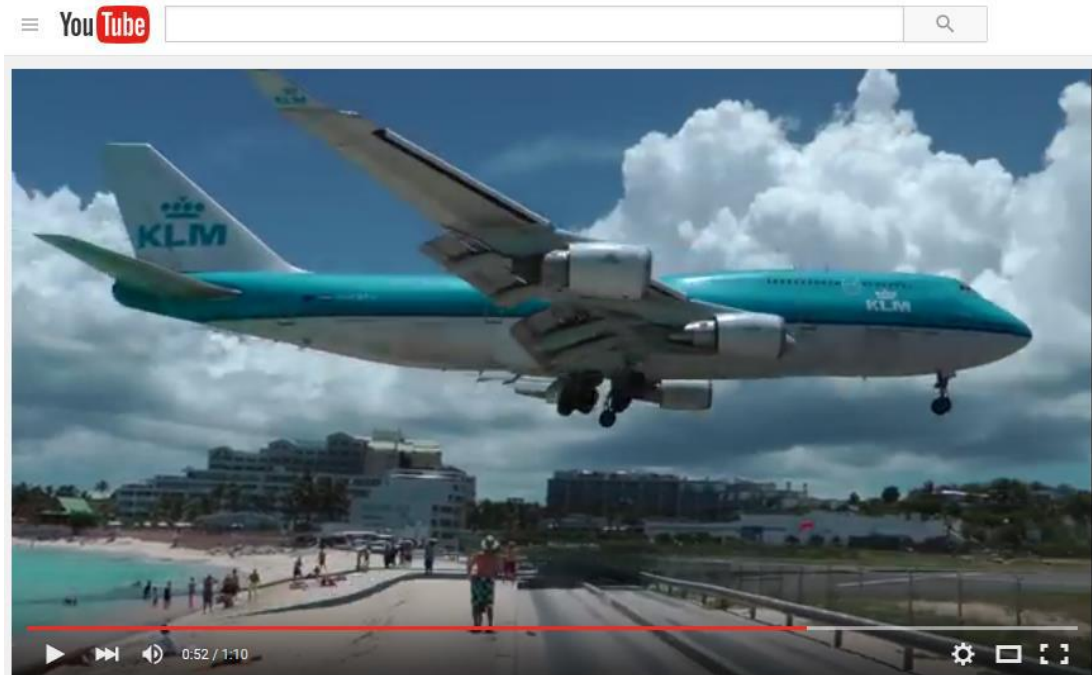
Opetusvideoiden laadunarviointiin he kehittivät työkalun yhdistelemällä kirjallisuudesta löytyneitä menetelmiä. Laatua arvioitiin kolmen kriteerin avulla: (1) Videossa näkyy matematiikan rikkaus ja kehittyminen, käytetään oikeaa kieltä sekä matemaattiset virheet puuttuvat. (2) Seuraavista kuudesta ehdosta vähintään viisi toteutuu: valikoitu grafiikan käyttö, teksti grafiikan vieressä, grafiikka selitetään ääntä hyödyntäen, ääntä ei käytetä vain tekstin suoraan lukemiseen, käytetty grafiikka ja ääni ovat asiaankuuluvia ja keskustelemaan sävyn käyttö, mikäli mahdollista. (3) Video sisältää virtuaalisia vaikutuskeinoja, dynaamisia esityksiä tai interaktiivisia elementtejä. Opetusvideon laadun katsottiin olevan sitä parempi, mitä useampi näistä kolmesta kriteeristä täyttyy (De Araujo ym. 2017a).

Motivointiin tarkoitettujen videoiden laadunarviointiin soveltuvan työkalun he kehittivät itse. Arviointikriteeriksi otettiin se taso, jolla video pohjustaa matemaattisen ongelman katsojalle. Laadultaan parhaaksi arvioitiin video, joka nimenomaisesti nostaa esille sellaisen matemaattisen ongelman, jota seuraavalla oppitunnilla tutkitaan, ja jonka voi hahmottaa vain videota katsomalla. Esimerkkinä annettiin pallon lentorataa demonstroiva video, kun palloa heitetään koriin, joka on esitetty alla kuvassa 2.



Kuva 2. Esimerkki hyvästä matemaattisesti motivoivasta videosta kuvakaappauksena (De Araujo ym. 2017a).

Keskitason video viittaa epäsuorasti käsiteltävään matemaattiseen ongelmaan, mistä esimerkkinä lentokoneen laskeutuminen lähellä julkista uimarantaa olevalle lentokentälle, kuten kuvassa 3 nähdään. Kyseistä videota käytettiin motivoimaan suorakulmaiseen kolmioon liittyviä trigonometrian tehtäviä. (De Araujo ym. 2017a)



Kuva 3. Esimerkki keskitason matemaattisesti motivoivasta videosta kuvakaappauksena (De Araujo ym. 2017a).

Heikoimman tason motivaatiovideosta ei ole erotettavissa matemaattista ongelmaa, vaan esimerkiksi käsitteellinen yhteys käsiteltävään aiheeseen (De Araujo ym. 2017a). Tutkimuksessa ei ollut esimerkkiä heikoimman tason videosta, mutta annan esimerkin omasta opetushistoriastani. Olen käyttänyt Coca-cola Zeron “just add zero” -mainosvideota aihepiiriin johdattelijana, kun opetus on käsitellyt merkitseviä numeroita.

Tutkijoiden laatima tapa arvioida videoiden laatua antaa yhden lähtökohdan kotona katsottavien videoiden suunnitteluun ja toteutukseen, mutta vielä ei ole näyttöä siitä, ovatko nämä kriteerit täyttävät videot todella tehokkaampia opetuskäytössä kuin muunlaiset videot.

5.1.2 Muut havainnot kotona tapahtuvaan oppimiseen liittyen

Muissa aineiston tutkimuksissa kotona tapahtuvaa opiskelua käsiteltiin yhtenä osana käänteistä matematiikan opetusta. Useissa tutkimuksissa esitettiin yrityksen ja erehdyksen perusteella löytyneitä toimivia malleja kotona tapahtuvan opiskelun rakentamiseksi, ja usein ne olivat myös samansuuntaisia kuin toisissa tutkimuksissa esiintyneet havainnot. Yleisimmin esitettyjä suosituksia tai toimivia toimintatapoja kuvaillaan kootusti seuraavaksi.

Ensimmäinen suositus liittyy käytettävän teknologian valintaan. Chen ym. (2016) havaitsivat tutkimuksessaan, että käytetyn oppimisalustan pitää vastata opetuksen tarpeisiin, keskeneräinen teknologia saa aikaan turhautumista. Moore ym. (2014) kuvaavat valinneensa käyttämänsä teknologian sen perusteella, mikä oli ennestään tuttua opettajille ja oppilaille sekä mitä pystyi käyttämään monilla eri laitteilla ja tarvittaessa ilman verkkoyhteyttä. Weinhandl, Lavicza & Süss-Stepancik (2018) antavat artikkelissaan useita ehdotuksia käänteisessä matematiikan opetuksessa hyödynnettävistä teknologioista, ja suosittelevat uuden teknologian käyttöönottoaihees-

sa ensin tutustumis- tai leikkimisvaihetta ennen kuin teknologiaa käytetään varsinaisessa opetustarkoituksessa.

Varsinaisten opetusvideoiden kestosta puhutaan useissa tutkimuksissa. Yleisesti suositetaan lyhyitä videoita, mitä perustellaan esimerkiksi Guon, Kimin ja Rubinin (2014) tutkimuksella, jossa havaittiin, että oppilaiden mielenkiinto opetusvideoihin herpaantuu kuuden katseluminuutin jälkeen. Tähän viitataan useammassa aineiston tutkimuksessa (mm. Lo 2017; Lo & Hew 2017b). Lo ym. (2018) mainitsevat lisäksi, että yhdellä kertaa kotona katsottaviksi annettavien videoiden yhteiskeston ei suositella ylittävän 20 minuuttia. Myös Moore ja Chung (2015) suosittelevat videoiden pituudeksi alle kymmentä minuuttia, vaikka heidän tutkimuksessaan videot olivat noin 15 minuuttia pitkiä. De Araujon ym. (2017b) tutkimuksessa opettajalla on ongelmia motivoida oppilaitaan katsomaan lähes 20 minuutin videoita kotona, ja myöntää, että videoiden pituus saattaa olla syy siihen. Kirvan ym. (2015) kertoo tutkimuksessaan opettajasta, jonka mielestä on hyödyksi asettaa itse tekemilleen videoille aikaraja, koska silloin pitää miettiä todella tarkasti, mitä aikoo sanoa. Muuten tulee helposti puhuneeksi tarpeettoman pitkään. Vain Coufal (2014) mainitsee, että oppilaat olisivat toivoneet pidempiä opetusvideoita. Kyseisessä tutkimuksessa videoiden kesto oli 15 minuuttia, ja niihin oli sisällytetty huumoria, musiikkia, vitsejä, ym. populaarikulttuurin elementtejä mielenkiinnon ylläpitämiseksi.

Kotona katsottavien videoiden ja muun opetusmateriaalin sisältö kannattaa suunnitella harkiten. Oman opettajan valmistamia videoita suositellaan useissa tutkimuksissa (Lo ym. 2017; Moore ym. 2014; Muir & Geiger 2016). Itse tehdessään opettaja pystyy luomaan videon sisällöltään täysin oppilaiden tarpeita vastaavaksi (Muir & Chick 2014), mutta tämä ei aina toteudu, vaikka videot olisivatkin opettajan itsensä tekemiä (Wiginton 2013). Vaikka oppilaiden mielestä vieraiden tekemät videot voivat oppilaiden mielestä tuntua turhilta ja tylsiltä (Mousel 2013), positiivisiaakin kokemuksia on, esimerkiksi saman koulun muiden opettajien tekemien videoiden käytöstä (Fulton 2012; Muir 2016).

Lo ja Hew (2017b) suosittelivat ns. kirjoittavan käden näkymää videossa, koska sitä pidettiin miellyttävämpänä seurata kuin staattista koneen tuottamaa tekstiä. Tyypillisesti videoihin sisällytettiin esimerkkitehtäviä ja niihin vaihteittain eteneviä ratkaisuja, joista oppilaat pitivät (Muir & Geiger 2016). Grypp ja Luebeck (2015) sisällyttivät esimerkkien jälkeen oppilaan itse ratkaistavia tehtäviä, jotka oppilaat toivat mukanaan tullessaan seuraavalle tunnille. Oppilaat toivoivat videoihin myös lisää esimerkkejä (Coufal 2014). Lo ym. (2018) havaitsivat, että kaikkein vaikeinta matemaattista sisältöä ei kannattanut opettaa videoitse, vaan valita huolellisesti videolla ja luokassa käsiteltävät sisällöt. Ongelmaksi tämä muodostuu erityisesti, koska videoilta ei voi kysyä kysymyksiä (Wiginton 2013). Eräs ratkaisu tähän ongelmaan on käyttää keskustelualuetta (Lo ym. 2017), ja voi myös antaa tehtäväksi kirjoittaa keskustelualueelle kysymyksiä videosta (Coufal 2014). Ilman varta vasten annettua tehtävää keskustelun alueen käyttö voi jäädä olemattomaksi ja se voidaan kokea hankalana (Chen ym. 2016).

Kotona tapahtuvan opiskelun kontrollointi koettiin toisinaan hankalaksi (De Araujo ym. 2017b). Tähän löytyi useita ratkaisumalleja. On valittavissa järjestelmiä,

joissa opettaja näkee videota katsoneet kävijät (Moore ym. 2014), videossa voidaan antaa oppilaille esimerkkitehtävien kaltaisia itsenäisesti suoritettavia tehtäviä (Grypp & Luebeck 2015) tai antaa tehtäväpaperi tai vastaava oppilaille videon katselun tueksi (Moore ym. 2014). Jos toivoo oppilaiden tekevän muistiinpanoja videoista, se kannattaa antaa tehtäväksi tai antaa valmis runko muistiinpanoille, sillä Moore ja Chung (2015) havaitsivat, että suurin osa oppilaista ei tehnyt muistiinpanoja, kun sitä ei erikseen vaadittu. Verkkopohjaisten tehtävien käyttäminen on yksi mahdollinen ja hyväksi koettu ratkaisu (Lo ym. 2018), sillä opettaja voi käyttää järjestelmään kirjautuneita vastaustietoja pohjana seuraavan tunnin suunnittelussa, ja huomioida mahdollisen lisäopetuksen tarpeen (Lo ym. 2017). Tehtävien tulee olla tasoltaan sopivia, ja oppilaille on hyvä antaa tieto oikein ja väärin menneistä tehtävistä, jotta he osaavat arvioida osaamistaan ja korjata mahdolliset virheensä (Chen ym. 2016).

Uuden asian opettamisen lisäksi videokirjaston olisi hyvä sisältää kertaavia videoita, joista oppilas voi tarvittaessa virkistää muistiaan (Lo ym. 2018). Lisäksi videokirjaston on hyvä olla laaja ja monitasoinen palvellakseen mahdollisimman hyvin eritasoisia ja mahdollisesti eri tahdissa eteneviä oppilaita (Muir & Geiger 2016). Kaikkien videoiden tulee olla selkeitä ja tiiviitä ja niitä tulee olla helppo seurata (Eisenhut & Taylor 2015). Lisäksi videoiden tulee olla saatavilla riittävän ajoissa, jotta oppilaat ehtivät katsoa ne ennen oppitunnin alkua (Coufal 2014).

5.2 Oppitunnilla tapahtuva työskentely

Suoran opetuksen siirtäminen oppilaan itsenäiselle ajalle vapauttaa oppitunneille lisää aikaa, mikä voi toimia opettajan motivaationa matematiikan opetuksen käänteistämiseksi (De Araujo ym. 2017b; Muir 2016). Koska pelkkä suurempi käytettävissä oleva aika luokkahuoneessa ei takaa parempia oppimistuloksia (Kirvan ym. 2015; Ramaglia 2015), vapautuneen ajan käyttö olisi syytä suunnitella ja toteuttaa harkiten, jotta käänteisestä menetelmästä saataisiin oppijoille mahdollisimman suuri hyöty (Chen ym. 2016; Muir & Geiger 2016). Tässä jaksossa esittelen erilaisia mahdollisuuksia ja huomioitavia seikkoja oppituntien rakenteen suunnittelussa ja toteutuksessa, joita tutkimuksissa nostettiin esiin.

5.2.1 Yleisiä suosituksia käänteisten menetelmien käyttöön

Lo ym. (2017) vertailivat 72 tutkimusta matematiikan käänteisestä opetuksesta, ja antoivat tutkimusten pohjalta kymmenen suositusta käänteisen opetuksen toteuttamiseksi. Suosituksista puolet liittyy oppituntien suunnitteluun. Ensimmäinen suositus kehottaa muokkaamaan oppitunnin sisältöä ja rakennetta kotitehtävien hallitsemisen tason perusteella, mistä saadaan tietoa ennen oppituntia pidetystä verkkopohjaisesta kyselystä. Tunnin alussa suositellaan pidettäväksi muistia aktivoiva kertauskysely tai -visa kotona opitusta. Oppitunnin sisältö suositellaan rakennettavan monipuolisten tehtävien ja reaali maailman ongelmien varaan. Erityisesti reaali maailman ongelmien käyttämistä painotettiin, sillä monissa tutkimuksissa oppilaat vaikuttivat ratkaisevan lähinnä perinteisiä oppikirjatehtäviä. Viimeiset kaksi suositusta koskivat

opettajan antaman jatkuvan palautteen ja yksilöllisen ohjauksen tärkeyttä sekä oppilaiden keskinäisen yhteistyön tarpeellisuutta vertaisoppimisen toteutumiseksi.

Luonnollista on, että muissa osittain saman tutkimusryhmän tekemissä tutkimuksissa näkyy suosituksen mukainen rakenne oppitunnissa, mutta lisäksi suositellaan haastavimpien sisältöjen opettamista oppitunnilla noin kymmenen minuuttia kestävien miniluentojen välityksellä (Lo & Hew 2017b; Lo ym. 2018). Kyseisen tutkimusryhmän lisäksi samoilla linjoilla on osa muistakin aineiston tutkimuksista, kuten esimerkiksi Moore ym. (2014).

Jos kertaavan kyselyn tuloksista havaitaan osan oppilaista hallitsevan opiskeltavan aiheen hyvin ja osan kaipaavan kertausta, voi tunnin alkuosaan sisällyttää kertausmahdollisuuden osalle oppilaista, kuten Kirvan ym. (2015) tekivät. Opetusjakson ensimmäisellä tunnilla lähes puolet luokasta päätyi kertaavaan ryhmään, mutta kahdessa viikossa kertaavien oppilaiden määrä putosi viiteen muiden päästessä suoraan tutkivien ryhmätehtävien pariin.

Ryhmissä tapahtuvaa työskentelyä käytettiin tutkimuksissa paljon. Useimmat oppilaat pitivät ryhmässä työskentelystä ja käytännönläheisistä oppimistavoista, vaikka itse käänneinen menetelmä ei olisikaan ollut kaikkien mieleen (Mousel 2013). Ryhmätyöskentelyä käytettiin esimerkiksi reaali maailmaan liittyvien ongelmanratkaisutehtävien kanssa (Moore ym. 2014; Weinhandl ym. 2018) sekä käytännöllisissä tutkimustehtävissä (Grypp & Luebeck 2015). Jos oppilaat eivät ole tottuneita tai halukkaita yhteistyöhön, ryhmäkilpailujen avulla yhteistyöstä ja oppilaiden välisestä vuorovaikutuksesta voi tulla helpompaa ja kiinnostavampaa (Lo 2017). Ryhmissä työskentelyn arviointi voi olla työlästä. Grypp ja Luebeck (2015) helpottivat opettajan arviointitaakkaa tarkastamalla vain yhden satunnaisesti valitun vastauslomakkeen kultakin neljän oppilaan ryhmältä, vaikka kaikkien oppilaiden piti täyttää omaa lomakettaan. Samalla saatiin varmistettua ryhmissä tapahtuvan kommunikoinnin riittävyttä. Oppilaat eivät välttämättä luonnostaan osaa hyödyntää ryhmissä työskentelyä parhaalla tavalla, ja he saattavat kaivata opettajalta ohjausta ryhmässä toimimiseen sekä tukea tunnilla varsinaisessa ryhmätilanteessa (Grypp & Luebeck 2015). Weinhandl ym. (2018) kuitenkin huomauttavat, että opettajan tulee olla saatavilla tarvittaessa, mutta muuten vetäytyä oppimisprosessissa taka-alalle, mikä saattaa olla ajoittain melkoista tasapainottelua. Opettajan oikeanlaisen läsnäolon merkitystä ja kykyä eriyttää tukensa kunkin oppilaan tarpeita vastaavaksi painottavat myös Moore ym. (2014).

Pelkkää yhteistyötä käänneisen oppitunnin ei kuitenkaan tarvitse olla. Esimerkiksi Wiginton (2013) mainitsee opettajan valinneen tietyn viikonpäivän itsenäiselle, toisen pareittain tapahtuvalle ja kolmannen ryhmissä tehtävälle työskentelylle. Tärkeää on, että tunneilla tapahtuva työskentely on monipuolista sekä menetelmiltään että sovelluskohteiltaan (Eisenhut & Taylor 2015) sekä motivoivaa, mikä voidaan saavuttaa antamalla oppilaille lisää valtaa omasta työskentelystään ja käyttämällä reaali maailmaan liittyviä ja käytännönläheisiä tehtäviä (Weinhandl ym. 2018). Samalla tulee kuitenkin ohjata oppilaiden työskentelyä, etteivät he tee omasta oppimisestaan liian haastavaa tekemällä liian haastavia tehtäviä itselleen tai asettamalla tavoitteitaan liian korkealle. Myös Chen ym. (2016) mainitsevat, että oppilaiden ajat-

telun ohjaaminen on keskeistä, jotta esimerkiksi oikean vastauksen löytämisestä ei tule tärkeämpää kuin oikean ajatusprosessin löytämisestä.

5.2.2 Epäonnistumisten avulla oppiminen

Song ja Kapur (2017) kuvailevat artikkelissaan 7-luokkalaisilla toteutettua tutkimusta ja sen tuloksia. Kahdelle 25 oppilaan ryhmälle opetettiin polynomeja käänteisillä menetelmillä. Toinen ryhmä sai opetusta ns. tavanomaisella käänteisellä opetusmenetelmällä, ja toista ryhmää opetettiin "productive failure"-ideasta muokatulla käänteisellä menetelmällä. Productive failure eli vapaasti muotoiltuna hyödyllinen epäonnistuminen tarkoittaa tässä yhteydessä oppimismenetelmää, jossa oppilaiden annetaan tutustua uuteen materiaaliin ja aineistoon itsenäisesti ja tuottaa vastauksia tehtäviin omin päin, olivatpa vastaukset tai heidän ajatuksensa siitä oikein tai väärin. Vasta oppilaiden oman työskentelyn ja pohdinnan jälkeen heille kerrotaan, miten asia "kuuluu" tehdä. Näin suora opettaminen ei estä oppilaiden itsenäistä pohdintaa ja oivalluksia vaan kannustaa heitä oppimaan omista lähtökohdistaan käsin ja myös tekemään virheitä. Suoran opettamisen kautta voidaan lopuksi oikaista mahdollisesti syntyneet väärinkäsitykset. Näin pyritään aktivoimaan oppilaiden omaa kykyä johdella ajatuksia eteenpäin ja löytää esimerkiksi matemaattisia yhteyksiä.

Tutkimuksessa molemmat ryhmät olivat oppineet merkittävästi uusia asioita polynomeista, kun heidän osaamistasoaan testattiin jakson alussa, puolivälissä ja lopussa. Tavanomaisella käänteisellä opetusmenetelmällä opetettu ryhmä sai hieman parempia arvosanoja testeissä, mutta ero toiseen ryhmään ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Molempia ryhmiä testattiin myös käsitteellisellä kokeella, ja siinä productive failure -ryhmä menestyi selvästi paremmin. Ero oli myös tilastollisesti merkitsevää. Tämä antaa viitteitä siihen, että itsenäinen pohdinta ja asioiden pohtiminen suoran opettamisen ja tehtävien mekaanisen ratkaisemisen sijaan saattaisi antaa paremman käsitteellisen osaamisen. (Song & Kapur 2017)

5.2.3 Käänteisen opetuksen ja käänteisen oppimisen erot

Käänteisestä menetelmästä riippuen oppitunnit näyttävät tyypillisesti hieman erilaisilta. Tämän kirjallisuuskatsauksen aineistossa korostui käänteisen opetuksen piirissä tehdyt tutkimukset, mikä voi selittyä käänteisen opetuksen aikaisemmasta leviämisestä kansainväliseen suosioon ja siten saatavilla olevan tutkimusaineiston suuremmasta määrästä. Sittenkin myös käänteisen oppimisen käyttö matematiikan opetusmenetelmänä on yleistynyt, mutta aihepiirin tutkimuksia ei ole tehty vielä kovin paljoa. Jossakin määrin myös käänteisistä menetelmistä käytetyn terminologian hajanaisuus ja termien sekoittuminen toisiinsa hankaloittaa käänteistä opetusta ja käänteistä oppimista käsittelevien tutkimusten erottamista toisistaan. Esimerkiksi Muir ja Geiger (2016) tutkivat opetusryhmää, jossa käytettiin käänteisen oppimisen menetelmää, mutta artikkelin otsikossa ja tekstissä käytetään toistuvasti termiä käänteinen opetus (flipped classroom). Sen ja alla esitellyn Wigintonin (2013) tutkimuksen lisäksi aineistosta löytyi vain kolme julkaisua, joista oli tulkittavissa olevan kyse käänteisestä oppimisesta, vaikka niistä kahdessa käytettiinkin termiä flipped classroom (Graziano & Hall 2017; Muir 2016; Weinhandl ym. 2018).

Wiginton (2013) tutki kahta erilaista käänteisesti ohjattua ryhmää, ja niiden eroja. Ryhmistä toisessa oli käytössä ns. aktiivinen käänteisen opetuksen malli (Flipped Active), mikä tarkoitti vertaisoppimista sekä pareittain että pienryhmissä ja ongelmanratkaisua tuntiaktiiviteetteina. Oppilaat katsoivat oman opettajan laatimia opetusvideoita kotona kahdesta kolmeen kertaa viikossa tehden niistä muistiinpanoja, jotka opettaja tarkasti. Luokassa oli jokaisen oppitunnin alussa lyhyt kertaus tai muistin virkistys käsiteltävänä olevasta aiheesta, jonka jälkeen lopputunti käytettiin ongelmatehtävien ratkaisemiseen. Apuna tehtävien tekemiseen heillä oli verkkotutoriaali, luokkatoverit ja opettaja. Maanantait opettaja käytti suoraan luokkaopetukseen kerran aiemmin käytyjä aiheita oppilaiden kanssa, tiistaisin oppilaat työskentelivät pareittain, keskiviikot olivat työstöpäiviä, jolloin arvioitiin alustavasti osaamista, torstait olivat ryhmätyöpäiviä ja perjantaisin opettaja arvioi viikon työn tulokset. Oppilaat tekivät itsearviointia joka tunnilla.

Toista käänteistä luokkaa ohjasi sama opettaja, mutta tämän ryhmän kanssa hän käytti ns. taitavuuden osoittamisen käänteisen oppimisen mallia (Flipped Mastery), missä oppilaat etenivät kurssimateriaalia itsenäisesti, omassa tahdissaan, ja saivat edetä seuraavaan aiheeseen vasta, kun olivat saavuttaneet edellisen aihepiirin testissä 80% tai enemmän tehtävistä oikein. Oppilaat käyttivät opiskelumateriaaleinaan opetusvideoita, lukukappaleita, interaktiivisia tutoriaaleja ja visoja, jotka olivat saatavilla sähköisessä oppimisympäristössä. Oppilaat saivat valita, tutustuvatko he aineistoihin kotona vai koulussa, mutta tyypillisesti aineistoihin tutustuttiin kotona ja koulussa aika käytettiin tehtävien ja testien tekemiseen. Luokassa oppilaat auttoivat toisiaan ja saivat myös opettajalta apua. Heillä oli valittavanaan kaksi eri tehtäväympäristöä, jonka tehtäviä he saivat tehdä edetäkseen. Jomman kumman ympäristön tehtävistä piti olla tehtynä 80% ennen kuin sai yrittää testiä aihepiiristä. Jos testistä sai vähintään 80% oikein, sai edetä seuraavaan aihepiiriin, jonka aineiston opettaja avasi opiskeluympäristöstä. Muussa tapauksessa piti harjoitella lisää ennen uusintatestin tekemistä. Toistuva testien tekeminen tapahtui sähköisessä oppimisympäristössä, eikä sen toteuttaminen ilman automaatiota olisi ollut mielekästä. Oppilaat pitivät mahdollisuudesta uusista testeistä ja parantaa arvosanoja, mutta kohti kurssin loppua heille kävi vääjäämättä selväksi, että mitä enemmän he käyttivät aikaa yhden asian oppimiseen, sitä vähemmän sitä oli käytössä kurssin lopulla. Opettaja oli tässä toteutustavassa luokkatilanteessa liian kiireinen, eikä ehtinyt antaa oppilaiden mielestä riittävästi tukea, vaikka opettaja omasta mielestään ei muuta tehnyt. Tutkimusvuosi oli ensimmäinen, jolloin opettaja käytti käänteistä oppimista, joten ajankäytön ongelmat saattoivat liittyä ainakin jossain määrin kokemattomuuteen menetelmän käytössä. (Wiginton 2013)

5.3 Haasteet

Mikään opetusmenetelmä ei ole ongelmaton. Niin myös käänteisten menetelmien käyttö matematiikan opetuksessa tuo mukanaan käytännön haasteita. Tässä jaksossa käsitellään aineistossa esiin tulleita haasteita sekä niihin ratkaisuvaihtoehtoja, jos sellaisia on tarjottu.

Aineiston julkaisuissa oli melko tyypillisesti keskitytty kuvaamaan toteutustapoja ja tuloksia, jolloin käänteisen opetuksen tai oppimisen haasteita ei usein mainittu lainkaan. Silloinkin, kun haasteista puhuttiin, vain ilmeisimmät mahtuivat mukaan tutkimusjulkaisuun (Lo 2017). Tästä huolimatta ainakin keskeisimmistä haasteista oli mahdollista muodostaa melko selkeä kuva, sillä ne toistuivat lähes aina haasteista puhuttaessa.

Merkittävin, ja ilmeisesti myös lähes mahdoton välttää, käänteisen opetusmenetelmän käyttöön liittyvä haaste on opettajan lisääntynyt työpanos, erityisesti menetelmän käyttöönottovaiheessa ja toteutustavasta riippuen mahdollisesti myöhemmin (Coufal 2014; De Araujo ym. 2017b; Grypp & Luebeck 2015; Heo & Choi 2014; Lo ym. 2017; Yousefzadeh & Salimi 2015). Useamman käänteisesti opetetun vuoden jälkeen työmäärä voi olla likimain sama kuin perinteisessä opetusmenetelmässä, kun on saanut käyttämänsä perusaineiston valmiiksi (De Araujo ym. 2017b). Tämä merkittävä alkupanostus liittyy erityisesti sopivien opetusvideoiden etsimiseen tai tekemiseen, mutta myös tuntiaktiiviteettien suunnitteluun. Kun oppitunnista ei enää kulu suurta osaa suoraan opettamiseen, oppitunnille täytyy suunnitella aiempaa enemmän sisältöä. Tämän lisääntyneen työmäärän hallitsemiseksi suositellaan esimerkiksi aloittamista käyttämällä muiden tekemiä opetusvideoita ja valmistamalla omiaan pikkuhiljaa (Lo & Hew 2017a; Moore ym. 2014), yhteistyön tekemistä koulun muiden opettajien kanssa (Fulton 2012; Grypp & Luebeck 2015), aloittamista käänteiseen ideaan hyvin sopivasta opetusjaksosta (Moore ym. 2014), ajankäytön suunnittelua ja ajan varaamista erikseen siirtymäjaksosa varten sekä opetuskulttuurin muutoksen ja sen tuomisen mahdollisuuksien arvostamista (Grypp & Luebeck 2015).

Opetusvideoihin ja siirtymävaiheeseen liittyviä ongelmia mainittiin myös. Coufal (2014) kuvaa, kuinka opettajalla oli paljon kysymyksiä siirtyessään käyttämään käänteisiä opetusmenetelmiä liittyen valittavaan teknologiaan ja sen käyttöön. Opettaja kuvaakin alkuun pääsemisen olleen selvästi käänteisen menetelmän vaikein vaihe. Moore ym. (2014) ratkaisivat alkuun pääsemisen ongelman valitsemalla opettajalle ja oppilaille entuudestaan tutun alustan. Grypp ja Luebeck (2015) kehottavat kokeilemaan ensin ja kehittämään toimintatapoja oppilailta saadun palautteen perusteella. Tutkimuksista löytyy myös ehdotuksia ja vaihtoehtoja matematiikan opetukseen soveltuvista teknologioista. Esimerkiksi Weinhandl ym. (2018) esittelevät useita teknologisia vaihtoehtoja erityispiirteineen. Opettajat voisivat hyötyä työnantajan panostuksesta koulutuksen (De Araujo ym. 2017b) tai muutokseen varatun ajan muodossa (Coufal 2014). Myös videoiden tekoon liittyvästä teknisestä tuesta voisi olla suuri apu (Moore ym. 2014).

Tarpeellisen teknologian puuttuminen joko laitteiston tai verkkoyhteyden muodossa voi olla ongelma (Coufal 2014; Graziano & Hall 2017; Yousefzadeh & Salimi 2015). Siihen on esitetty ratkaisuksi esimerkiksi videoiden katsomista koulussa ennen tai jälkeen oppitunnin (Graziano & Hall 2017), materiaalin jakamista vaihtoehtoisilla välineillä, kuten muistitikulla, DVD:llä tai koulusta lainattua laitetta käyttäen (Fulton 2012) ja sellaisen oppimisalustan käyttämistä, joka ei edellytä verkkoyhteyttä kotona (De Araujo ym. 2017b).

Toinen merkittävä aihepiiri, johon liittyi paljon haasteita, oli oppilaiden tottumattomuus menetelmään (Lo ym. 2017). Tämä on aivan ilmeisesti myös erityisesti siirtymävaiheeseen liittyvä haaste, mutta jos sen aiheuttamia ongelmia ei saada karistettua, ongelmat jäävät elämään vielä siirtymävaiheen jälkeenkin. Tottumattomuus näkyi oppilaiden ongelmina käänteiseen menetelmään asennoitumisessa (Heo & Choi 2014; Kirvan ym. 2015; Wiginton 2013) ja haluttomuutena tehdä uudentyyppisiä kotitehtäviä (De Araujo ym. 2017b; Heo & Choi 2014). Näiden ongelmien ratkaisuksi suositellaan siirtymävaiheessa selviä ohjeita oppilaille, mitä käänteinen menetelmä tarkoittaa, millaisia matematiikan oppitunnit ja kotitehtävät tulevat olemaan, mitä oppilailta edellytetään ja miksi tällainen muutos tehdään (Lo & Hew 2017a; Lo ym. 2017). Kotitehtävien tekemisen intoa voi yrittää lisätä myös muistutuksilla ja tukikysymyksillä (Moore ym. 2014) sekä tekemälle oppilaille selväksi, että oppitunnilla oppiminen on vaikeampaa (Heo & Choi 2014) tai jää paitsi jostakin, jos tehtävät ovat tekemättä (Kirvan ym. 2015). Hauskoiksi tehdyt kotitehtävävideot saatetaan puolestaan kokea niin kiinnostaviksi, että niitä katsottaisiin mielellään enemmän ja pidempäänkin (Coufal 2014).

Muutamissa tutkimuksissa nostettiin esiin käänteisen menetelmän yhteydessä käytettävien yhteistyömuotojen aikaansaama lisääntynyt meteli luokkahuoneessa (Heo & Choi 2014; Weinhandl ym. 2018; Wiginton 2013). Oppilaasta ja opettajasta riippuu, koetaanko se ongelmana (Wiginton 2013), mutta riittävän työrauhan takaamiseksi keskusteluissa käytettyyn äänenvoimakkuuteen on hyvä kiinnittää oppilaiden huomiota (Weinhandl ym. 2018), ja opettajan luokanhallinnallisten taitojen on syytä olla riittävän hyvällä tasolla (Heo & Choi 2014). Oppilaat voivat myös kuunnella musiikkia korvanapeilla luokassa sulkeakseen häiritsevät äänet pois (Wiginton 2013) tai luokkatilassa voisi olla kuulosuojaimia oppilaiden käyttöön.

Myös joitakin muita haasteita mainittiin, mutta ne on jätetty tässä tarkastelussa huomioimatta, koska ne eivät toistuneet muissa tutkimuksissa ja siten niiden katsottiin liittyvän enemmän yksittäisessä tutkimuksessa käytettyyn toteutusmalliin kuin käänteisiin menetelmiin yleensä.

6 Lisätutkimuksen tarve

Kolmas tutkimuskysymykseni koski yläkoulu- ja lukioikäisten matematiikan käänteisen opetuksen ja oppimisen parissa tehdyn tutkimuksen kattavuutta. Tarkemmin sanottuna, mitä opetustyön kannalta tärkeitä asioita käänteisten menetelmien käytöstä matematiikan opetuksessa yläkoulussa tai lukiossa ei ole vielä tutkittu tai on tutkittu vasta vähän? Kysymykseen vastatakseni kuvailen minulle muotoutunutta kokonaiskuvaa tämänhetkisestä tutkimuksesta, esittelen eri tutkimuksissa esiin nostettuja ehdotuksia lisätutkimuksen aiheiksi ja pohdin myös muita aiheellisia tutkimusaiheita ammentaen sisältöä omasta kokemuksestani yläkoulun matematiikan opettajana. Mahdollisimman kattavalla, eri näkökulmat huomioivalla käänteisten menetelmien tutkimuksella on suuri arvo matematiikan käytännön opetustyön raken-

tamiselle mahdollisimman hyväksi ja monenlaiset oppijat, opettajat ja opetuskulttuurit huomioivaksi.

Tähän kirjallisuuskatsaukseen pyrin löytämään mahdollisimman kattavasti yläkoulu- ja lukioikäisten parissa tehdyn tutkimuksen matematiikan käänteisestä opettamisesta ja oppimisesta. Tutkimuksia löytyi kaikkiaan melko vähän, joitakin kymmeniä, joten lienee selvää, että tämän aihepiirin ja ikäryhmän parissa on vielä paljon tutkittavaa. Myös useissa aineistooni päätyneissä tutkimuksissa mainittiin aihepiirin tutkimustiedon rajallisuus (De Araujo ym. 2017a; Lo & Hew 2017a).

Eisenhut ja Taylor (2015) kuvailevat matematiikan käänteisten opetusmenetelmien tähänastisen tutkimuksen keskittyneen kolmeen alueeseen: oppilaiden suhtautumisen tutkimiseen, käänteisyyden vaikutuksien tutkimiseen liittyen oppilaiden opetukseen sitoutumiseen sekä käänteisyyden vaikutuksien tutkimiseen liittyen oppimistuloksiin. Vielä tätä kirjoittaessa neljä vuotta myöhemmin on helppo olla samaa mieltä kyseisen kuvauksen kanssa.

Ensimmäinen ehdottamani lisätutkimuksen arvoinen asia on käänteisten opetusmenetelmien pitkäkestoisen käytön vaikutukset. Tämän kirjallisuuskatsauksen aineiston tutkimuksissa huomioni kiinnittyi yksittäisten tutkimusten yleensä lyhyeen keston. Tutkimusjakson pituus toki vaihteli suuresti tutkimuksesta toiseen, yhdestä oppitunnista (tai aiheesta) (DeSantis ym. 2015) kokonaiseen lukuvuoteen (Graziano & Hall 2017). Valtaosassa tutkimuksista tutkimusjakson pituus on kuitenkin muutamia viikkoja tai kuukausia (mm. Bhagat ym. 2016; Chen ym. 2016; Clark 2015; Grypp & Luebeck 2015). Lienee paikallaan pohtia, kuinka luotettavia tuloksia lyhyet tutkimusjaksot antavat oppilaiden oppimistuloksista tai mieltymyksistä, kuten näissä tutkimuksissa on yleensä tehtykin. Muutamissa tutkimuksissa tulosten tulkinnan yhteydessä viitattiin mahdolliseen uutuusvaikutukseen (Clark 2015; Lo ym. 2017). Uutuusvaikutusta voidaan yrittää poistaa tutustuttamalla opiskelijat etukäteen opetukseen tuleviin uusiin elementteihin (Kirvan ym. 2015), mutta ei vaikuta mielestäni uskottavalta, että uutuusvaikutus poistuisi kokonaan näin triviaalilla menettelyllä. Toki se voi vähentää vaikutuksen suuruutta. Uutuusvaikutus koskee lisäksi myös opettajia, mitä ei erityisesti huomioitu missään tutkimuksista. Sekin olisi syytä ottaa huomioon tuloksia tulkittaessa.

Pidempien tutkimusten tarpeen puolesta puhuu myös Špilkan (2015) puoli vuotta kestänyt tutkimus, jossa kotitehtäviksi annettujen videoiden katsomiskertojen määrä laski kohti tutkimusjakson loppua. Yli vuoden kestäneitä pitkittäistutkimuksia ei ole tarjolla vielä lainkaan. Lo ym. (2017a) esittävät suunnittelututkimuksen (design-tutkimus, design-based research) käyttämistä pidemmän aikavälin tutkimusmenetelmänä. Sen avulla voitaisiin tutkia erilaisia käänteisiä tapoja toteuttaa matematiikan opetusta ja kartoittaa, mitkä niistä toimivat parhaiten. Idea vaikuttaa mielestäni kannatettavalta.

Tämänhetkistä aihepiirin tutkimusta leimaa satunnaisuus ja hajanaisuus koskien tutkittujen oppilaiden ikäjakaumaa, tutkimusten aikana opettajien matematiikan aiheiden jakaumaa ja opettajien kokemusvuosien jakaumaa. Lisäksi tutkimuksissa käytetyissä tutkimusmenetelmissä ja käänteisten menetelmien toteutuksissa näkyy laajaa variaatiota (käänteinen oppiminen ja käänteinen opettaminen, ongelmalähtöi-

syys, projektityöt, omaan tahtiin eteneminen, käytännön havainnollistaminen, productive failure, jne.). Näistä erilaisista oppimiseen vaikuttavista osa-alueista olisi mielestäni hyvä saada järjestelmällinen ja riittävän laajalla aineistolla toteutettu analyysi, jotta saamme paremman kuvan, keille, missä tilanteessa ja miten toteutettuna käänteiset menetelmät sopivat parhaiten. Samansuuntaisia ajatuksia laajemman ja monipuolisemman tutkimuksen tarpeesta esittivät myös useat tutkijat (Coufal 2014; Graziano & Hall 2017; Moore & Chung 2015; Muir & Geiger 2016; Ramaglia 2015; Song & Kapur 2017; Wiginton 2013). Kaiken kaikkiaan tarvittaisiin lisää yläkoulu- ja lukioikäisten parissa tehtyä tutkimusta käänteisten menetelmien käytöstä matematiikan opetuksessa nykyisen tutkimuksen painottuessa korkea-asteen koulutukseen (Lo & Hew 2017a; Wiginton 2013).

Hyvin vähälle huomiolle ovat jääneet toistaiseksi myös oppilaiden ja opettajien sidosryhmät: oppilaiden vanhemmat, koulujen muu henkilökunta ja hallinto. Opetusmenetelmien muuttamisella on vaikutuksia myös luokkahuoneen ulkopuolella. Miten eri tahot suhtautuisivat ja millaisia vaikutuksia sillä olisi, jos oppilaat saisivat käänteistä opetusta kaikissa tai melkein kaikissa kouluaineissa? Aineiston tutkimuksista kahdessa oli kuvailtu vanhempien mielipiteitä (Fulton 2012; Muir 2015) ja yhdessä oli haastateltu koulun hallintohenkilökuntaa (Coufal 2014), mutta tutkimusten otokset ja käsitellyt asiat olivat hyvin rajallisia. Myös Ramaglia (2015) mainitsee tarpeen vanhempien näkemysten tutkimiseen.

Opetusvideoihin liittyviä lisätutkimusaiheita ehdotettiin useita. Špilka (2015) ehdotti tutkimusta oppimistulosten ja opetusvideoiden katsomiseen käytetyn ajan yhteydestä ja De Araujo ym. (2017a) toivoivat lisätutkimusta liittyen erityyppisten videoiden käyttöön opiskelumateriaalina puhtaiden opetusvideoiden lisäksi, ja näiden videoiden mahdollisesta vaikutuksesta opiskelumotivaatioon, sekä oppilaiden erilaisista tavoista katsoa videoita, mihin Špilka (2015) tutkimuksessaan jo osaltaan vastasi. Myös Moore ja Chung (2015) kaipasivat lisätutkimusta erilaisten opetusvideoiden ja muiden videoiden sekä erilaisten interaktiivisten oppimisympäristöjen käytön vaikutuksista oppimiseen. Myös opetusvideoiden laatua arvioivia tutkimuksia kaipaaisin lisää. Nyt aiheita käsittelee ainoastaan yksi aineiston tutkimuksista (De Araujo ym. 2017a).

Muita tutkimuksissa esitettyjä lisätutkimusaiheita olivat oppimisen syvyyteen liittyvät aiheet. Lisää tietoa kaivataan käänteisten menetelmien vaikutuksista korkeamman tason ajattelutaitoihin, pitkäkestoiseen muistiin, eritasoisten ja -tyyppisten tehtävien tekemiseen sekä oppilaiden itseluottamukseen suhteessa matematiikkaan (Katsa ym. 2016; Lo ym. 2017; Mousel 2013).

Suomalaisena matematiikan opettajana kaipaaisin kotimaista tutkimusta aihepiiristä. Toistaiseksi kotimaan lähteissä korostuu muutaman aihepiiriin erikoistuneen opetusalan ammattilaisen panostus, mutta tutkijayhteisön osallistuminen on rajallista. Saatavilla olevat tutkimukset rajoittuvat lähinnä pro gradujen tasolle, kuten tämäkin kirjallisuuskatsaus. Suomalaisessa peruskoulussa olisi myös kansainvälisesti kiinnostava mahdollisuus tutkia matematiikan käänteisen opetuksen vaikutuksia, sillä suomalaisten oppilaiden korkeatasoinen menestys kansainvälisissä tutkimuksissa asettaa haasteen uudelle lähestymistavalle: voivatko oppimistulokset parantua myös korkea-

laatuisessa koulutuskulttuurissa? Suomalaisen opetussuunnitelman tavoitteiden toteutumisesta olisi kiinnostavaa lukea tutkimuksia erityisesti käänteistä oppimista käyttävissä opetusryhmissä, joissa oppilaat saavat itse vaikuttaa enemmän opiskele-
mansa aineiston sisältöön, tahtiin ja opiskelutapoihin.

7 Pohdinta

Tämän kirjallisuuskatsauksen tarkoitus oli kartoittaa käänteisiä opetusmenetelmiä käyttäneiden, yläkoulu- ja lukioikäisten matematiikan opetuksen parissa tehtyjen tutkimusten tuloksia. Tutkimusten tuloksista haluttiin selvittää, millaisia vaikutuksia käänteisten menetelmien käytöllä on oppimistuloksiin, oppilaisiin ja opetustilanteeseen. Lisäksi kartoitettiin tutkimuksissa esiin nostettuja ja hyväksi havaittuja toimintatapoja käänteisten menetelmien käytössä ja toisaalta myös kohdattuja haasteita. Kirjallisuuskatsauksen lopuksi pohdittiin tämänhetkisen tutkimuksen kattavuutta ja asioita, joista olisi vielä hyvä saada lisää tutkimustietoa. Tässä luvussa esitellään kootusti tämän kirjallisuuskatsauksen keskeisimmät tulokset ja pohditaan tulosten merkitystä käytännön opetustyön kannalta. Esiin nostetaan myös tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttavia seikkoja.

Matematiikan oppimistulosten osalta käänteisten menetelmien käytön vaikutukset eivät ole yksiselitteiset. Noin puolessa oppimistuloksia mitanneista tutkimuksista käänteisillä menetelmillä on saatu parempia oppimistuloksia kuin perinteisiä opetusmenetelmiä käyttäen, mutta toinen puoli tutkimuksista on päätyneet samoihin oppimistuloksiin molemmilla menetelmillä. Vaikka oppimistulosten paranemista ei tutkimusaineiston pohjalta voikaan luvata, melko luotettavasti uskalletaan kuitenkin todeta, etteivät oppimistulokset ainakaan vaikuttaisi heikentyvän opetuksen käänteistämisen myötä, sillä yhdessäkään tutkimuksessa ei havaittu tilastollisesti huonompia tuloksia käänteisesti opetetulla ryhmällä perinteisesti opetettuun ryhmään verrattuna.

Käänteisillä menetelmillä opettujen matematiikan ryhmien oppilaissa oli havaittavissa parempaa motivaatiota ja sitoutumista opiskeluun kuin perinteisesti opetuissa ryhmissä. Oppilaiden mielestä sekä opetus että opettaja on paremmin saatavilla käänteisessä mallissa, ja oppilaat kokivat usein oppivansa paremmin käänteisesti opetettuina. Vuorovaikutus luokassa lisääntyi, ja oppilaat ottivat enemmän vastuuta oppimisestaan. Oppilaiden oma valinta opetusmenetelmien välillä ei ollut selvä: käänteinen ja perinteinen menetelmä keräsivät molemmat kannatusta parempana opetusmenetelmänä. Lisäksi oppilaat tuntuivat yleensä suhtautuvan myönteisesti heidän opetuksessaan käytettyihin menetelmiin, olipa menetelmä sitten mikä tahansa.

Käänteisten menetelmien käytön myötä matematiikan tunneille vapautui lisää aikaa. Se oli selkein ja yksimielisin havainto tutkimusaineiston joukossa. Tätä aikaa saatettiin käyttää monella tapaa hyödyksi. Yleensä lisääntynyt aika mahdollisti vuorovaikutuksen lisääntymisen sekä oppilaiden keskuudessa että opettajan ja oppilaiden välillä. Lisäksi opettajilla ei ollut enää vaikeuksia saada kurssien sisältöjä mah-

tumaan käytettävissä olevaan aikaan. Toisaalta opettajat kokivat työmääränsä lisääntyneen merkittävästi. Materiaalien valmistamiseen kului paljon aikaa, mikä vaikeutti jaksamista. Osassa tapauksista oppilaita oli vaikea motivoida tekemään uudenlaisia kotitehtäviä, mikä vaikeutti menetelmän käyttöä.

Suosituksia opetuksen toteuttamiseen käänteisesti löytyi useita. Kotona tapahtuva opettaminen toteutettiin käytännössä aina käyttämällä opetusvideoita, joiden suositeltiin olevan oman opettajan valmistamia, lyhyitä ja mahdollisesti sisältävän myös keventäviä elementtejä. Videoiden katsomisen tueksi ehdotettiin muistiinpanopohjaa, itse täytettäviä tehtäviä tai pientä ja automaattisesti arvioitavaa sähköistä visaa. Vaikeinta sisältöä suositeltiin opetettavan edelleen luokassa. Toisaalta kertaavaa sisältöä kannustettiin tarjoamaan videoitse sitä tarvitseville.

Oppitunnin suunnitteluun kannustettiin panostamaan huolella. Vapautuva aika tulee käyttää harkitusti, jotta siitä saadaan paras hyöty. Oppitunnin alussa on hyvä palauttaa mieliin kotona opittu. Aktivoivien, monipuolisten ja vuorovaikutuksellisten menetelmien sekä reaali maailman ongelmien käyttöä suositellaan. Opettajan tulee olla oppilaiden käytettävissä ja ohjata heitä parempiin työskentelytapoihin, jos he eivät hallitse uudenlaisia työskentelytapoja. Jos opettaja toteuttaa käänteisen oppimisen mallia, oppitunnit näyttävät hieman erilaisilta kuin käänteisen opetuksen mallilla. edellä annetut suositukset pätevät silti molempiin malleihin. Nämä tutkimuksissa esitetyt suositukset ovat yhteneviä Bergmannin ja Samsin (2015) käytännön kokemusten pohjalta tehtyjen suositusten kanssa, mikä tukee kyseisten käytäntöjen hyvyttä.

Käänteisten menetelmien käytön suurin haaste, joka vaikuttaa olevan myös väisämätön, on opetusmenetelmään siirtymisen hyvä hallinta ja erityisesti opettajalta vaadittu suurempi työpanos, joka mainittiin jo edellä. Siihen on syytä varautua ja suunnitella siirtymävaihe huolellisesti. Myös oppilaille siirtymävaihe voi olla vaikea, eikä tilanne välttämättä korjaannu, jos asiaan ei puututa sopivalla tavalla. Kolmas useammassa yhteydessä mainittu haaste oli luokkahuoneen lisääntynyt meteli, johon on syytä varautua, ja miettiä, miten se hallitaan hyvin.

Lisää tutkimusta matematiikan opettamista käänteisillä menetelmillä tarvitaan yläkoulu- ja lukioikäisten parissa. Erityisesti pitkäkestoisten tutkimusten vähäinen määrä on huomiota herättävää, mutta myös matematiikan eri aiheiden opettaminen, eri ikäryhmien opettaminen ja erilaiset käänteisten menetelmien toteutustavat kaipaisivat järjestelmällisempää tutkimusta. Opetusvideot ovat vielä suhteellisen uusi elementti opetuskäytössä, minkä seurauksena niiden laatua ja tehoa opetuksen välittäjänä olisi hyvä tutkia lisää. Opetuksen sidosryhmiä olisi hyvä ottaa laajemmin mukaan tutkimuksissa, erityisesti oppilaiden vanhempia, ja lisäksi tutkimusta olisi hyvä saada suomalaisesta korkean osaamisen viitekehityksestä erityisesti opetussuunnitelman toteutumisen näkökulmasta.

Tämän kirjallisuuskatsauksen luotettavuus liittyy suoraan käsiteltyjen julkaisujen luotettavuuteen. Suurin osa katsaukseen hyväksytyistä julkaisuista oli vertaisarvioituja. Muut mukaan otetut artikkelit, jotka olivat pääasiassa konferenssijulkaisuja, lisäsivät aineistoon jonkun sellaisen näkökulman, joka ei muuten aineistossa esiintynyt juuri lainkaan. Katsauksen luotettavuuteen vaikuttaa myös aineistonkeruun laa-

juus. Aineisto koottiin useista eri tietokannoista, jotta mahdollisimman monipuolinen aineisto saatiin kerätyksi. Aineisto koostuu vain englanninkielisistä julkaisuista, mikä saattaa aiheuttaa englanninkielisen maailman yliedustuksen aineistossa. Toisaalta englantia on myös kasvatustieteellisten julkaisujen yleiskieli, joten kielirajauksen tekeminen oli perusteltua. Kuten kasvatustieteille on tyypillistä, tutkimusten otoskoot olivat pieniä ja yksittäisten tutkimusten tulokset eivät ole sellaisenaan yleistettävissä. Kuitenkin samojen tulosten toistuminen useissa tutkimuksissa lisää yleistettävyyden mahdollisuutta, ja siksi lisätutkimusta tarvittaisiinkin niistä aiheista, joissa tähänastinen tutkimus on keskenään ristiriitaista.

Eräs uusien ilmiöiden tutkimusta – ja siten tämänkin kirjallisuuskatsauksen aineistoa – leimaava piirre on tutkimuksen tekijöiden ja tutkittavien kohteiden valikoituvuus. Oma motivaationi tämän kirjallisuuskatsauksen tekemiseen on henkilökohtainen kiinnostuminen aiheesta. Rohkenen olettaa, etten ole ainoa tällä asenteella liikkeellä oleva tutkija. Uskallan myös olettaa, että monet käänteisiä menetelmiä kokeilevista matematiikan opettajista toivovat voivansa saavuttaa parempia tuloksia uudella menetelmällä ja lähtevät ajatuksesta innostuneena kokeilemaan mahdollisuuksiaan. Sekä tutkittujen opettajien että mahdollisesti myös tutkijoiden innostuneella asenteella voi olla vaikutusta uusien ilmiöiden tutkimustuloksiin. Innostuneisuus on opettajassa hyvä piirre, ja sillä on positiivinen vaikutus niin luokan ilmapiiriin kuin oppilaiden sitoutumiseen ja oppimiseenkin, mutta tutkimuksissa pitää varoa antamasta kunniaa menetelmälle silloin kun se kuuluu innostuneisuudelle. Hyvien tulosten todellista syytä voi olla vaikea selvittää.

Suomessa tällä hetkellä käytössä oleva Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet (Opetushallitus 2016) painottaa oppimiskäsityksessään aktiivisuutta, vuorovaikutteisuutta, itseohjautuvuutta, ongelmanratkaisutaitoja ja henkilökohtaisten tavoitteiden asettamista. Kaikki nämä sopivat hyvin yhteen käänteisten menetelmien kanssa, ja käänteisten menetelmien käytön tarjoama lisääntynyt aika oppitunneilla helpottaa näiden tavoitteiden toteuttamista. Toisaalla opetussuunnitelman perusteissa kuitenkin kerrotaan, että jokaista oppilasta autetaan löytämään itselleen sopivat toimintatavat ja oppimisstrategiat. Kirjallisuuskatsaukseni aineistossa tuli esiin säännönmukaisesti tapauksia, joissa kaikki oppilaat eivät halunneet opiskella käänteisesti. Jotta opetussuunnitelman mukainen omien toimintatapojen löytäminen tulisi heidänkin kohdallaan mahdolliseksi, pitäisi miettiä, miten tämän oppilasryhmän tarpeisiin vastataan. Ei ole toivottavaa, että siirtyminen aidosti yksilölliseksi tarkoitettuun malliin matematiikan opetuksessa johtaisi uuteen vain enemmistöä palvelemaan opetus-kulttuuriin.

Viitteet

- Abeyssekera, L., & Dawson, P. 2015. Motivation and cognitive load in the flipped classroom: definition, rationale and a call for research. *Higher Education Research & Development*, 34(1), 1–14.
- Bergmann, J. & Sams, A. 2012. *Flip your classroom : reach every student in every class every day*. International Society for Technology in Education.
- Bergmann, J. & Sams, A. 2015. *Flipped Learning for Math Instruction*. International Society for Technology in Education.
- Bhagat, K. K., Chang, C.-N. & Chang, C.-Y. 2016. The Impact of the Flipped Classroom on Mathematics Concept Learning in High School. *Educational Technology & Society*, 19(3), 134–142.
- Bishop, J. L. & Verleger, M. A. 2013. The Flipped Classroom: A Survey of the Research. *120th American Society for Engineering Education Annual Conference and Exposition*, 30, 1–18.
- Casem, R. Q. 2016. Effects of flipped instruction on the performance and attitude of high school students in mathematics. *European Journal of STEM Education*, 1(2), 37–44.
- Chen, S.-C., Yang, S. J. & Hsiao, C.-C. 2016. Exploring student perceptions, learning outcome and gender differences in a flipped mathematics course. *British Journal of Educational Technology*, 47(6), 1096–1112.
- Chen, Y., Wang, Y., Kinshuk & Chen, N.-S. 2014. Is FLIP enough? Or should we use the FLIPPED model instead? 79(C), 16–27.
- Clark, K. R. 2015. The Effects of the Flipped Model of Instruction on Student Engagement and Performance in the Secondary Mathematics Classroom. *Journal of Educators Online*, 12(1), 91–115.
- Coufal, K. 2014. *Flipped Learning Instructional Model: Perceptions Of Video Delivery To Support Engagement In Eighth Grade Math*. Beaumont, Texas: ProQuest LLC.
- De Araujo, Z., Otten, S. & Birisci, S. 2017a. Conceptualizing “Homework” in Flipped Mathematics Classes. *Educational Technology & Society*, 20(1), 248–260.
- De Araujo, Z., Otten, S. & Birisci, S. 2017b. Mathematics teachers' motivations for, conceptions of, and experiences with flipped instruction. *Teaching and Teacher Education*, 62, 60–70.

- DeSantis, J., Van Curen, R., Putsch, J. & Metzger, J. 2015. Do Students Learn More From a Flip? An Exploration of the Efficacy of Flipped and Traditional Lessons. *Journal of Interactive Learning Research*, 26(1), 39–63.
- Eisenhut, L. A. & Taylor, C. E. 2015. In-Class Purposes of Flipped Mathematics Educators. *Journal of Mathematics Education at Teachers College*, 6(2), 17–25.
- Faulkner, T. 2014. *Maximizing Learning*. Details of How Peer Instruction Works: <https://sites.google.com/site/troyfaulknerprofessional/peer-instruction/details-of-how-peer-instruction-work>. (Haettu 9. 6. 2019).
- Flipped Learning Network 2014. *Definition of Flipped Learning*. <https://flippedlearning.org/definition-of-flipped-learning/>. (Haettu 17. 6. 2019).
- Fulton, K. P. 2012. 10 reasons to flip. *Kappan*, lokakuu, 20–24.
- Google 2019. *Google Trends*. haku termille: *flipped classroom*, Suomi. <https://trends.google.com/trends/explore?date=all&geo=FI&q=flipped%20classroom>. (Haettu 21. 4. 2019).
- Graziano, K. J. & Hall, J. D. 2017. Flipping Math in a Secondary Classroom. *Jl. of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 36(1), 5–16.
- Grypp, L. & Luebeck, J. 2015. Rotating Solids and Flipping Instruction. *The Mathematics Teacher*, 109(3), 186–193.
- Guo, P. J., Kim, J. & Rubin, R. 2014. How video production affects student engagement: An empirical study of MOOC videos. *Proceedings of the first ACM conference on Learning@ scale conference* (ss. 41–50). Atlanta, Georgia: Association for Computing Machinery.
- Heo, H. J. & Choi, M. R. 2014. Experiences from Flipped Classroom by Novice Math Teacher in Middle School. *Information*, 17(12 (A)), 6211–6216.
- Katsa, M., Sergis, S. & Sampson, D. G. 2016. Investigating the Potential of the Flipped Classroom Model in K-12 Mathematics Teaching and Learning. Teoksessa D. G. Sampson, J. M. Spector, D. Ifenthaler & P. Isaías (Toim.), *Proceedings of the 13 th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in the Digital Age (CELDA 2016)* (ss. 210–18). Mannheim, Germany: IADIS press.
- Kirvan, R., Rakes, C. R. & Zamora, R. 2015. Flipping an Algebra Classroom: Analyzing, Modeling, and Solving Systems of Linear Equations. *Computers in the Schools*, 32(3-4), 201–223.

- Lo, C. K. 2017. Examining the Flipped Classroom through Action Research. *The Mathematics Teacher*, 110(8), 624–627.
- Lo, C. K. & Hew, K. F. 2017a. A critical review of flipped classroom challenges in K-12 education: possible solutions and recommendations for future research. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 12(4), 1–22.
- Lo, C. K. & Hew, K. F. 2017b. Using "First Principles of Instruction" to Design Secondary School Mathematics Flipped Classroom: The Findings of Two Exploratory Studies. *Journal of Educational Technology and Society*, 20(1), 222–236.
- Lo, C. K., Hew, K. F. & Chen, G. 2017. Toward a set of design principles for mathematics flipped classroom: A synthesis of research in mathematics education. *Educational Research Review*, 22, 50–73.
- Lo, C. K., Lie, C. W. & Hew, K. F. 2018. Applying "First Principles of Instruction" as a design theory of the flipped classroom: Findings from a collective study of four secondary school subjects. *Computers & Education*, 118, 150–165.
- Moore, A. J., Gillett, M. R. & Steele, M. D. 2014. Fostering Student Engagement with the Flip. *Mathematics Teacher*, 107(6), 420–425.
- Moore, C. & Chung, C.-J. 2015. Students' Attitudes, Perceptions, and Engagement within a Flipped classroom model as Related to Learning Mathematics. *Journal of Studies in Education*, 5(3), 286–308.
- Mousel, A. 2013. Flipping the High School Mathematics Classroom. *Studies in Teaching, 2013 Research Digest, Action Research Projects Presented at Annual Research Forum* (ss. 61–66). Wake Forest University, Department of Education.
- Muir, T. 2015. Student and Parent Perspectives on Flipping the Mathematics Classroom. Teoksessa M. Marshman, V. Geiger & A. Bennison (Toim.), *Mathematics education in the margins (Proceedings of the 38th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia)* (ss. 445–452). Sunshine Coast: MERGA.
- Muir, T. 2016. No more 'What are we doing in maths today?' Affordances of the Flipped Classroom Approach. Teoksessa B. White, M. Chinnappan & S. Trenholm (Toim.), *Opening up mathematics education research (Proceedings of the 39th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia)* (ss. 487–494). Adelaide: MERGA.
- Muir, T. & Chick, H. 2014. Flipping the Classroom: A Case Study of a Mathematics Methods Class. Teoksessa J. Anderson, M. Cavanagh & A. Prescott (Toim.),

Proceedings of the 37th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia (ss. 485–492). Sydney: MERGA.

Muir, T. & Geiger, V. 2016. The affordances of using a flipped classroom approach in the teaching of mathematics: a case study of a grade 10 mathematics class. *Mathematics Education Research Journal*, 28, 149–171.

Opettaja 2018. Lisää matemaattista ajattelua. *Opettaja*, 113(14), s. 5.

Opetus- ja kulttuuriministeriö 2016. *PISA 2015: Suomalaisnuoret edelleen huipulla, pudotuksesta huolimatta*. https://minedu.fi/artikkeli/-/asset_publisher/pisa-2015-suomalaisnuoret-edelleen-huipulla-pudotuksesta-huolimatta. (Haettu 24. 5. 2019).

Opetushallitus 2016. *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014*. Helsinki: Next Print Oy.

Ramaglia, H. 2015. *The Flipped Mathematics Classroom: A Mixed Methods Study Examining Achievement, Active Learning, And Perception*. Manhattan, Kansas: ProQuest LLC.

Rautopuro, J. 2013. *Hyödyllinen pakkolasku - Matematiikan oppimistulokset peruskoulun päättövaiheessa 2012*. Juvenes Print – Suomen Yliopistopaino Oy: Opetushallitus.

Schmeisser Arriaga, C. M. & Medina-Talavera, J. A. 2018. Comparative study between the flipped classroom methodology and the traditional methodology in Spanish, English and Mathematics classes. *MLS-Educational Research*, 2(2), 44–60.

Song, Y. & Kapur, M. 2017. How to Flip the Classroom – “Productive Failure or Traditional Flipped Classroom” Pedagogical Design? *Journal of Educational Technology & Society*, 20(1), 292–305.

Špilka, R. 2015. Learner-content interaction in flipped classroom model. *ICTE Journal*, 4(3), 53–60.

Toivola, M. 2018. *Flipped Learning in Finland: Opinnäytetöitä*. <http://www.flippedlearning.fi/p/julkaisuja.html>. (Haettu 17. 6. 2019).

Toivola, M., Peura, P. & Humaloja, M. 2017. *Flipped Learning - Käänteinen oppiminen*. Helsinki: Edita Publishing Oy.

Tse, W. S., Choi, L. Y. & Tang, W. S. 2019. Effects of video-based flipped class instruction on subject reading motivation. *British Journal of Educational Technology*, 50(1), 385–398.

- Weinhandl, R., Lavicza, Z. & Süss-Stepancik, E. 2018. Technology-enhanced Flipped Mathematics Education in Secondary Schools: A Synopsis of Theory and Practice. *K-12 STEM Education*, 4(3), 377–389.
- Wiginton, B. L. 2013. *Flipped Instruction: An Investigation into the Effect of Learning Environment on Student Self-Efficacy, Learning Style, and Academic Achievement in an Algebra I Classroom*. Tuscaloosa, Alabama: ProQuest LLC.
- Yle Uutiset 2017. *Opettaja luopui luennoista – yhtäkkiä lähes kaikki opiskelijat läpäisivät vaikean yliopistokurssin*. <https://yle.fi/uutiset/3-9529446>. (Haettu 24. 5. 2019).
- Yousefzadeh, M. & Salimi, A. 2015. The Effect of Flipped Learning (Revised Learning) on Iranian Students' Learning Outcomes. *Advances in Language and Literary Studies*, 6(5), 209–213.