

Sirpa Lindholm

MURTOLUKUJEN OPPIMINEN JA TILANNEKOHTAINEN MOTIVAATIO OPPIMISPELISSÄ

Kasvatustieteiden ja kulttuurin tiedekunta
Pro gradu -tutkielma
Huhtikuu 2023

TIIVISTELMÄ

Sirpa Lindholm: Murtolukujen oppiminen ja tilannekohtainen motivaatio oppimispelissä
Pro gradu -tutkielma
Tampereen yliopisto
Kasvatuksen ja yhteiskunnan tutkimuksen maisteriohjelma
Huhtikuu 2023

Murtolukuja pidetään yleisesti yhtenä vaikeimmin opittavista matematiikan osa-alueista. Koska murtoluvut ovat keskeisessä osassa matemaattista järjestelmää, olisi niiden käytön ja soveltamisen hallitseminen tärkeää. Motivaatiolla on matematiikan oppimisessa suuri merkitys, mikä on lisännyt kiinnostusta soveltaa opetuksessa digitaalisia oppimispelejä, joiden on todettu edistävän murtolukujen oppimista. Tutkimuksessa käytettiin Number Trace -oppimispeliä, joka on murto- ja desimaalilukujen käsitteellisen ymmärryksen vahvistamiseen kehitetty pelillinen oppimisympäristö. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten Number Trace -oppimispelin pelaaminen vaikuttaa oppilaiden käsitteelliseen murtolukuymmärrykseen sekä minäpystyvyyteen ja tilannekohtaiseen kiinnostukseen. Lisäksi tarkasteltiin oppilaiden aiemman käsitteellisen murtolukuymmärryksen yhteyttä pelin oppimisvaikutukseen sekä minäpystyvyyden ja tilannekohtaisen kiinnostuksen muutoksiin.

Tutkimukseen osallistui 65 viidesluokkalaista oppilasta. Tutkittavat pelasivat Number Trace -matematiikkapeliä, joka sisälsi murtolukutehtäviä lukualueilla 0–1 ja 0–5. Tutkittavat jaettiin lisäksi aiemman murtolukuosaamisen mukaan matalamman lähtötason ($n = 32$) ja korkeamman lähtötason ($n = 33$) tasoryhmiin. Wilcoxonin merkkitestin tulosten mukaan oppilaiden käsitteellinen murtolukuosaaminen parantui koko otoksen osalta, mutta minäpystyvyys ja tilannekohtainen kiinnostus vähentyivät pelaamisen aikana. Mann-Whitneyn U -testin tulokset osoittivat, että matalamman lähtötason oppilaiden käsitteellinen murtolukuymmärrys kehittyi enemmän kuin korkeamman lähtötason oppilaiden. Minäpystyvyyden ja tilannekohtaisen kiinnostuksen osalta tasoryhmien väliset erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Tilastollisen merkitsevyyden lisäksi tarkasteltiin muuttujien yhteyden voimakkuutta efektiin kautta.

Tutkimustulokset osoittivat, että Number Trace -oppimispeli tukee murtolukuymmärryksen kehittymistä. Tutkimus vahvistaa siten aiempia tutkimuksia oppimispeleiden hyödyistä käsitteellisen murtolukuymmärryksen tukemisessa. Minäpystyvyyden alentuminen ja tilannekohtaisen kiinnostuksen vähentyminen osoittavat, että lisää tutkimusta tarvitaan oppimispelin sisällöllisen rakenteen ja kiinnostavuuden vahvistamiseksi.

Avainsanat: Pelillinen oppiminen, Minäpystyvyys, Tilannekohtainen kiinnostus, Matematiikka, Murtoluvut

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -ohjelmalla.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	TILANNEKOHTAINEN MOTIVAATIO	9
2.1	Minäpystyvyys.....	11
2.2	Tilannekohtainen kiinnostus.....	14
3	OPPIMISPELIT, MATEMATIIKKA JA MURTOLUVUT	17
3.1	Peliillinen oppiminen	17
3.2	Matematiikka ja oppimispelit.....	23
3.3	Murtoluvut ja oppimispelit	26
4	TUTKIMUSKYSYMYKSET	29
5	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	30
5.1	Tutkittavat.....	30
5.2	Number Trace -oppimispelin kuvaus	31
5.2.1	<i>Pelissä käytetyt apukeinot ja kiinnostuksen herättäjät</i>	32
5.2.2	<i>Pelin tarjoama palaute</i>	35
5.3	Mittarit	38
5.3.1	<i>Murtolukuosaaminen</i>	38
5.3.2	<i>Minäpystyvyys</i>	39
5.3.3	<i>Tilannekohtainen kiinnostus</i>	40
5.4	Aineistonkeruu ja tutkimuksen kulku.....	41
5.5	Aineiston tilastollinen käsittely	44
6	TULOKSET	47
6.1	Kuvailevat tulokset.....	47
6.2	Pelaamisen yhteys oppimistuloksiin ja tilannekohtaiseen motivaatioon.....	48
6.3	Lähtötason yhteys oppimistuloksiin ja tilannekohtaiseen motivaatioon.....	49
7	POHDINTA	50
7.1	Pelin oppimisvaikutukset.....	50
7.2	Minäpystyvyyden muutokset oppimispelissä	51
7.3	Tilannekohtaisen kiinnostuksen muutokset oppimispelissä	52
7.4	Tutkimuksen rajoitukset ja jatkotutkimusaiheet	53
7.5	Tutkimuksen eettisyys ja luotettavuus	56
7.6	Johtopäätöksiä	58
	LÄHTEET	60

TAULUKOT

TAULUKKO 1.	MUUTTUJIEN KUVAILEVIA TUNNUSLUKUJA (KOKO OTOS)	47
TAULUKKO 2.	MUUTTUJIEN KUVAILEVIA TUNNUSLUKUJA (TASORYHMÄT)	47
TAULUKKO 3.	WILCOXONIN MERKKITESTIN TULOKSET JA EFEKTIKOKO	48
TAULUKKO 4.	MANN-WHITNEYN U-TESTIN TULOKSET JA EFEKTIKOKO	49

KUVIOT

KUVIO 1.	ARVIOINTITEHTÄVÄ, JOSSA ON KUKKIA APUKEINONA	32
KUVIO 2.	MADOT APUKEINOINA JA KIINNOSTUKSEN HERÄTTÄJINÄ	33
KUVIO 3.	VIHOLLISET APUKEINOINA JA KIINNOSTUKSEN HERÄTTÄJÄNÄ	34
KUVIO 4.	HYPPYKENGÄT KIINNOSTUKSEN HERÄTTÄJINÄ.....	34
KUVIO 5.	VÄLITÖN PALAUTE OIKEAN VASTAUKSEN JÄLKEEN	36
KUVIO 6.	VÄLITÖN PALAUTE VÄÄRÄN VASTAUKSEN JÄLKEEN.....	36
KUVIO 7.	VIIVÄSTETTY PALAUTE PELIKENTÄN LOPUSSA.....	37
KUVIO 8.	MINÄPYSTYVYYDEN MITTAUS.....	40
KUVIO 9.	TILANNEKOHTAISEN KIINNOSTUKSEN MITTAUS.....	41
KUVIO 10.	TUTKIMUSASETELMA JA PELIN RAKENNE TUTKIMUKSESSA.....	43

1 JOHDANTO

Digitaalisten pelien pelaaminen on tuttua useimmille suomalaisnuorille. Pelaajabarometrin 2020 mukaan 98,2 prosenttia suomalaisista pelaa jotakin peliä, jos huomioidaan kaikki pelimuodot ja myös satunnainen pelaaminen (Kinnunen, Taskinen & Mäyrä, 2020). Digitaalisia pelejä pelasi ainakin joskus 78,7 prosenttia kaikista Pelaajabarometriin 2020 osallistuneista 10-75 -vuotiaista Manner-Suomen asukkaista. Eniten digitaalisia pelejä pelaavat tutkimukseen osallistuneista 10–19 –vuotiaat lapset ja nuoret, jotka käyttivät myös eniten aikaa pelaamiseen (16,9 h/vko). Oppimispelejä vastasi pelaavansa 12,7 prosenttia tutkimukseen osallistuneista 10–19-vuotiaista ja 18,8 prosenttia kaikista osallistujista oli pelannut oppimispelejä ainakin joskus. Oppimispelien pelaaminen oli siten huomattavasti vähäisempää kuin digitaalisten viihdepelien pelaaminen. Toisaalta Pelaajabarometrin 2020 tulosten perusteella vaikuttaa lasten ja vanhempien yhteinen pelaaminen lisääntyneen koronan aiheuttamien poikkeusolojen aikana myös oppimispelien suhteen (Kinnunen ym., 2020).

Perusopetus siirtyi keväällä 2020 Suomessa etäopetukseen koronaepidemian leviämisen estämiseksi. Koronaepidemian myötä nopeutunut digiloikka etäopintoineen on saattanut tietotekniikan osaksi arkipäivää kaikissa kouluissa sekä pakottanut etsimään ja ottamaan käyttöön uusia tapoja opettaa ja opiskella. Perustuslaissa turvattu mahdollisuus saada perusopetusta tulisi toteutua myös etäopetuksessa samassa laajuudessa kuin lähiopetuksessa. Oppimispelien hyödyntäminen oppimisprosesseissa voi tukea ja tehostaa oppimista ja opetussuunnitelman mukaisten sisältöjen toteutumista myös poikkeusolojen aikana. Oppimispelit tarjoavat opettajille uusia työkaluja opetuksen tukemiseksi etenkin tilanteissa, joissa henkilökohtainen vuorovaikutus on vaikeutunut. Oppimispelit saattavat innostaa oppilaita myös omaehtoiseen oppimiseen. Pelien dynamiikkaa hyödyntävien oppimisympäristöjen käyttäminen mahdollistaa oppilaiden aktiivisen toimijuuden ja osallistamisen. Vaikka uusien

teknologioiden ja digitaalisten toimintaympäristöjen käyttö on jo yleistä koulutuksessa, tarvitaan edelleen tutkimusta erilaisten oppimisympäristöjen ja menetelmien vaikutuksista oppimiseen (Vuorio, 2020).

Pelit mahdollistavat oppilaille turvallisen ja mielekkään ympäristön harjoitella taitojaan, epäonnistua ja yrittää uudelleen. Oppilaat voivat aitoja ympäristöjä mallintavissa peliympäristöissä oppia uusia taitoja, saada välitöntä palautetta edistymisestään, ansaita tunnustusta ja saada onnistumisen kokemuksia (Kapp, 2012). Tietokonepohjainen oppimisympäristö tarjoaa alustan, jota voidaan käyttää oppilaiden osaamisen arvioinnin (Kiili & Ketamo, 2018) lisäksi tarjoamaan oppilaille heidän taitotasonsa mukaisia tehtäviä (Masek, Boston, Lam & Corcoran, 2017).

Oppimispelien hyödyllisyydestä oppimiseen on tehty maailmanlaajuisesti lukuisia tutkimuksia ja aiempia tutkimustuloksia kokoavia metatutkimuksia (esim. Byun & Joung, 2018; Clark, Tanner-Smith & Killingsworth, 2016; Wouters, van Nimwegen, van Oostendorp & van der Spek, 2013). Tutkimusten mukaan pelit voivat edistää oppimista sekä kognitiivisten prosessien että motivaation lisääntymisen myötä. Aiemmissä tutkimuksissa on todettu pelillisen oppimisen tukevan oppimista jopa perinteisiä opetustapoja tehokkaammin (Clark ym., 2016; Wouters ym., 2013; Wouters & van Oostendorp, 2013).

Etenkin matematiikan opetuksessa oppimispelien käyttäminen herättää kasvavaa kiinnostusta tutkijoiden keskuudessa (Ninaus, Kiili, McMullen & Moeller, 2017). Digitaalisten oppimispelien vaikutuksista matematiikan oppimiseen onkin tehty lukuisia tutkimuksia. Byun ja Joung (2018) ovat meta-analyysissään havainneet, että digitaalisten pelien käyttäminen matematiikan opetuksessa näyttäisi kasvavan voimakkaasti eri puolilla maailmaa ja että pelillisen oppimisen keinot vaikuttaisivat olevan tehokkaita matematiikan oppimisessa. Oppimispelien on osoitettu sekä tukevan matematiikan oppimista että lisäävän kiinnostusta sitä kohtaan (esim. Kärki ym., 2021).

Murtolukuja pidetään yleisesti yhtenä vaikeimmin opittavista matematiikan osa-alueista. Aikuisilla ja jopa opettajilla saattaa olla haasteita hahmottaa murtolukuja oikein (Ninaus ym., 2017). Kuitenkin murtolukujen ymmärtäminen näyttäisi olevan ratkaisevan tärkeää matematiikan oppimisessa (Tuominen, 2021) ja siten jopa myöhempien elämän- ja urapolkujen viitoittamisessa. Koska sekä aikuiset että lapset kokevat vaikeuksia murtolukujen oppimisessa, niiden opetukseen olisi

tarpeen kehittää uusia menetelmiä perinteisten rinnalle (Ninaus ym., 2017). Tehtävien, joissa harjoitellaan murtolukujen sijoittamista lukusuoralle, on todettu tukevan käsitteellistä murtolukuymmärrystä (Clark ym., 2016; Kiili, Moeller & Ninaus, 2018). Murtolukujen oppimisen haasteellisuus asettaa tarpeen niiden tutkimuksen vahvistamiseksi. Uusia ja motivoivia opetusmenetelmiä tarvitaan.

Matematiikan oppimisessa motivaatiolla on erityisen suuri merkitys kognitiivisten tekijöiden ohella (Aunola & Nurmi, 2018). Peruskoulun opetussuunnitelmassa Opetushallitus (2014) on asettanut tavoitteita oppilaan motivaation luomiseen, vahvistamiseen, tukemiseen ja ylläpitämiseen. Monipuoliset, toiminnalliset ja kokemukselliset työtavat vahvistavat motivaatiota. Oppilaan minäkuvan, pystyvyyden tunteen ja itsetunnon katsotaan vaikuttavan oppilaan itselleen asettamiin tavoitteisiin. Kokemukset ja käsitykset itsestä vaikuttavat motivaatioon ja ohjaavat oppimisprosessia (Opetushallitus, 2014).

Matematiikan oppimisympäristöihin ja työtapoihin liittyvissä tavoitteissa oppimispelien todetaan olevan yksi tärkeistä ja oppilaita motivoivista työtavoista vuosiluokilla 3–6 (Opetushallitus, 2014). Peruskoulun opetussuunnitelman perusteissa ohjeistetaan hyödyntämään pelien ja pelillisyyden tarjoamia mahdollisuuksia opetuksessa. Oppimispelit ja niiden sovellukset tarjoavat uusia, kiinnostavia ja motivoivia välineitä tukemaan matematiikan opetusta (Ninaus ym., 2017).

Koska motivaatiolla on todettu olevan matematiikan oppimisessa suuri merkitys, käytettiin tässä tutkimuksessa teoreettisena viitekehyksenä tilannekohtaista motivaatiota. Tilannekohtaisen motivaation keskeisiä tekijöitä ovat minäpystyvyys ja tilannekohtainen kiinnostus, jotka kuvaavat oppilaiden sitoutumista ja myötävaikuttavat tehtävistä suoriutumiseen (Niemi-virta, Pulkka, Tapola & Tuominen-Soini, 2013).

Minäpystyvyyden taustalla on Albert Banduran 1970-luvulla esittelemä sosiaalisen oppimisen teoria (Schunk, 2009). Bandura kuvasi minätietoisuutta eli ihmisten uskomuksia valmiuksistaan selviytyä tietyntyyppisistä tehtävistä minäpystyvyydeksi (Lehtinen, Vauras & Lerkanen, 2016). Banduran (1997) mukaan minäpystyvyydellä tarkoitetaan ihmisen luottamusta omiin kykyihinsä selviytyä elämänsä aikana vastaantulevista haasteista. Keskeistä toimijuudessa on uskomus kyvyistä vaikuttaa omaan pystyvyyteensä hallita eteen tulevia tilanteita tai tehtäviä. Ihmisten käsitykset omasta pystyvyydestään vaikuttavat siihen, kuinka

he toimivat ja motivoivat itseään ja siihen, kuinka haastaviin tehtäviin he hakeutuvat (Bandura, 1997).

Toinen tilannekohtaisen motivaation keskeinen tekijä on Hidi ja Renningerin (2006) kiinnostusteoriaan pohjautuva tilannekohtainen kiinnostus. Hidi ja Renningerin (2006) nelivaiheisen kiinnostuksen kehittymisen mallin mukaan tilannekohtainen kiinnostus viriää ulkoisista ärsykkeistä, mutta saattaa ylläpidettynä tilannekohtaisena kiinnostuksena kehittyä henkilökohtaiseksi kiinnostukseksi. Motivoivien pelirakenteiden, kuten kannustinjärjestelmien, on osoitettu pystyvän sitouttamaan ja motivoimaan oppilaita tehtäviin pitkiksikin ajoiksi (Plass, Homer & Kinzer, 2015) ja herättävän suurta tilannekohtaista kiinnostusta (Plass ym., 2015; Hidi & Renninger, 2006).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli täydentää osaltaan pelillisen oppimisen tutkimuskenttää. Tutkimuksessa käytettiin Number Trace -oppimispeliä, joka on Tampereen yliopistossa kehitetty pelillinen ympäristö murto- ja desimaalilukujen käsitteellisen ymmärryksen vahvistamiseen. Oppimispelissä pyrittiin havainnollistamaan lukusuoramallin avulla sekalukuja sekä murtoluvun ja desimaaliluvun yhteyttä. Peli pyrkii tukemaan rationaalilukujen suuruuteen liittyvää oppimista. Tässä tutkimuksessa selvitettiin Number Trace -oppimispelin pelaamisen yhteyttä oppimistuloksiin murtolukujen arviointitehtävissä sekä minäpystyvyyteen ja tilannekohtaiseen kiinnostukseen. Lisäksi selvitettiin, onko oppilaiden aiemmalla käsitteellisellä murtolukuymmärryksellä yhteyttä pelin oppimisvaikutukseen sekä minäpystyvyyden ja tilannekohtaisen kiinnostuksen muutoksiin.

2 TILANNEKOHTAINEN MOTIVAATIO

Motivaatio voidaan määritellä sisäiseksi tilaksi, joka synnyttää, ohjaa ja ylläpitää ihmisen toimintaa (Lehtinen ym., 2016). Motivaation latinankielinen kantasana *movere* merkitsee liikkumista (Peltonen & Ruohotie, 1992; Ruohotie, 1998). Motivaation katsotaan vaikuttavan yksilön valintoihin eri toiminto- ja käyttäytymisvaihtoehtojen välillä sekä siihen, kuinka tavoitteellista, intensiivistä ja keskittyntä hänen toimintansa on tehtävissään (Lehtinen ym., 2016). Nurmi ja Salmela-Aro (2018) kuvailevat motivaatiota ihmisten tarkoituksellisena hakeutumisena erilaisiin tilanteisiin, toimintoihin ja ympäristöihin sen sijaan, että he vain reagoisivat niihin.

Motivaatiota on tutkittu laajasti, eikä sille ilmiönä voida antaa yhtä ainoaa määritelmää. Motivaatiotutkimuksen kentällä on nykyisin useita tutkimussuuntauksia ja teorioita, jotka saattavat kuvata samoja asioita eri käsittein (Nurmi & Salmela-Aro, 2017). Haasteena on myös, ettei motivaation lähikäsitteitä, kuten pystyvyysuskomukset, minäkäsitys tai itsesäätely, ole selkeästi määritelty suhteessa ydinkäsitteeseen (Nurmi, 2013). Motivaatiotutkimuksen ja käsitteistön hajanaisuus saattaa herättää epäilyn, voiko motivaatiota edes pitää yhtenäisenä ilmiönä (Lehtinen ym., 2016).

Myös oppimismotivaation tutkimuksessa on useita keskeisiä teorioita, joista suosituin on Salmela-Aron (2018) mukaan tällä hetkellä Ryanin ja Decin itsemääräämisteoriat. Ryanin ja Decin (2000) itsemääräämisteorian mukaan opiskelijoita motivoi autonomia, kompetenssi eli pätevyyden kokemus sekä yhteenkuuluvuuden tunne. Niiden rinnalle neljänneksi keskeiseksi motivoivaksi tekijäksi Salmela-Aro (2018) esittää merkityksellisyyden kokemuksen. Motivaation tason lisäksi voidaan tarkastella motivaation suuntausta (Ryan & Deci, 2017). Ryanin ja Decin (2000) mukaan motivaatio voidaan jakaa ulkoiseen ja sisäiseen motivaatioon. Ulkoisessa motivaatiossa ihmisen toimintaa säätelevät palkkiot tai rangaistukset ja sisäisessä motivaatiossa toiminta itsessään on kiinnostavaa ja

palkitsevaa (Hakkarainen, Lonka & Lipponen, 2008). Motivaation taustalla saattaa olla vinouma, jolloin motivaatio ei kohdistu itse tekemisen kohteeseen vaan esimerkiksi arvosanojen tavoitteluun tai oman paremmuuden esilletuomiseen (Nurmi & Salmela-Aro, 2017).

Digitaalisten tekniikoiden kehittyminen parantaa mahdollisuuksia tutkia tilannekohtaista oppimismotivaatiota (Salmela-Aro, 2018). Lähtötason tarkastelun lisäksi voidaan digitaalisessa ympäristössä tilannekohtaista motivaatiota tutkia myös tehtäväsuorituksen aikana häiritsemättä sitä. Aiempien tutkimusten mukaan näyttäisi suoritusten aikaisilla motivaation muutoksilla olevan merkitystä tehtävistä suoriutumiseen (Niemi ym., 2013; Rodríguez-Aflecht ym., 2018). Tilannekohtaiseen motivaatioon eri tavoin orientoituneiden oppilaiden motivationaalisten taipumusten tunnistamisesta olisi Niemi ym. (2013) mukaan hyötyä esimerkiksi opetusjärjestelyissä ja tehtävien ohjeistuksessa. Opiskeluun vahvemmin orientoituneet opiskelijat pystyvät etenemään tehtävissä sopivan haasteellisten tehtävien kannustamina itsenäisemmin kuin opiskeluun ponnettomammin suhtautuvat opiskelijat, jotka onnistumisen kokemusten saavuttamiseksi tarvitsevat enemmän tukea tai kannustusta. Jos opiskelija koetilanteessa pelkää epäonnistumista erityisesti opiskelijoiden välisen sosiaalisen vertailun takia, saattavat onnistumisestaan epävarmat opiskelijat rohkautua parempiin suorituksiin sellaisissa olosuhteissa, joissa pelko suoritusten vertailussa on vähäinen (Niemi ym., 2013).

Tilannekohtaisen motivaation kaksi keskeistä tekijää ovat minäpystyvyys ja tilannekohtainen kiinnostus, jotka ilmentävät työskentelyn omaehtoisuutta ja työskentelyyn sitoutumisen astetta ja siten edesauttavat tehtävän suorittamista (Niemi ym., 2013). Suoriutuakseen oppimistilanteissa hyvin oppilas tarvitsee sekä luottamusta itseensä että kiinnostusta opeteltaviin asioihin (Hirvonen, 2013). Seuraavissa alaluvuissa tarkastellaan lähemmin näiden tilannekohtaisen motivaation keskeisten käsitteiden, eli minäpystyvyyden ja tilannekohtaisen kiinnostuksen, teoreettista taustaa.

2.1 Minäpystyvyys

Minäpystyvyydellä tarkoitetaan henkilön tehokkuusodotusta suoriutua tehtävistä parhaalla mahdollisella tavalla, eli kykyä organisoida ja toteuttaa toimia, jotka ovat tarpeen oppimisen tai tehtävän suorittamiseksi määritellyillä tasoilla (Schunk, 1991). Hakkarainen ja kollegat (2008) määrittelevät minäpystyvyyden luottamukseksi ratkaista, joko yhteisön tai toimijan itsensä asettamat, älyllisesti haastavat tehtävät. Minäpystyvyyden ohella englanninkielisestä käsitteestä (*self-efficacy*) on käytetty useita muitakin suomennoksia, kuten pystyvyysusko, itse-tehokkuus, tehokkuususkomukset ja suorittamisloukkaus (Lukin, 2013). Tässä tutkimuksessa käytetään suomennosta minäpystyvyys, kuten ovat käyttäneet esimerkiksi Hakkarainen ja kollegat (2008) ja Lehtinen ja kollegat (2016).

Minäpystyvyyden käsitteen taustalla on Albert Banduran sosiaalisen oppimisen teoria (Schunk, 2009), joka perustuu oletukseen, että yksilöt oppivat toisiaan havainnoimalla ja jäljittelemällä (Kapp, 2012). Banduran (1997) mukaan minäpystyvyydellä tarkoitetaan ihmisten luottamusta omaan kykyihinsä selviytyä elämänsä aikana vastaantulevista haasteista. Hänen mukaansa ihmisten pystyvyyden voidaan katsoa kehittyvän eri tekijöiden vaikutuksesta. Eniten ja voimakaimmin pystyvyyden tunteen kehittymiseen vaikuttaa yksilön kokemus omista kyvyistään hallita tilanne tai tehtävä. Sen rinnalla pystyvyyden tunne rakentuu esimerkiksi sosiaalisten mallien ja välillisten kokemusten kautta (Bandura, 1997; Bandura, 2001). Tutkimustulokset vahvistavat sosiaalisen oppimisen mallien voivan muuttaa ihmisten asenteita, käyttäytymistä tai sosiaalista ja kognitiivista toimintaa (Kapp, 2012).

Minäpystyvyys luo perustan motivaatiolle, sillä jos ihmiset eivät usko selviytävänsä tehtävistään tai saavuttavansa tavoitteitaan, heillä ei ole riittävää kannustinta ponnistella tavoitteiden saavuttamiseksi (Pajares, 2008). Minäpystyvyyden tunteella voi Banduran (1997) mukaan olla suuri merkitys myöhemmille opinpolkujen valinnoille ja työuran rakentumiselle. Uskomukset mahdollisuuksista selviytyä akateemisista haasteista vaikuttavat hänen mukaansa oppilaiden pyrkimykseen hakeutua älyllisiin harrastuksiin, akateemisiin opintoihin tai työurille.

Minäpystyvyydestä on tehty lukuisia tutkimuksia viimeisten vuosikymmenten aikana. Aiemmat tutkimukset ovat Zimmermannin (2000) mukaan osoittaneet, että minäpystyvyys on olennaisen tärkeää oppilaiden motivaatiossa ja

sitoutumisessa oppimistilanteisiin. Oppilaiden myönteinen käsitys itsestään ja myönteiset oppimiskokemukset voivat lisätä heidän ponnisteluitaan uuden oppimisessa, kun taas epäonnistumista ennakoivat tuntemukset voivat vähentää kiinnostusta tehtävien suorittamiseen (Zimmermann, 2000).

Pajares ja Schunk (2001) esittävät, että motivaatiotutkimuksessa on ollut minäuskomusten (*self beliefs*) osalta kaksi hallitsevaa suuntausta: minäpystyvyys ja minäkäsitys (*self-concept*). Käsitteitä saatetaan heidän mukaansa käyttää toistensa synonyymeinä, mutta minäpystyvyys voidaan määritellä ihmisen arvioksi luottaa omiin kykyihinsä ja minäkäsityksellä puolestaan tarkoitetaan yksión laajempaa kuvaa itsestään ja kyvyistään. Minäpystyvyyden uskomukset rakentuvat vähemmän riippuvaisiksi kulttuurisista tekijöistä tai sosiaalista arvostuksesta kuin minäkäsitys. (Pajares & Schunk 2001). On tärkeää erottaa minäpystyvyyden ja minäkäsityksen merkitykset, koska minäkäsitys viittaa laajempaan kompetenssiuskomukseen kuin tilannekohtaisempi minäpystyvyys (Zimmermann, 2000). Vaikka minäpystyvyys rakentuu aiempien kokemusten tulkinnoista, suuntautuu se Banduran (1997) mukaan enemmän tulevaisuuteen ("Miten tulen selviytymään") kuin minäkäsitys ("Olen hyvä matematiikassa"). Koska minäpystyvyys ei ole pysyvä käsitys, oppilaiden arviot selviytyä tehtävistä voivat muuttua oppimispelissä saatujen kokemusten ja taitojen kehittymisen seurauksena (Bandura, 1997). Vahva minäpystyvyyden tunne auttaa oppilasta kohtaamaan haasteet rauhallisesti (Pajares, 2008). Minäpystyvyyden on katsottu liittyvän erityisesti tilannekohtaisiin uskomuksiin, mutta toisaalta sitä voidaan tarkastella myös yksión yleistyneenä tapana arvioida kyvykkyyttään (Bandura, 1997; Niemivirta ym., 2013).

Motivaatiotutkimusta voidaan myös jakaa Pajaresin ja Schunkin (2001) mukaan akateemisten saavutusten (*academic achievement*) ja minäuskomusten (*self-concept beliefs*) kausaalisen vuorovaikutuksen kautta kahteen tutkimussuuntaukseen. Määritteleekö minäkäsitys opintomenestystä vai opintomenestys minäkäsitystä? Yhtäällä minäuskomuksiin suuntautuneet tutkijat esittävät, että oppilaan minäuskomukset vaikuttavat oppimiseen. Toisaalla akateemisiin taitoihin suuntautuneet tutkijat esittävät minäkäsityksen olevan seurausta opintomenestyksestä (Pajares & Schunk, 2001). Samoin minäpystyvyyden ja oppimistulosten syy-seuraus-kysymykset aiheuttavat tutkijoille haasteita. Jotta kausaalisuudesta voitaisiin tehdä päätelmiä, tulisi tutkimukselle asettaa erilaisia

kriteereitä, kuten ilmiöiden mittaamisen useampaan kertaan, useilla indikaattoreilla ja riittävän suurilla otoksilla (Pajares & Schunk, 2001).

Minäpystyvyyden ja minäkäsityksen tutkijat ovat kuitenkin Pajaresin ja Schunkin (2001) mukaan yhtä mieltä siitä, että standardisoituja ja normatiivisia arviointeja ja opetusmenetelmiä käytettäessä vahvistetaan oppilaiden vertailemista toisiinsa ja siten heikennetään erityisesti heikommin pärjäävien oppilaiden haurasta itseluottamusta. Koulujen tulisi taitojen kehittämisen ohella vahvistaa myös oppilaiden minäkäsitystä oppijoina. Perusteetonta kehuskelua tai alentuvaa rohkaisua tulisi kuitenkin välttää, sillä palautteen tulee olla rehellistä ollakseen rakentavaa (Pajares & Schunk, 2001).

Aiemmista tutkimuksista käy Pajaresin ja Schunkin (2001) mukaan ilmi oppilailla olevan erilaisia minäpystyvyyden kokemuksia eri oppiaineiden yhteydessä. Erityisesti matematiikan ja minäpystyvyyden välillä on todettu olevan suurempi yhteys kuin esimerkiksi minäpystyvyyden ja lukemisen tai kirjoittamisen välillä (Pajares & Schunk 2001). Matemaattista minäpystyvyyttä on tutkittu yksilöiden arvioidessa kykyjään ratkaista matemaattisia ongelmia tai suoriutua matematiikkaan liittyvistä tehtävistä ja matematiikan kursseista (Pajares & Miller, 1994). Tutkimukset ovat osoittaneet, että minäpystyvyys ennakoii ongelmanratkaisukykyä matematiikassa voimakkaammin kuin matematiikkaan liittyvä minäkäsitys (Pajares & Miller, 1994). Korkean minäpystyvyyden omaavat oppilaat suhtautuvat vaikeisiin tehtäviin haasteina ja saavat itseluottamuksensa nopeammin takaisin epäonnistumisen jälkeen, kun taas oppilaat, joilla on matala minäpystyvyys saattavat uskoa asioiden olevan vaikeampia kuin ne ovatkaan (Pajares & Schunk, 2001).

Osaamisestaan epävarmat oppilaat saattavat pelätä epäonnistumista. Jos oppilaalla on käsitys itsestään heikkona oppijana, hän ei ehkä edes yritä selviytyä haastavista tehtävistä, vaan luovuttaa yrittämättäkään ratkaista niitä (Hirvonen, 2013). Mayerin (2014) mukaan oppimispelien hyödyntäminen opetuksessa saattaa hyödyttää erityisesti sellaisia oppilaita, joiden minäpystyvyyden uskomus selviytyä tehtävistä on matala. Oppisisältöjen upottaminen pelipohjaisiin oppimateriaaleihin voi vahvistaa heidän haluaan jatkaa tehtävien suorittamista harjoituksissa, joissa he olisivat perinteisissä oppimisympäristöissä jo luovuttaneet ja lakanneet yrittämästä (Mayer, 2014).

2.2 Tilannekohtainen kiinnostus

Kiinnostuksella on merkittävä rooli oppimisessa (Juuti & Lavonen, 2018). Opiskeltavasta aiheesta kiinnostunut oppilas motivoituu ja sitoutuu opiskeluun ja siten oppii asiat paremmin. Hänen osaamisen tunteensa kasvaa ja oman toimintansa säätelyn taidot paranevat (Juuti & Lavonen, 2018). Asioihin syvennyttään Nurmen ja Salmela-Aron (2017) mukaan innokkaasti vasta, kun ihminen niistä on kiinnostunut.

Arkikielessä kiinnostuksen ajatellaan Juutin ja Lavosen (2018) kuvauksen mukaan olevan usein yksilön pysyvä ominaisuus, johon on vaikea opettajan tai muiden yksilön ulkopuolisten tahojen vaikuttaa. Kiinnostusta joko on tai ei ole. Kiinnostustutkijoiden mukaan kiinnostus on kuitenkin kehittyvää ja siihen on mahdollista myötävaikuttaa (Juuti & Lavonen, 2018). Krappin (2007) mukaan kiinnostus voidaan määritellä motivaatiomuuttujaksi, jota voidaan tutkia ja tarkastella teoreettisesti. Kiinnostus motivaation osa-alueena viittaa yksilön taipumukseen sitoutua ja haluan palata kiinnostuksen kohteena olevien asioiden pariin uudelleen (Hidi & Renninger, 2006).

Krappin (2007) mukaan motivaatiota ja kiinnostusta tutkittaessa on perinteisissä tutkimussuuntauksissa tarkasteltu usein yksilöllisiä tekijöitä ja henkilökohtaisen kiinnostuksen kehittymistä. Kiinnostus on tulkittu henkilökohtaiseksi ominaispiirteeksi ja yksilön kiinnostusten kohteiden on katsottu kuvaavan hänen persoonallisuuttansa tai ennakoivan tulevia valintojaan (Krapp, 2007). Tutkimustuloksia ei kuitenkaan tulisi Hidin ja Renningerin (2006) mukaan tulkita niin, että kiinnostus ei voisi kehittyä tai että yksilön kiinnostusta ei voisi rohkaista kehittymään. Hidin (2006) mukaan kiinnostus on seurausta yksilön ja ympäristön välisestä vuorovaikutuksesta. Kiinnostus voidaan kuvata yksilön ja ympäristön väliseen vuorovaikutukseen liittyväksi, tavoitteellista toimintaa synnyttäväksi, lisääväksi tai estäväksi tekijäksi (Juuti & Lavonen, 2018).

Kiinnostuksen syntyminen on kuitenkin monitasoinen prosessi, jonka syntyminen selittämiseen eivät Krappin (2007) mukaan riitä ainoastaan henkilökohtainen kiinnostus ja otolliset olosuhteet. Kiinnostus oppimistilanteissa on hänen mukaansa aina seurausta sekä henkilökohtaisen kiinnostuksen että tilannekohtaisten tekijöiden vuorovaikutuksesta. Krappin (2007) mukaan viime vuosikymmeninä on kasvatustieteellisessä tutkimuksessa tutkittu paljon kiinnostuksen

merkitystä oppimiseen ja oppimisympäristöjen vaikutusta kiinnostuksen kehittymiseen. Kiinnostuksen käsitteellistämiseksi voidaan hänen mukaansa havaita kiinnostuksen tason jakautuvan henkilökohtaiseen kiinnostukseen sekä tilannekohtaiseen kiinnostukseen. Tilannekohtainen kiinnostus on ensisijaisesti ulkoisten tekijöiden kautta herännyttä, joko tilapäistä ja muutoksille altista tai joskus pidempikestoistakin kiinnostusta (Krapp, 2007).

Krapp (2007) esittelee yksilön kiinnostuksen kehittymisestä kolmivaiheisen mallin. Keskeisenä ajatuksena kiinnostuksen kehittymisessä on aluksi tilannekohtaisen kiinnostuksen herääminen tai laukeaminen ulkoisesta ärsykkeestä. Toisessa vaiheessa kiinnostus kestää tietyn oppimisvaiheen ajan ja kolmannessa vaiheessa kiinnostus muuttuu suhteellisen kestäväksi henkilökohtaiseksi kiinnostukseksi (Krapp, 2007).

Hidi ja Renninger (2006) puolestaan ovat esittäneet kiinnostuksen kehittymisestä nelivaiheisen mallin, jonka mukaan tilannekohtainen kiinnostus voi edetä yksilölliseksi kiinnostukseksi. Malli etenee tilannekohtaisen kiinnostuksen viriämisen ja säilymisen kautta yksilölliseksi kiinnostukseksi ja edelleen syventyessään hyvin kehittyneeksi henkilökohtaiseksi kiinnostukseksi. Ensimmäinen vaihe Hidin ja Renningerin (2006) mallissa on herännyt tilannekohtainen kiinnostus. Tilannekohtaisen kiinnostus saattaa viritä sattumanvaraisesti ulkoisista ärsykkeistä. Toisessa vaiheessa kiinnostus kasvaa ja säilyy, jos aihe koetaan itselle merkitykselliseksi ja kehittyy ylläpidetyksi tilannekohtaiseksi kiinnostukseksi. Ympäristön tuki on tärkeää jatkuvan tilannekohtaisen kiinnostuksen ylläpitämisessä. Kolmannessa vaiheessa kiinnostus voi, jos aihe itsessään alkaa kiinnostaa, muuttua yksilölliseksi kiinnostukseksi. Nelivaiheisessa kiinnostuksen mallissa viimeisenä on syvälinen henkilökohtainen kiinnostus, jolloin kiinnostavaan sisältöön panostetaan paljon aikaa ja vaivaa (Hidi & Renninger, 2006).

Tilannekohtaisella kiinnostuksella kuvataan yksilön ja tehtävän tai tilanteen vuorovaikutuksesta syntyvää myönteistä tunnetilaa, joka saattaa herätä nopeasti, mutta olla lyhytkestoista ja altista muutoksille (Niemi-virta ym., 2013; Ronimus, 2012). Tilannekohtaisella kiinnostuksella viitataan myös yksilön ja tilanteen vuorovaikutuksen tuloksena syntyneeseen yksilön tarkkaavaisuuden sitovaan tunnetilaan (Krapp, 2007; Niemi-virta ym., 2013).

Hidin ja Renningerin (2006) mukaan tilannekohtainen kiinnostus on aina motivoivaa, jolloin esimerkiksi matemaattisen ohjelmiston herätettyä kiinnostuksen saattavat nekin oppilaat, jotka aiemmin eivät tunteneet kiinnostusta matematiikkaan, innostua tutkimaan ja opiskelemaan sitä. Toisin sanoen tilannekohtainen kiinnostus voi tukea yksilöllisen kiinnostuksen kehittymistä (Hidi & Renninger, 2006), toisaalta jo kehittynyt yksilöllinen kiinnostus voi herättää tai laukaista tilannekohtaisen kiinnostuksen (Krapp, 2007).

Pelit oppimisympäristönä voivat toimia koukkuina tilannekohtaisen kiinnostuksen viriämiseen (Rodríguez-Aflecht ym., 2018). Chen ja kollegat (2016) ovat tilannekohtaista kiinnostusta tarkastellessaan huomioineet sen jäävän toisinaan lyhytkestoiseksi alkuinnostuksen tuottamaksi kiinnostukseksi. Tilannekohtaisen kiinnostuksen kehittymistä digitaalisen oppimispelissä tutkineet Rodríguez-Aflecht ja kollegat (2018) puolestaan toteavat, että tilannekohtaisen kiinnostuksen säilymiseksi ja henkilökohtaiseksi kiinnostukseksi muuttumiseksi tulee opetuksessa käytettävät pelit valita huolellisesti tutkimuksiin nojaten. Jos tilannekohtaisen kiinnostuksen laukaisee vain pelin uutuus, kiinnostus ei välttämättä ole pitkäaikaista (Chen ym., 2016; Rodríguez-Aflecht ym., 2018).

3 OPPIMISPELIT, MATEMATIIKKA JA MURTOLUVUT

Tässä luvussa kuvaillaan aluksi pelillisen oppimisen taustaa ja keskeisiä käsitteitä sekä tarkastellaan siitä tehtyä tutkimusta ja teoreettisesta viitekehystä. Toisessa alaluvussa tarkastellaan pelillisen oppimisen ja oppimispelien soveltamista matematiikan opetuksessa niin oppimistulosten kuin matematiikan oppimismotivaation näkökulmasta. Kolmannessa alaluvussa kuvaillaan murtolukujen haasteellisuutta ja keskeistä asemaa matematiikan oppimisessa sekä pohditaan oppimispelien hyödyntämistä murtolukujen ja niiden suuruuden ymmärtämisen vahvistamisessa lukusuoralla suoritettavien arviointitehtävien avulla.

3.1 Pelillinen oppiminen

Pelejä on pelattu joka puolella maailmaa jo vuosituhansien ajan (Mäyrä, 2022). Varhaiset lautapelilöydöt ovat jopa tuhansien vuosien takaa. Pelejä on monenlaisia. Peleiksi voidaan luokitella esimerkiksi lautapelit, seurapelit, urheilupelit, kauppojen kolikkopelit tai pihapelit. Peli voidaan määritellä esimerkiksi järjestelmänä, jossa pelaaja tai pelaajat osallistuvat sääntöjen määrittelemään konfliktiin eli ristiriitaan, ja joka johtaa määriteltävissä tai mitattavissa olevaan lopputulokseen (Salen & Zimmerman, 2004). Pelien kaikkialle ulottuvan universaalien luonteen takia mikään yksittäinen lähestymistapa tai teoria ei Mäyrän (2022) mukaan riitä koko pelitutkimuskentän tarpeisiin.

Pelillisyydellä tarkoitetaan Koskimaan ja Väლისalon (2022) mukaan peleille ominaisten elementtien sijoittumista pelimaailman ulkopuolelle. Pelillistymisellä viitataan peleistä tyypillisten piirteiden siirtymistä luonnostaan muihin konteksteihin, erityisesti pelien suuren kulttuurisen aseman ansiosta. Pelillistäminen puolestaan on tarkoituksellista toimintaa, jonka avulla pyritään siirtämään

pelien myönteisiä piirteitä tarkoitushakuisesti esimerkiksi opetukseen ja oppimiseen, liikuntaan tai työn tekemiseen (Koskimaa & Välisalo, 2022). Vaikka pelillistämistä katsotaan Koskimaan ja Välisalon (2022) mukaan olevan hyötyä kiinnostuksen lisäämisessä opiskeluun, saa se myös osakseen kritiikkiä. Pelien ja leikin sisällyttäminen hyötyä tavoitteleviin tarkoituksiin saattaa olla ristiriidassa näkemyksille peleistä vapaaehtoisena toimintana, jossa niiden tulisi olla irrallisia arkisista tavoitteista ja ongelmista. Joidenkin mielestä pelillistäminen saattaa olla vain markkinointikeino, eikä sen hyötyjä pidetä itsestäänselvyyksinä (Koskimaa & Välisalo, 2022). Huomioitavaa on myös, minkälaista oppimista halutaan mitata, onko peli osa itseopiskelua vai opettajan ohjaamaa opetusta, mikä on haluttu taitotaso, eli tähtäävätkö tehtävät perustaitojen harjaannuttamiseen vai laajempien taitojen oppimiseen (Lehtinen, Lehtinen & Brezovszky, 2014).

Pelillisellä oppimisella (*game-based learning*) viitataan pedagogiseen viitekehykseen, jossa pelejä tarkoituksellisesti käytetään määriteltyjen oppimistulosten saavuttamiseksi (Rodríguez-Aflecht ym., 2018). Pelilliseen oppimiseen keskeisesti liittyvistä englanninkielisistä termeistä *learning game*, *educational game* tai *serious game* on käytetty suomenkielisinä vastineina esimerkiksi termejä opetuspelit (Kinnunen, Lilja & Mäyrä, 2018) ja oppimispelit (Kinnunen ym., 2020). Oppimispelit ovat Mayerin (2014) määritelmän mukaan pelejä ja simulaatioita, jotka on tarkoitettu edistämään oppimista ja parantamaan pelaajan akateemisia taitoja. Digitaalisilla oppimispelillä tarkoitetaan oppimispelisiä, joita pelataan sähköisillä välineillä, kuten tietokoneilla, tableteilla tai älypuhelimilla. (Mayer, 2014). Tässä tutkimuksessa käytetään termejä pelillinen oppiminen tarkoittaen pelien hyödyntämistä pedagogisessa viitekehyksessä ja oppimispeliä kuvaamaan tutkimuksessa käytettyä matematiikan peliä.

Opetuksessa pelejä on käytetty jo kauan, ja digitaalisia oppimispelisiäkin Koskimaan ja Välisalon (2022) mukaan jo vuosikymmenten ajan. Digitaaliset oppimispelit tarjoavat luontaisen oppimisympäristön diginatiiveille lapsille, jotka ovat tottuneet käyttämään tietoteknisiä laitteita jo pienestä pitäen (Pakalén, 2016). Tämän päivän lapsille ja nuorille on teknologian taitava hyödyntäminen tuttua ja pelaamalla oppiminen luontevaa. Pelaajabarometrin 2020 mukaan oppimispelit ovat vakiinnuttaneet asemansa suomalaisten 10–19 vuotiaiden ikäryhmässä (Kinnunen ym., 2020). Pelaajabarometrin 2020 tulokset osoittavat, että

oppimispelien aktiivinen pelaaminen on noussut tilastollisesti merkitsevästi vuodesta 2018 (3,5 %) vuoteen 2020 (6,5 %). Ainakin joskus oppimispelisiä pelaavien suomalaisten osuus oli noussut tilastollisesti merkitsevästi 14:stä prosentista 18,8 prosenttiin samalla tarkasteluvälillä (Kinnunen ym., 2020).

Käsitykset pelillisen oppimisen hyödyllisyydestä ovat vaihdelleet paljon. Pelillisen oppimisen vaikutuksista oppimistuloksiin aiempina vuosina tehtyjen tutkimusten tulokset ja käsitykset niistä ovat olleet Woutersin ja kollegoiden (2013) mukaan osin ristiriitaisia tai täysin vastakkaisiakin. Pelien käyttäminen opetuksessa saatetaan nähdä vain viihteenä tai vaihteluna oppitunneilla, jolloin niistä ei saada samanlaista hyötyä opetukseen, kuin niiden suunnitelmallisella käytöllä voisi saada (Ketamo, Koivisto & Koivisto, 2014). Oppimispelisiä on kritisoitu myös siitä, että ne muistuttavat lähinnä digitaalisia harjoituskirjoja tai että niitä käytetään vain apuvälineinä tukemassa varsinaista opetusta (Kiili, 2006).

Oppimispelitutkimusta varjostaa Koskisen, Kankaan ja Krokforsin (2014) mukaan käsitteistön hajanaisuus, tutkimuskentän nuori ikä ja hajautuminen usealle eri tieteenalalle. Lisäksi kansallisella tasolla haasteita lisää heidän mukaansa suomenkielisen käsitteistön hajanaisuus englanninkielisistä vastineista. Suomen kielen sanoille leikki ja peli ei esimerkiksi englannin kielessä ole vastaavaa erotelua sanalle *play* (Koskimaa & Välisalo, 2022). Oman haasteensa digitaalisten pelien tutkimukselle tuo lisäksi niiden nopea kehitys (Mäyrä, 2022).

Plass ja kollegat (2015) arvelevat, että pelillistä oppimista voi olla vaikeaa määritellä epistemologisella tavalla, koska oppimispelissä käytetään hyvin erilaisia oppimista tukevia sisältöjä ja rakenteita. Ne saattavat sisältää behavioristisia, kognitiivisia, konstruktivisia tai kaikkia edellisiä yhdistäviä oppimissisältöjä. Pelillistä oppimista on siten heidän mukaansa vaikea sijoittaa teoreettisesti kasvatustieteen kentälle. Myös Clarkin ja kollegoiden (2016) mielestä oppimispelien tutkimuksessa olisi parannettava metodologista kurinalaisuutta. Osalla perusteluista oppimispelien hyödyistä ei ole paljoakaan empiiristä näyttöä tukevan, kun taas toiset nojaavat vahvasti aiempaan tutkimukseen ja teoriaan (Plass ym., 2015). Mayer (2019) painottaa, että pelillisen oppimisen tutkimuksessa ja tarkastelussa tulisi keskittyä teoriaan ja tosiseikkoihin perustuviin tutkimuksiin ja todisteisiin, sen sijaan että luotettaisiin liian optimistisiin lupauksiin ja näkyviin pelien ylivoimaisuudesta perinteisiin opetusmenetelmiin nähden. Pelillisen oppimisen peruskysymyksiä tarkasteltaessa tulisi hänen mukaansa asettaa tavoitteeksi

tieteellisen näytön vaatimukset tutkimusmenetelmien ja systemaattisen tarkastelun pohjaksi. Lisäksi jo olemassa olevaa tutkimusta tulisi tiivistää (Mayer, 2019). Koska oppimispelejä voidaan suunnitella minkä tahansa oppimismallin tai -teorian pohjalta, yleistä teoriaa pelillisestä oppimisesta on siten vaikea muodostaa (Plass ym., 2015). Plass ja kollegat (2015) esittävätkin yksinkertaisen mallin pelillisen oppimisen tarkastelun tueksi. Malli koostuu silmukasta, joka muodostuu kolmesta pelien peruselementistä eli haasteesta, vastauksesta ja palautteesta. Palautteen mukaan muodostuu uusi haaste tai mahdollisuus uuteen vastaukseen (Plass ym., 2015). Pelin haastetasoon tulisi Kiilin (2005) mukaan kiinnittää huomiota, jotta pelin vaikeusaste kasvaisi asteittain. Pelaaja saattaa menettää kiinnostuksensa peliin, jos sen haastetaso laskee ennen pelin päättymistä (Kiili, 2005).

Pelillistä oppimista tarkastelevista tutkimuksista on tehty useita systemaattisia kirjallisuuskatsauksia ja meta-analyyseja (esim. Clark ym., 2016). Tutkimustulokset osoittavat, että oppimispelit edistävät oppimista (Clark ym., 2016; Wouters & Oosendorp, 2013; Wouters ym., 2013). Meta-analyysit ovat osoittaneet, että oppimispeleillä on saavutettu parempia oppimistuloksia kuin perinteisimmillä menetelmillä (Wouters ym., 2013) tai digitaalisilla oppimisympäristöillä, jotka eivät sisällä pelillisen oppimisen elementtejä (McLaren, Adams, Mayer & Forlizzi, 2017).

Plass ja kollegat (2015) kokoavat artikkelissaan tärkeimpiä teoreettisia perusteluja pelillisen oppimisen hyödyllisyydestä. Motivaatio on usein luonnehdittu käsite tarkasteltaessa pelien oppimiseen vaikuttavia tekijöitä. Pelien kiinnostavat ominaisuudet ja kannustinrakenteet motivoivat oppilaita pelaamaan pitkiäkin aikoja. Toiseksi digitaalisten oppimispelien avulla voidaan heidän mukaansa sitouttaa oppilaat monin tavoin opiskeluun ja siten edistää heidän mahdollisuuksiensa saavuttamista oppitavoitteensa. Oppimispelit voivat sitouttaa oppilaat oppimiseen kognitiivisen, affektiivisen eli tunnepitoisen, käyttäytymiseen liittyvän tai sosiokulttuurisen sitoutumisen myötä. Kolmantena piirteenä voidaan pitää pelien muunneltavuutta eli mahdollisuutta mukautua jokaisen oppilaan yksilöllisiin tarpeisiin oppimistilanteissa. Neljäntenä mainitaan pelien sallivan pehmeän epäonnistumisen tehtävissä. Epäonnistuminen tehtävässä koetaan osana pelin toiminnallisuutta, joka mahdollistaa uusien tavoitteiden asettamisen ja oppimisen itsesäätelyn kautta. Epäonnistumisen riski ei estä yrittämästä tehtäviä uudelleen,

koska epäonnistumiset koetaan luentavaksi osaksi pelin dynamiikkaa, eivätkä siten kohdistu lannistavasti oppilaaseen henkilökohtaisesti (Plass ym., 2015). Pelimaailmassa on Ketamon ja kollegoiden (2014) mukaan luonnollista, että tehtävissä ei pääse etenemään suorittamatta tehtäviä kunnolla. Mahdollisuus epäonnistua tehtävissä ja yrittää uudelleen vaikuttaa suotuisasti myös edellä mainittuihin oppimista tukeviin elementteihin, kuten motivaatioon ja sitoutumiseen oppimisessa (Ketamo ym., 2014).

Koskinen ja kollegat (2014) ovat kirjallisuuskatsauksen kautta tarkastelleet oppimispelien tutkimusta pedagogisesta näkökulmasta. He toteavat pedagogiikan luovan tärkeän pohjan oppimispelien integroimiseen osaksi opetusta. Niilo Mäki Instituutin *Ekapeli* on esimerkki tutkimusperustaisesti kehitetyistä perustaitojen oppimiseen tarkoitettu pelistä (Ronimus, 2012). Se on alun perin lukutaidon alkeiden opetteluun tarkoitettu oppimispeli, jota on käännetty usealle kielelle ja joka tunnetaan kansainvälisesti nimellä *GraphoGame* (Pakalén, 2016; Koskimaa & Välisalo, 2022).

Pelillisen oppimisen suunnitelmallinen hyödyntäminen opetuksessa lisää Ketamon (2014) mukaan mahdollisuuksia luokan ja opettajan yhteiseen työskentelyyn ja yksilölliseen ohjaukseen oppitunneilla. Digitaalisten oppimispelien analytiikkaa voi hänen mukaansa hyödyntää opetuksen ohella oppimistulosten arvioinnissa. Luokahuoneissa ei tarvitse käyttää aikaa tehtävien mekaaniseen tarkastukseen ja opettaja saa kokeista oppilaiden tiedot reaaliajassa. Peleistä saatu analytiikka, eli oppimisprosessin ja oppimistulosten yksityiskohtainen seuranta, auttaa opettajia samoin kuin vanhempiakin huomioimaan oppilaan osaaminen, tehtävissä eteneminen ja lisäharjoittelua vaativat oppisisällöt yksilötasolla. Osaamista voidaan arvioida ja mitata tavalla, joka ei luokittele oppilaita asettamalla heitä järjestykseen osaamisen perusteella, eikä siten aiheuta paineita ja negatiivista kilpailua heidän välillään (Ketamo, 2014). Koskinen ja kollegat (2014) painottavatkin opettajan roolin olevan tärkeä pedagogisen viitekehyksen luomisessa ja pelillisten oppimisympäristöjen ja oppimispelien yhteensovittamisessa opetukseen.

Koska oppimispelit voivat olla monimutkaisia oppimisympäristöjä ja sisältää runsaasti haasteellisia sisältöjä, oppilailla saattaa olla tarve saada apua pelissä tarvittaviin kognitiivisiin toimiin, toteavat Wouters ja Oosendorp (2013). He tähdentävät, että itse pelaaminen ja pelitaktiikoiden opettelu ei saisi kuormittaa

oppilasta niin, että varsinainen oppiminen kärsii. He ovat metatutkimuksessaan tarkastelleet oppilaiden tarvetta saada ohjattua tukea osallistuessaan monimutkaiseen pelillisiin oppimisympäristöihin liittyvään kognitiiviseen toimintaan. Opetustukena oli esimerkiksi palautteen antaminen tai oppisen oikea-aikainen tuki (Wouters & Oosendorp, 2013).

Kognitiivinen eli oppimisen oikea-aikainen tuki (*scaffolding*) merkitsee tehtävän sopeuttamista vastaamaan oppilaan taitotasoa ja kykyjä suoriutua tehtävistä. Oppimisen oikea-aikainen tuki auttaa rakentamaan kuvainnollisia älykkään toiminnan tikapuita tai rakennustelineitä, joiden avulla oppilaat pystyvät suoriutumaan vaativammista tehtävistä kuin he suoriutuisivat ilman tukea (Plass ym., 2015). Käsitteen alkuperäisinä esittelijöinä olivat Wood, Bruner ja Ross (1976) tutkimuksessaan tuutorin roolista oppimisen tukena. He pohtivat oppimisen oikea-aikaisen tuen merkityksellisyyttä tukea tarvitsevien oppilaiden kohdalla ja juuri siinä tehtävän vaiheessa, jolloin oppilaat eivät suoriutuisi tehtävässä eteenpäin omin avuin. Oppimisen oikea-aikainen tuen avulla voidaan Schunkin (2009) mukaan auttaa oppilasta selviytymään tehtävistä, jotka ilman apua ylittäisivät hänen kykynsä, jolloin oppilas voi paremmin keskittyä sellaisten tehtävien suorittamiseen, jotka hänen on helpompi hallita ja ymmärtää. Oikea-aikaisen tuen on todettu tukevan oppimista (Plass ym., 2015; Plass & Pawar, 2020). Clark ja kollegat (2016) havaitsivat tutkimuksessaan, että pelillisessä oppimisympäristössä oikea-aikaisella tuella oli eniten hyötyä silloin, kun se sovitettiin aiempaan suoritukseen. Oppilaan taitojen arvioiminen oppimispelissä mahdollistaa oppimisen tuen asteittaisen vähentymisen pelin analytiikan havaittua oppilaan edistymisen tehtävissä (Plass ym., 2015).

Pelien sisäiset kannustinjärjestelmät motivoivat ja ylläpitävät oppilaiden kiinnostusta yllä (Plass ym., 2015). Tutkimustulosten mukaan ei kuitenkaan ole yksiselitteistä, että pelien pelaamisella olisi vain positiivisia vaikutuksia motivaatioon (Lehtinen ym., 2016; Rodríguez-Aflecht ym., 2015). Motivaation kannalta on todettu olevan eroa sillä, pelaavatko oppilaat oppimispelisiä omaehtoisesti ja oman aikataulunsa mukaan vapaa-ajallaan vai opettajan määrittelemän ajan ja pelityypin mukaan (Wouters ym., 2013). Myös pelattavuus on tärkeää huomioida oppimispelien suunnittelussa, jos niistä halutaan tehdä oppilaita motivoivia (Kiili, 2006).

3.2 *Matematiikka ja oppimispelit*

Matemaattisten taitojen hallinta on tärkeää nyky-yhteiskunnassa ja sen merkitys tulee todennäköisesti korostumaan myös tulevaisuudessa. Matematiikkaa sovelletaan yhä laajemmilla aloilla. Matemaattisten perustaitojen lisäksi useissa opiskelu- ja työpaikoissa edellytetään myös vaativampien laskutoimitusten hallintaa, vaikka ala ei olisikaan sinänsä matemaattinen. (Mononen, Aunio, Väisänen, Korhonen & Tapola, 2017.) Vaikka matemaattisten taitojen tärkeyttä painotetaan usein tulevaisuuden työelämän kautta, kasvaa niiden merkitys myös muilla elämäntiloilla. Vahvaa matematiikan ja luonnontieteiden osaamista edellytetään Kuparin ja Hiltusen (2018) mukaan myös osallistumisessa yhteiskunnalliseen päätöksentekoon ja keskusteluun esimerkiksi kestävä kehityksen ja elinympäristön turvaamisen osalta. Toimijuus yhteiskunnan osana edellyttää matemaattisten taitojen hallintaa. Matemaattisia taitoja tarvitaan myös harrastuksissa ja arkielämän askareissa, kuten mittaamisessa, ruuanlaitossa ja raha-asioiden hoitamisessa. Peruskoulun opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus, 2014) mainitaan, että matematiikan opetuksen tulisi kehittää kykyä soveltaa matematiikkaa monipuolisesti ja ohjata oppilaita ymmärtämään matematiikan hyödyllisyys.

Monissa maissa opettajat ovat huolestuneita oppilaiden opiskelumotivaation laskusta matematiikan opiskelussa (Rodríguez-Aflecht ym., 2015). Vaikka suomalaiset peruskoululaiset osaavat matematiikkaa verraten hyvin, on osaamisessa ja matematiikka-asenteissa kuitenkin PISA-tutkimusten mukaan tapahtunut huolestuttavaa heikentymistä (Kupari & Hiltunen, 2018). Osaamistason ja todellisten taitojen lisäksi oppilaiden käsitykset matematiikan osaamisestaan ovat ratkaisevia tekijöitä heidän suhtautumisessaan matematiikkaan ja matemaattisten taitojen kehittymiseen (Mononen ym., 2017). Matematiikan opiskelussa oppimistulosten heikentymisen on todettu olevan yhteydessä motivaation ja kiinnostuksen vähenemiseen erityisesti peruskoulun aikana (Lehtinen ym., 2014). Tekniikan kehityksen myötä laajentuneet tietotekniikan käyttömahdollisuudet ovat Lehtisen ja kollegoiden (2014) mukaan herättäneet kiinnostusta pelilliseen oppimiseen ja pelien hyödyntämiseen matematiikan opetuksessa. Erityisesti PISA-tulosten heikentyminen matematiikan osaamisen osalta on herättänyt kasvavaa kiinnostusta teknologian hyödyntämiseksi opetuksessa

sekä herättänyt toiveita oppilaiden motivaation ja kiinnostuksen lisääntymiseen matematiikan opiskelussa (Lehtinen ym., 2014).

Motivaation lasku matematiikassa onkin osaltaan lisännyt kiinnostusta soveltaa opetuksessa digitaalisia oppimisasipelejä, joiden uskotaan motivoivan oppilaita ja tekevän matematiikan opiskelusta hauskeempaa. (Rodríguez-Aflecht ym., 2015.) Kiinnostuksen herättäminen ja motivaation ylläpitäminen ovat Lehtisen ja kollegoiden (2014) mukaan matematiikan opiskelussa keskeisiä kysymyksiä. Nuoret ovat viihdepelejä koskevien tutkimustulosten mukaan valmiita käyttämään runsaasti aikaa pelaamiseen. Oppimisasipeleiden käyttämisen opetustapana toivotaan vahvistavan motivaatiota myös matematiikan opiskelussa (Lehtinen ym., 2014).

Digitaalisten apuvälineiden käyttäminen matematiikan opetuksen apuvälineinä alkoi jo 1970-luvun loppupuoliskolla taskulaskinten syrjäytettyä laskutikut ja logaritmitaulut (Silfverberg, 2018). Tieto- ja viestintäteknikan kehitys on Silfverbergin (2018) mukaan lisännyt mahdollisuuksia hyödyntää digitalisaatiota laajamittaisesti matemaattisten käsitteiden, sääntöjen ja operaatioiden visualisoinniksi ja konkretisoinniksi opetuksessa. Virtuaaliset oppimisasipeleiden materiaalit ovat lähes aina ja kaikkien saatavilla, mikä mahdollistaa hänen mukaansa yhdenvertaiset oppimismahdollisuudet myös koulu- ja oppilaitosverkoston supistuessa. Tarjolla on paljon jopa ilmaisia matematiikan opetukseen mainiosti soveltuvia ohjelmistojia, mikä lisää niiden kiinnostavuutta opetuksen työkaluiksi ottamiseen. Kehittyneiden tietoteknisten apuvälineiden käyttäminen vaikuttaa niin oppilaiden kuin opettajienkin matematiikkakäsitykseen ja tapaan hahmottaa matematiikkaa (Silfverberg, 2018).

Pelien hyödyntäminen matematiikan opetuksessa ei ole uusi ilmiö. Esimerkkinä varhaisemmista matematiikan oppimisasipeleistä voidaan mainita 1990-luvun alussa julkaistu *Math Plaster* -pelisarjan *New Math Plaster Plus!* -peli sekä suomalaiset matematiikkapelit *Matikka on jees!* ja *Ekapeli-matikka* -peli (Lukimat, 2019). Edellisessä alaluvussa mainittu *Ekapeli* oli alun perin lukemisen oppimisen tueksi suunniteltu oppimisasipelele, josta on nykyään saatavilla myös esimerkiksi versio matematiikan oppimisen tukemiseen (Pakalén, 2016). *SmartKid Maths* on matematiikan oppimisasipelele, joka tekee pelaajista pelihahmojaan kouluttavia opettajia. Pelin tekoälysovellus oppii suuren pelaajajoukon tekemistä valinnoista ja havaitsee, mitkä matemaattiset käsitteet ovat pelaajille erityisen haasteellisia

(Koskimaa & Välisalo, 2022). *Number Navigation* on oppimispeli, jonka pelimekanismi on kehitetty matemaattisen taidon sisällönanalyysin pohjalta tietyn matemaattisen taidon harjoitteluun (Lehtinen ym., 2014) ja joka kehittää oppilaiden kokonaislukukäsitteen joustavuutta (Kärki ym., 2021). *NanoRoboMath*-peli on suunniteltu tukemaan joustavan rationaalilukukäsitteen kehittymistä lukusuoralla liikkumisen avulla (Kärki ym., 2021). Tässä tutkimuksessa käytettiin *Number Trace* -oppimispeliä, joka on aiemmin kehitetyn *Semideus*-pelin laajennus (Kiili ym., 2018; Kärki ym., 2021).

Tietokoneen tai muiden digitaalisten oppimisympäristöjen hyödyntäminen opetuksessa ei itsestään takaa pelillisen oppimisen hyötyjä (McLaren ym., 2017). Kuten edellisessä alaluvussa esitettiin, tulisi oppimispelit pohjautua tutkittuun tietoon ja olla pedagogisesti hyvin suunniteltuja. McLaren ja kollegat (2017) vertasivat desimaalien oppimiseen suunnitellulla oppimispelillä *Decimal Point: The Fantastically Fabulous World of Fractional Fun* harjoittelevien oppilaiden oppimistuloksia tavanomaisella tietokonepohjaisella ohjelmalla harjoitteleiden oppilaiden oppimistuloksiin. He havaitsivat oppimispelillä harjoitteleiden oppilaiden paitsi saavuttaneen parempia oppimistuloksia myös nauttineen harjoittelusta enemmän (McLaren ym., 2017).

Digitaalisten oppimispelien vaikutuksesta matematiikan oppimiseen on tehty lukuisia tutkimuksia. Byun ja Joung (2018) toteavat tarkastelemiensa lähes kolmensadan tutkimuksen meta-analyysissään tutkimusten tieteellisen tason olleen riittävä. Lisää empiiristä tutkimusta ja enemmän vahvoja perusteluita tarvittaisiin kuitenkin heidän mukaansa digitaalisten oppimispelien hyödyistä osana opetusta. Buyn ja Joung (2018) totesivat meta-analyysissään useiden tutkimusten vahvistavan, että digitaaliset oppimispelit tukevat matematiikan oppimista, mutta oppimisen kokonaisvaikutuksen he arvelivat olevan vielä verrattain pieni.

Oppimispelien suunnittelussa tulisi opiskeltava sisältö analysoida tarkasti hyödyntäen matematiikan oppimisen perustutkimusta kyseisen sisällön osalta (Lehtinen ym., 2014). Suunniteltaessa matemaattisia pelejä käyttäväksi oppimispelienä on huomioitava tehtävien vaikeus oppilaan kykyihin nähden, toteavat Young ja kollegat (2012). Tarkastelussa on huomioitava myös sekä oppilaan ja pelitilanteen aikaisen oppimisympäristön että pelin sisällöllisen ympäristön välinen vuorovaikutus. Vaikka jonkin pelissä havaittu vaikuttavuus näyttäisi olevan

merkittävää lyhyen ajan tarkastelussa, olisi tutkimuksissa keskityttävä opiskelijoiden ja pelien sekä kontekstin vuorovaikutukseen (Young ym., 2012).

Repon (1998) mukaan keskeistä matematiikan opetuksessa on oppimisympäristön järjestäminen sellaiseksi, jossa oppilaat voivat yksilöllisten valmiuksiensa mukaan konstruoida osaamistaan. Oppimisympäristön rakentaminen tietokoneympäristöön mahdollistaa matemaattisten käsitteiden esittämisen monimuotoisesti tavalla, joka ei olisi mahdollista luonnollisessa ympäristössä. Oppilaiden itsenäinen työskentely matemaattisia ilmiöitä tarkastellen ja kokeillen onnistuu tietokoneella erilaisissa esitysmuodoissa paperilla ja kynällä suoritettavia harjoitteita monipuolisemmin (Repo, 1998).

Oppilaan aiemmalla lähtötasolla on todettu olevan yhteyttä digitaalisen oppimispelin pelaamisen hyödyistä matematiikan oppimiseen. On todettu, että matalamman lähtötason oppilaat hyötyvät oppimispelien dynamiikan suomista apukeinoista enemmän kuin korkeammat lähtötiedot omaavat oppilaat (McLaren ym., 2017).

3.3 Murtoluvut ja oppimispelit

Murtoluvut kuuluvat rationaalilukujoukkoon Q , johon kuuluvat positiivisten ja negatiivisten murtolukujen lisäksi kokonaislukujoukko Z eli positiiviset ja negatiiviset kokonaisluvut sekä nolla (Kivelä, 2005). Rationaalilukujen ymmärryksen haasteista on tehty tutkimuksia jo vuosikymmenten ajan matematiikan ja oppimisympäristön viitekehityksessä (Silfverberg & Tuominen, 2015). Tutkimukset ovat osoittaneet kouluikäisillä olevan erilaisia virhekäsityksiä rationaalilukujen ominaisuuksista, tiheydestä tai niiden moninaisista tulkinnoista. Virhekäsityksiä saattaa oppilaiden lisäksi olla myös heidän opettajillaan (Silfverberg & Tuominen, 2015).

Rationaalilukuja voidaan ilmaista murtolukuina, desimaalilukuina ja prosentteina. Murtoluvut esitetään muodossa p/q , jossa p on osoittaja ja q on nimittäjä, ja jossa p on kokonaisluku ja q luonnollinen luku ($\neq 0$) (Kivelä, 2005). Murtoluvuilla voidaan ilmaista osuuksia kokonaisesta, jolloin nimittäjä ilmaisee, kuinka moneen osaan kokonainen on jaettu ja osoittaja ilmaisee, kuinka monta osaa on niistä valittu. Jos osoittaja on suurempi kuin nimittäjä, esimerkiksi $4/3$, voidaan murtoluku kirjoittaa sekaluvuksi $1 \frac{1}{3}$ (Kivelä, 2005). Murto- ja sekalukujen numeerisen

symbolimerkinnän lisäksi voidaan esitystapana käyttää pinta-ala-, joukko ja jana-malleja helpottamaan tarkasteltavien lukujen hahmottamista ja monipuolisempaa ymmärtämistä (Silfverberg & Tuominen, 2015). Murtoluku voidaan esittää yksinkertaisemmin supistamalla se osoittajan ja nimittäjän mahdollisimman suurella yhteisellä tekijällä (Kivelä, 2005).

Suomalaisissa alakouluissa murtoluvun käsitettä pohjustetaan Perusopetuksen opetussuunnitelman 2014 (Opetushallitus, 2014) mukaan vuosiluokkien 1–2 matematiikan opetuksessa jakamalla kokonainen yhtä suuriin osiin. Murtoluvun käsite opitaan vuosiluokilla 3–6 ja sen peruslaskutoimituksia harjoitellaan eri tilanteissa. Myös murtoluvun, desimaaliluvun ja prosenttien välisiä yhteyksiä hyödynnetään. Opetussuunnitelman mukaan opetuksen tavoitteena on tukea oppilaan lukukäsityksen kehittymistä positiivisiin rationaalilukuihin (Opetushallitus, 2014). Murtolukujen oppimisen tukeminen alakoulussa edistää matematiikan oppimista yläkoulussa (Tuominen, 2021).

Koska murtoluvut ovat keskeisessä osassa matemaattista järjestelmää ja perustana matematiikan oppimiselle, olisi niiden käytön ja soveltamisen hallitseminen tärkeää (Fazio, Kennedy, & Siegler, 2016). Matematiikka on kumuloituvaa eli uusi tieto rakennetaan jo aiemman opitun päälle, joten puutteelliset taidot peruslaskutoimituksissa saattavat vaikeuttaa oppimista myöhemmin (Aunola & Nurmi, 2018). Murtolukujen heikko hallinta vaikeuttaa siten matematiikan oppimista ja saattaa vaikuttaa jopa oppilaiden koulu- ja urapolkujen valintaan (Tuominen, 2021).

Murtoluvut ovatkin haasteellisia niin lapsille kuin monille aikuisillekin. Silfverberg ja Tuominen (2015) ovat tutkineet, kuinka suomalaiset luokanopettajaopiskelijat käsittävät murtolukujen ja lukusuoran pisteiden välisen vastaavuuden. Luokanopettajaopiskelijoilla havaittiin olevan samanlaisia vaikeuksia rationaalilukujen käsittelyssä kuin aiemmin tehdyissä tutkimuksissa lapsilla (Silfverberg & Tuominen, 2015). Harjoittelu pelipohjaisten sovellusten avulla on osoittautunut hyödylliseksi oppilaiden rationaalilukujen ymmärryksen edistämiseksi (Kiili ym., 2018).

Murtoluvun suuruuden eli nimittäjän ja osoittajan välisen suhteen ymmärtäminen on olennainen osa murtolukujen käsittämisessä ja hallinnassa (Ninaus ym., 2017). Murtolukujen suuruuden ymmärtäminen vahvistaa niihin liittyvien laskusääntöjen oppimista (Tuominen, 2021), joten murto-osan suuruuden

ymmärtäminen on tärkeä askel matemaattisen osaamisen kehityksessä (Fazio ja kollegat, 2016). Oppilailla saattaa olla vaikeuksia hahmottaa murtolukuja lukuina, joita voidaan kuvata lukusuoran pisteinä. Usein he mieltävät murtoluvut kahden kokonaisluvun osan suhdetta kokonaisuuteen kuvaavana kombinaationa (Silfverberg & Tuominen, 2015). Harjoittelemalla murtolukujen sijoittamista lukusuoralle vahvistuvat oppilaiden murtolukujen suuruuden ymmärtämisen (Clark ym., 2016; Kiili ym., 2018) lisäksi myös murtolukujen suuruuden vertailu (Fazio ym., 2016). Rationaalilukujen oppimisessa murtolukujen suuruuden arvioinnin lukusuoralla on todettu tukevan oppimista (esim. Riconscente, 2013).

Kiili ja kollegat (2018) ovat tutkineet lukusuoraan perustuvaa murtolukujen oppimista. He ovat tutkimuksessaan todenneet pelillisesti harjoittelevan ryhmän saavuttavan selkeän parannuksen kontrolliryhmään verrattuna. Tutkimuksissa on havaittu, että oppilaat, joiden aiempi osaaminen murtolukujen ja lukusuoran välisen yhteyden hallitsemisesta oli heikompi, hyötyivät enemmän pelipohjaisesta murtolukujen ja lukusuoran pisteiden välisissä vastaavuustehtävissä kuin oppilaat, joiden aiempi osaaminen oli vahvempaa (Fazio ym., 2016; Kiili ym., 2018). Myös Masek ja kollegat (2017) vertailivat lähtötasoltaan erilaisten oppilaiden murtolukuosaamisen kehittymistä digitaalisen pelin aikana. He havaitsivat, että lähtötasoltaan matalamman murtolukuosaamisen omaavat oppilaat hyötyivät korkeamman lähtötason oppilaita enemmän oppimispelin avulla harjoittelusta sekä välittömässä että viivästetyssä jälkitestissä. Oppimisvaikutus oli siten pitkäaikaista (Masek ym., 2017).

4 TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tässä pro gradu -tutkielmassa selvitettiin digitaalisen matematiikan oppimispelin pelaamisen yhteyttä oppimistuloksiin ja tilannekohtaiseen motivaatioon. Tutkimuksessa tarkasteltiin lisäksi oppilaiden aiemman murtolukuosaamisen lähtötason yhteyttä oppimistuloksiin ja tilannekohtaisen motivaation muutokseen oppimispelissä. Tilannekohtaisen motivaation muutosta tarkasteltiin minäpystyvyyden ja tilannekohtaisen kiinnostuksen muutosten kautta. Tutkimuskysymykset olivat seuraavat:

1. Miten matematiikan oppimispelin pelaaminen vaikuttaa oppilaiden käsitteelliseen murtolukuymmärrykseen ja tilannekohtaiseen motivaatioon?
 - 1.1. Kehittykö oppilaiden käsitteellinen murtolukuymmärrys oppimispelissä?
 - 1.2. Muuttuuko oppilaiden minäpystyvyys oppimispelissä?
 - 1.3. Muuttuuko oppilaiden tilannekohtainen kiinnostus oppimispelissä?
2. Millainen yhteys oppilaiden aiemmalla käsitteellisellä murtolukuymmärryksellä on pelin oppimisvaikutukseen ja tilannekohtaiseen motivaatioon?
 - 2.1. Onko lähtötasolla yhteyttä pelin oppimisvaikutukseen?
 - 2.2. Onko lähtötasolla yhteyttä minäpystyvyyden muutokseen?
 - 2.3. Onko lähtötasolla yhteyttä tilannekohtaisen kiinnostuksen muutokseen?

5 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Tässä luvussa esitellään aluksi tutkimukseen osallistujat. Toisessa alaluvussa kuvaillaan tutkimuksessa käytetty Number Trace -oppimispeli ja kolmannessa alaluvussa esitetään tutkimuksen mittarit. Neljännessä alaluvussa kuvaillaan aineistonkeruu ja tutkimuksen kulku. Tutkimusaineiston tilastollinen käsittely esitellään viidennessä alaluvussa.

Aineistonkeruu toteutettiin osana Kasvava Mieli (Growing Mind) ja Adaptiivisen rationaalilukujen osaamisen edistämisen (ENADA) tutkimushankkeita. Kasvava Mieli on tutkimushanke, jossa tutkitaan oppimista, kouluhyvinvointia ja teknologian käyttöä.

5.1 Tutkittavat

Tutkimukseen osallistui viidennen vuosiluokan oppilaita helsinkiläisistä peruskouluista. Tutkimusjoukon kooksi muodostui $N = 65$, joista poikia oli 37 (56,9 %) ja tyttöjä 28 (43,1 %). Osallistujien keski-ikä oli 11,92 ($KH = 0,33$) vuotta, puuttuvia arvoja 4 (6,2 %). Suomea äidinkielenään puhuvia oppilaita oli 54 (83,1 %). Muuta kuin suomea äidinkielenään puhuvia oli 10 (15,4 %) oppilasta, puuttuvia arvoja 1 (1,5 %).

Tutkittavat osallistuivat tutkimukseen osana normaalia koulutyötä. Osallistuminen oli oppilaille vapaaehtoista ja heillä oli mahdollisuus keskeyttää tutkimukseen osallistuminen niin halutessaan. Oppilailta ja heidän huoltajiltaan pyydettiin suostumislomakkeella tutkimussuostumus. Tutkimusaineisto pseudonymisoitiin siten, että oppilaita ei voinut tunnistaa aineistosta. Jokaiselle oppilaalle generoitiin tunnus (esimerkiksi *aejf269*), jota käytettiin vastausten tallennuksessa. Käytin tässä tutkimuksessa toisten tutkijoiden keräämää aineistoa, josta en voinut tunnistaa tutkittavia.

5.2 Number Trace -oppimispelin kuvaus

Tutkimukseen osallistujat pelasivat digitaalista Number Trace -oppimispeliä, joka on suunniteltu kehittämään monipuolisesti murtolukujen ymmärrystä ja niillä operointia. Peli sisälsi murtolukujen koon arviointia lukusuoralla lukualueilla 0–1 ja 0–5. Pelissä käytettiin lukusuoran ja symboliesitysten lisäksi useita visuaalisia esitysmuotoja havainnollistamaan murtolukuja. Pelissä oppilaat suorittivat murtolukujen arviointitehtäviä, joissa suuressa osassa oli mahdollisuus saada apukeinoja ohjelman havaitessa haasteita tehtävän suorittamisessa.

Pelin mekaniikka perustui murtolukujen arviointitehtäviin, jossa oppilaiden oli tarkoitus osoittaa kysytyn luvun sijainti lukusuoralla. Lukusuoran koko saattoi vaihdella tehtävissä. Joissakin tehtävissä lukusuoran päätepistettä eli kokoa ei ollut merkitty, jolloin oppilaan tuli arvioida vastauksensa aloituspisteen ja lukusuoralla näkyvien lukujen perusteella. Pelin vasemmassa yläreunassa sijaitseva taulu kertoi luvun, jonka sijainti oppilaan oli tarkoitus paikantaa lukusuoralta (kuvio 1).

Peli sisälsi varsinaisten murtolukujen, epämurtolukujen ja sekalukujen koon arviointia. Pelissä käytetyillä erilaisilla murtolukujen esitystavoilla pyrittiin tukemaan syvällistä rationaalilukujen oppimista (Koskinen ym., 2022). Varsinaisia murtolukuja arvioitiin lukualueella 0–1. Arviointitehtävät muuttuivat haasteellisimmiksi pelin edetessä. Ensimmäisten kenttien tehtävissä murtolukujen nimittäjinä oli yksiköitä, myöhempien kenttien tehtävissä oli kolmilukuisia nimittäjiä (esimerkiksi $22/110$). Epämurtolukuja, joissa osoittaja on suurempi kuin nimittäjä (esimerkiksi $7/3$), arvioitiin lukualueella 0–5. Sekalukuja, jotka koostuvat luvun kokonaisosasta ja murto-osasta (esimerkiksi $1 \frac{1}{2}$) arvioitiin lukualueella 0–5. Murtolukujen koon arviointitehtävien lisäksi oppilaat saivat harjoitella murtolukujen laventamista ja supistamista.

Pelissä oppilaan avatar eli hahmo, joka edusti oppilasta pelin virtuaalimaailmassa, oli ystävällisen näköinen koira. Oppilas arvioi murtolukujen kokoa liikuttamalla koira pitkin lukusuoraa nuolinäppäimien avulla. Esimerkiksi kuviossa 1 tuli koira liikuttamalla sijoittaa luku $2/6$ mahdollisimman tarkasti lukusuoralle lukualueella 0–1. Joissakin tehtävissä koiran kävely oli korvattu peräkkäisillä hypyillä, joissa hypyn pituus oli määritelty tietyn matemaattisen merkityksen mu-

kaan. Oppilaan osoittamassa kohdassa lukusuoralla koira kaivoi maata etsiäkseen maahan haudatun luun. Jos oppilas arvioi murtoluvun sijainnin lukusuoralla oikein, koira löysi luun. Mikäli oppilas arvioi sijainnin väärin ensimmäisellä kerralla, sai hän mahdollisuuden yrittää vastata tehtävään toisen kerran, ja useissa tehtäväkentissä oppilaalle näytettiin oppimista tukevia apukeinoja väärän vastauksen jälkeen. Toisen vastauksen jälkeen pelissä siirryttiin seuraavaan tehtävään. Pelissä oli tutoriaalihakmona pöllö, joka neuvoi tehtävänannossa ja saattoi antaa vihjeitä tehtävän suorittamiseen tai aktivoida oppilasta pohtimaan matemaattisia käsityksiä.



KUVIO 1. Arviointitehtävä, jossa on kukkia apukeinona

5.2.1 Pelissä käytetyt apukeinot ja kiinnostuksen herättäjät

Tutkimuksessa käytetty peli sisälsi runsaasti tarjottua tukea eli peliin upotettuja apukeinoja (*adaptive scaffolding*), jotka aktivoitiin peliin upotetun analytiikan havaittua haasteita oppilaan pelisuorituksen aikana. Pelin sisältämiä apukeinoja olivat esimerkiksi lukujen visualisointi jakamalla lukusuora nimittäjän mukaisiin osiin. Jos tehtävänannossa oli luku $\frac{2}{6}$, saattoi lukusuora olla jaettu kukilla kuuteen yhtä suureen osaan tehtävän helpottamiseksi (kuvio 1). Visuaalisilla

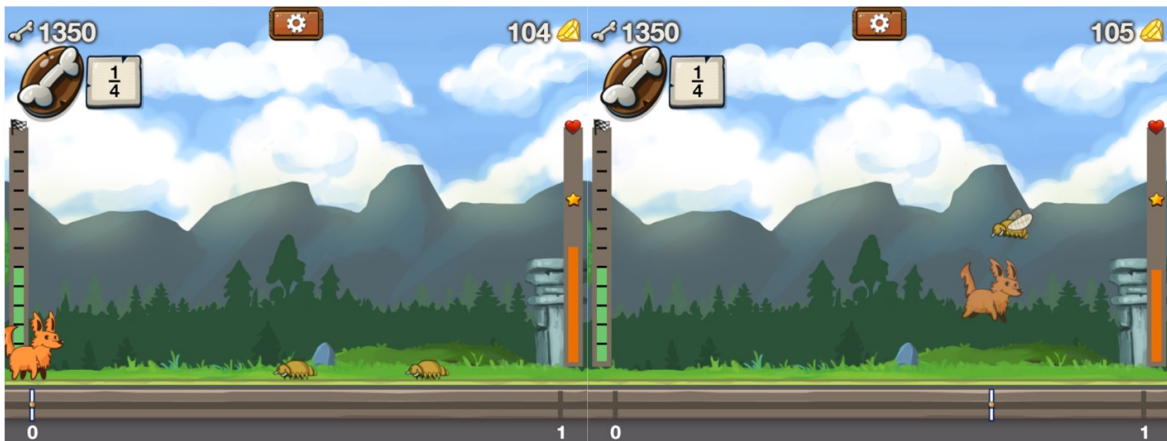
maamerkeillä, kuten kukilla tai apukeinona auttamaan saapuvien lintujen tai koiraystävän sijainnilla, autettiin oppilasta hahmottamaan lukujen sijaintia lukusuoralla. Joissakin tehtävissä oli murtoluku esitetty lisäksi piirakkamallina, joka havainnollisti luvun oppilaalle visuaalisesti. Pelin viimeisessä osiossa apukeinot eivät aktivoituneet.

Madot jakoivat luvut nimittäjän mukaisiin osiin ja olivat apukeinona epämurtolukutehtävissä. Kuviossa 2 havainnollistuu mahdollisuus matojen käyttämiseen apukeinona: luvut lukusuoralla jakautuvat matojen avulla nimittäjän mukaisesti kolmeen osaan. Esiintyessään pelissä ensimmäistä kertaa pelikentässä, jonka yhteydessä mitataan tilannekohtaista kiinnostusta, madot toimivat myös kiinnostuksen herättäjinä.



KUVIO 2. Madot apukeinoina ja kiinnostuksen herättäjinä

Joissakin arviointitehtävissä on vihollisia, joita pelaajien on vältettävä tai tuhotava hyppäämällä niiden päälle. Viholliset olivat ulkonäöltään pelottavan näköisiä ötököitä, jotka oli sijoitettu lukusuoralle siten, että ne antoivat oppilaalle matemaattisia vihjeitä kuten kuviossa 3 lukusuoralla $2/4$ ja $3/4$ kohdalla. Vihollisten tarkoituksena oli auttaa pelaajia hahmottamaan pelimaailmaa matemaattisesti ja toimia kiinnostuksen herättäjinä.



KUVIO 3. Viholliset apukeinoina ja kiinnostuksen herättäjänä

Joissakin tehtävissä oppilaan ymmärrystä tuettiin rajoittamalla pelihahmon liikkumista jaksollisella liikkumisella hyppykenkien avulla. Hyppykenkillä oppilas pystyi hyppykyvyn avulla hyppäämään lukusuoralla vain ennalta määrätyn pituisia hyppyjä, jolloin hypyn pituus auttoi paikantamaan luvun. Jos esimerkiksi tehtävänä oli arvioida lukusuoralla luku $\frac{2}{6}$ ja pelihahmolla pystyi hyppimään luvun $\frac{1}{6}$ mittaisia hyppyjä, oppilaan tuli päätellä, kuinka monta hyppyä tarvitaan luun löytämiseen (kuvio 4). Hyppykenkien mahdollistaman hypyn pituus näkyi murtolukuna pelin näytöllä, kuten kuviossa 4 ylhäällä keskellä, tai oppilaan tuli päätellä hypyn pituus kokeilemalla hyppyä ja arvioimalla sen pituus lukusuoralta.



KUVIO 4. Hyppykengät kiinnostuksen herättäjinä

Murtoluvun supistamisen osoittaminen apukeinona auttoi oppilasta hahmottamaan pelissä lukuja paremmin, esimerkiksi luku $\frac{2}{8}$ saattoi hahmottua oppilaalle paremmin supistettuna lukuun $\frac{1}{4}$. Sekä supistamista että laventamista oppilaan oli mahdollista harjoitella esimerkiksi tehtävässä, missä tehtävänä oli löytää luun oikea sijainti luvun $\frac{6}{12}$ kohdalta hyppykenkien hypyn pituuden ollessa $\frac{1}{8}$. Oppilas saattoi hahmottaa helpommin luvun $\frac{6}{12}$ supistamalla se luvuksi $\frac{1}{2}$, jolloin hän voi havaita luun löytymiseen tarvittavan neljä $\frac{1}{8}$ hyppyä eli luvun $\frac{1}{2}$ laventaminen lukuun $\frac{4}{8}$ ja edelleen vastaamaan lukua $\frac{6}{12}$.

Erilaisten rationaalilukujen esitysmuotojen ja tehtävävaihtoehtojen yhdistelmiä käytettiin ylläpitämään tilannekohtaista kiinnostusta pelin aikana (Koskinen ym., 2022). Peli sisälsi kiinnostuksen herättäjinä erilaisia toimintoja, joita käytettiin ensimmäistä kertaa sellaisissa pelikentissä, joissa oppilailta mitattiin tilannekohtaista kiinnostusta. Siten voidaan ajatella uusien pelimekaniikkojen kiinnostavuuden olevan yhteydessä tilannekohtaiseen kiinnostukseen.

5.2.2 Pelin tarjoama palaute

Oppilaat saivat pelissä sekä välitöntä että viivästettyä palautetta. Oppilaan oikea-aikaisen tuen onnistumisen edellytys on tarkka, dynaaminen ja jatkuva oppimisen arviointi (Plass ym., 2015; Plass & Pawar, 2020). Oppilas sai välitöntä palautetta jokaisen suorittamansa tehtävän jälkeen. Vastauksen jälkeen lukusuoralle tuli näkyviin murtoluvun nimittäjän osat. Oppilaan vastattua oikein koira löysi luun ja heilutti iloisena häntäänsä. Oppilas sai pisteitä vastaustarkkuuden mukaan ja hänelle näytettiin osumatarkkuus prosentteina (kuvio 5).



KUVIO 5. Välitön palaute oikean vastauksen jälkeen

Jos oppilas vastasi väärin, koira ei löytänyt luuta ja oli surullisen näköinen (kuvio 6). Luvun oikea sijainti näytettiin vihreällä viivalla ja murto-osat tulivat näkyviin lukusuoralle. Oppilas sai uuden mahdollisuuden yrittää ratkaista tehtävän ja useissa tehtävissä apukeinot aktivoituivat toisella yrityskerralla. Toisen yrityksen jälkeen pelissä siirryttiin seuraavaan tehtävään.



KUVIO 6. Välitön palaute väärän vastauksen jälkeen

Jos oppilaan arviointitarkkuus oli liian iso, menetti hän pelissä energiaa. Pelikentän oikeassa reunassa oli energiamittari (kuvio 6), joka pieneni oppilaan antaessa väärän vastauksen, jonka raja oli kaikissa tehtävissä 92 prosenttia. Energia väheni kymmenen prosenttia jokaisesta väärästä vastauksesta ja viisi prosenttia ötökän puraisusta. Energiatason vähenemiseen vaikuttavat epäonnistumiset oli lisätty peliin, jotta peli olisi pelattavuuden vuoksi haastavampi ja kiinnostavampi. Pelikentän vasemmassa reunassa oli etenemismittari, joka osoitti suoritettujen ja jäljellä olevien tehtävien lukumäärän (kuvio 6).

Suoritettuaan koko pelikentän oppilas sai viivästettyä palautetta suorituksesta pisteiden ja jäljelle jääneen energian mukaan. Oppilas sai yhden tähden pelikentän loppuun suorittamisesta, toisen keräämiensä pisteiden määrän ylittyä 4500:n pisteen rajan sekä kolmannen tähden jäljelle jääneen energian määrän ollessa 70 prosenttia tai enemmän (kuvio 7). Oppilaalla oli mahdollisuus pelata jokainen pelikenttä vain kertaalleen, jotta mahdollisuus parannella tuloksia ja kerätä lisää tähtiä oli estettynä.



KUVIO 7. Viivästetty palaute pelikentän lopussa

5.3 Mittarit

Mittarilla tarkoitus on Metsämuurosen (2009) mukaan pyrkiä havainnoimaan mahdollisimman objektiivisesti tutkittavaa ilmiötä. Mittarilla voidaan hänen mukaansa tarkoittaa yksittäistä testiä, suuremmasta mittaristosta tehtyä osamittaria tai kokonaista testipatteristoa. Tutkimuksen luotettavuus on Tähtisen, Laakkosen ja Brobergin (2020) mukaan vahvasti verrannollinen mittarin luotettavuuteen. Tässä tutkimuksessa mitattiin oppimistulosten lisäksi minäpystyvyyttä ja tilannekohtaista kiinnostusta Number Trace -oppimispelissä.

Oppilaan pelikokemukseen liittyvät kysymykset oli upotettu peliin, koska haluttiin välttää oppilaiden keskittymisen häiriintymistä pelin aikana. Pelikokemuksiin vastattiin liukuasteikolla, jossa oli näkyvissä kokonaisluvut, ja lisäksi oppilaan liikuttaessa osoitinta liukuasteikolla näkyviin tulivat desimaalilukujen kymmenykset koiran ajatuskuplassa (kuvio 8; kuvio 9). Asteikolla oli kokonaislukujen kohdalla lisäksi hymiöitä. Metsämuurosen (2009) mukaan silmämääräisesti havainnollistavan analogisen asteikon (*Visual Analogue Scale*) etuna on tutkittavan mahdollisuus vastata tarkemmin kuin välimatka-asteikolla.

5.3.1 Murtolukuosaaminen

Oppilaiden käsitteellisen murtolukuosaamisen kehittymistä mitattiin alku- ja loppumittausten avulla. Pelipohjaisessa oppimisympäristössä liukuasteikko mahdollistaa rationaalilukujen tiheyden hyödyntämisen tarkasti tutkimuksessa. Testisuoritus mitattiin käyttämällä arviointitarkkuutta vaihteluvälillä 0–1, joka oli tämän tutkimuksen valmiissa aineistossa esitetty kolmen desimaalin tarkkuudella. Arviointitarkkuus laskettiin seuraavasti:

$$\text{Arviointitarkkuus} = 1 - (|\text{Osallistujan vastaus} - \text{oikea vastaus}|) / \text{lukusuoran vaihteluväli}$$

Jos tehtävänä oli esimerkiksi arvioida luku $\frac{1}{2}$ lukualueella 0–1, ja osallistujan vastaus oli 0,6 laskettiin silloin arviointitarkkuus $1 - (|0,6 - 0,5|) / 1 = 0,9$. Lukusuoran vaihteluväli oli 1, koska sekä alku- että loppumittauksen tehtävät olivat lukualueella 0–1.

Alkutesti koostui neljästä lukusuoratehtävästä. Niiden suorittamiseen tehtävää kohden oli 30 sekunnin aikaraja, jonka jälkeen digitaalisessa tehtäväympäristössä siirryttiin automaattisesti seuraavaan tehtävään. Oppilas ei voinut edetä tehtävissä omaan tahtiinsa. Alkumittauksen lukusuoratehtävissä oppilaita pyydettiin siirtämään osoitin mahdollisimman tarkasti lukuja $3/8$, $4/7$, $11/36$ ja $3/4$ vastaaviin kohtiin lukusuoralle lukualueella 0–1. Lukusuoran lukualue oli merkittynä lukusuoran päätepisteisiin, mutta sitä ei mainittu erikseen sanallisesti tehtävänannossa. Alkutesti sisälsi myös neljä arviointitehtävää lukualueella 0-5, joita ei kuitenkaan huomioitu tässä tutkimuksessa, koska suunniteltua lopputestiä kyseisellä lukualueella ei voitu koronan takia toteuttaa. Alkutestin mittarina käytettiin siten neljän ensimmäisen tehtävän keskiarvoista muodostettua muuttujaa. Reliabiliteettianalyysi osoitti, että alkumittauksen keskiarvomuuttujan Cronbachin $\alpha = .770$, eli mittarin reliabiliteettia voidaan pitää hyväksyttävänä.

Pelikenttää 16 käytettiin lopputestinä, koska varsinaista lopputestiä lukualueella 0-5 ei voitu toteuttaa tutkimuksen keskeydyttyä suunniteltua aiemmin koronaepidemian takia. Tutkimuksen lopputesti koostui kymmenestä murtolukutehtävästä, joissa mitattiin oppilaiden arviointitarkkuutta lukusuoralla lukualueella 0–1. Lopputestissä oppilaita pyydettiin sijoittamaan luvut $2/6$, $2/8$, $4/6$, $6/9$, $1/4$, $2/3$, $4/5$, $5/7$, $8/10$ ja $3/5$ lukusuoralle. Peli tallensi oppilaiden arviointitarkkuuden näissä tehtävissä. Kentän kymmenestä tehtäväosioista muodostettiin keskiarvomuuttuja, jonka voidaan ajatella kuvaavan murtolukuymmärrystä pelin lopussa, vaikka reliabiliteettianalyysi osoitti muuttujan reliabiliteetin olevan liian alhainen (Cronbachin $\alpha = .381$).

5.3.2 Minäpystyvyys

Pelin sisäistä mittausta käytettiin arvioimaan oppilaiden minäpystyvyyttä, jotta oppilaat pystyisivät keskittymään peliin mahdollisimman lyhyellä keskeytyksellä. Minäpystyvyyttä mitattiin yhdellä kysymyksellä, kuten on tehty myös esimerkiksi Koskisen ja kollegoiden (2022) tutkimuksessa. Minäpystyvyyttä (SE) mitattiin jokaisen maailman ensimmäisessä kentässä ennen murtolukujen arviointitehtäviä (kuvio 10). Oppilaat vastasivat jatkuvalla asteikolla 1–5 (1 = ”Täysin eri mieltä”, 5 = ”Täysin samaa mieltä”) väittämään ”Seuraavaksi harjoitellaan murtolukujen koon arviointia. Tulen varmasti menestymään hyvin tehtävissä”.

Tässä tutkimuksessa käytettiin ensimmäisen pelimaailman ensimmäisen kentän mittausta (SE_1) minäpystyvyyden alkumittauksena ja kolmannen pelimaailman ensimmäisen pelikentän mittausta (SE_3) minäpystyvyyden loppumittauksena (kuvio 10). Kuviossa 8 esitellään, kuinka minäpystyvyyttä mitattiin oppimispelissä.



KUVIO 8. Minäpystyvyyden mittaus

5.3.3 Tilannekohtainen kiinnostus

Pelin sisäistä mittausta käytettiin arvioimaan tilannekohtaista kiinnostusta peliin upotetuilla kysymyksillä samoin kuin minäpystyvyyttä. Tilannekohtaista kiinnostusta mitattiin yhdellä kysymyksellä, kuten on aiemmin mitattu esimerkiksi Rodríguez-Aflecht'n (2018) ja kollegoiden sekä Koskisen ja kollegoiden (2022) tutkimuksissa. Oppilaat vastasivat jatkuvalla asteikolla 1–5 (1 = "Täysin eri mieltä", 5 = "Täysin samaa mieltä") väittämään "Tämän kentän tehtävät olivat kiinnostavia." Kuviossa 9 havainnollistetaan tilannekohtaisen kiinnostuksen mittausta oppimispelissä.

Tilannekohtaista kiinnostusta (SI) mitattiin oppimispelin aikana kuusi kertaa pelikenttien 1, 4, 7, 10, 13 ja 16 lopussa (kuvio 10). Koska haluttiin tarkastella tilannekohtaisen kiinnostuksen muutosta pelin aikana, muodostettiin ensimmäisestä (SI_1) ja toisesta (SI_1) mittauksesta summamuuttuja, jota

käytettiin tilannekohtaisen kiinnostuksen alkumittauksena (kuvio 10). Viidennestä (SI_5) ja kuudennesta (SI_6) tilannekohtaisen kiinnostuksen mittauksesta muodostettiin summamuuttuja tutkimuksen tilannekohtaisen kiinnostuksen loppumittaukseksi (kuvio 10). Reliabiliteettianalyysi summamuuttujista muodostetuista mittareista osoitti, että tilannekohtaisen kiinnostuksen alkumittauksen Cronbachin $\alpha = .659$ ja loppumittauksen Cronbachin $\alpha = .824$.



KUVIO 9. Tilannekohtaisen kiinnostuksen mittaus

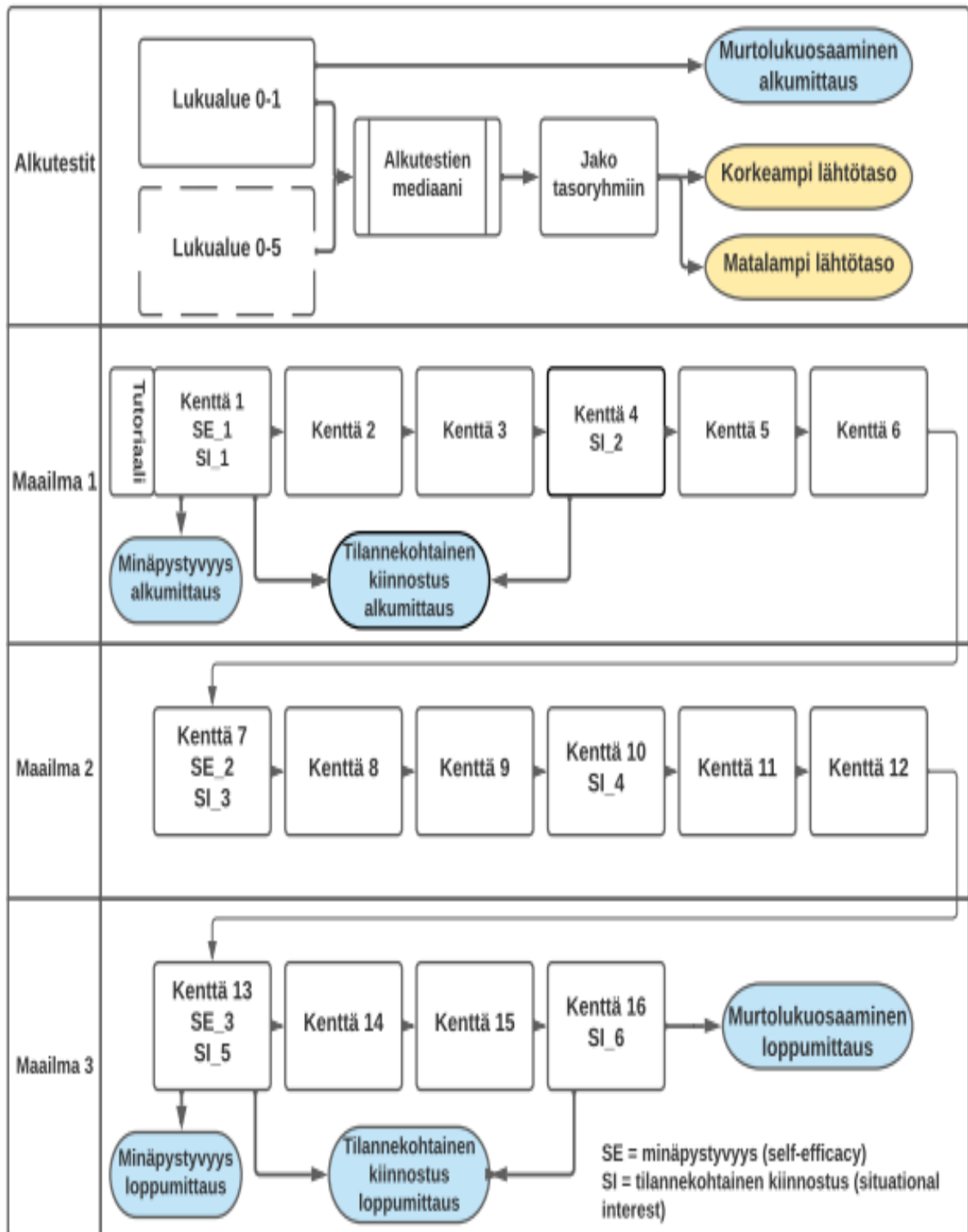
5.4 Aineistonkeruu ja tutkimuksen kulku

Tutkimuksen aineisto kerättiin keväällä 2020 osana laajempaa tutkimusta. Tutkimukseen osallistujat pelasivat Number Trace -matematiikkapeliä, joka on Tampereen yliopistossa murto- ja desimaalilukujen käsitteellisen ymmärryksen vahvistamiseen kehitetty pelillinen oppimisympäristö. Aineistokeruu ajoittui keskele koronaviruksen aiheuttamia poikkeusoloja. Siihen oli tarkoitus kuulua neljä oppituntia, mutta koronaepidemian keskeytettyä lähiopetuksen Suomessa, tyyntyi se noin kolmeen tuntiin. Tässä tutkimuksessa hyödynnettiin tutkimuksesta ennen sen keskeytymistä koottua valmista aineistoa.

Tutkimuksen tieteenfilosofiset lähtökohdat ovat empiirisessä tutkimuksessa, joka Siljanderin (2014) mukaan tarkoittaa sitä, että tieto perustuu jollakin tavalla kokemukseen. Tutkimus toteutettiin kokeellisena tutkimuksena.

Tutkimuksen aineisto muodostuu vanhemmilta suostumuslomakkeella kerätyistä oppilaiden taustatiedoista, ennen oppimispeliosuutta koululuokissa tutkijoiden toimesta suoritetusta alkutestistä ja oppimispelin aikana kerätystä aineistosta. Tutkimuksessa kerättiin oppilaiden pelitietoa, kuten pelissä olevien tehtävien vastaukset sekä tehtävien vastaamiseen kulunut aika. Oppilailta selvitettiin taustatiedot aiemmin vanhemmilta kerätyn suostumuslomakkeen tiedoista. Taustatietoina kerättiin oppilaiden ikä, vuosiluokka, sukupuoli ja kielitausta eli puhuttiinko oppilaiden kotona suomea vai jotakin muuta kieltä. Oppilaat saivat käyttäjätilit, joita käytettiin heidän pelisuoritusensa tallentamiseen.

Kuviossa 10 esitetään tutkimusasetelma ja tutkimuksessa käytetyn pelin rakenne. Alkutesti toteutettiin koululuokassa tutkijoiden toimesta ja siihen kuului neljä lukusuoratehtävää lukualueella 0–1, joiden keskiarvosta muodostettiin tämän tutkimuksen murtolukuosaamisen alkumittaus. Alkutestiin kuului lisäksi neljä lukusuoratehtävää lukualueella 0–5, joita käytettiin vain lukualueen 0–1 tehtävien kanssa tasoryhmien muodostamiseen. Peli muodostui kolmessa pelimaailmassa olleesta kuudestatoista pelikentästä, joissa oli kussakin kymmenen murtolukujen arviointitehtävää. Ensimmäisessä pelimaailmassa oli tutoriaali- eli opasosuus, jossa oppilaalle opetettiin pelissä käytettävät pelimekaniikat ja harjoiteltiin niitä. Ensimmäisessä ja toisessa pelimaailmassa oli kummassakin kuusi pelikenttää. Kolmannesta pelimaailmasta käytettiin tässä tutkimuksessa neljää pelikenttää. Jokainen pelikenttä koostui kymmenestä arviointitehtävästä ja mahdollisista motivationaalisista kysymyksistä. Oppilaat suorittivat siten pelissä yhteensä 160 murtolukujen arviointitehtävää. Kolmannen maailman kentän 16 tehtävien keskiarvosta muodostettiin murtolukuosaamisen loppumittaus (kuvio 10).



KUVIO 10. Tutkimusasetelma ja pelin rakenne tutkimuksessa

5.5 Aineiston tilastollinen käsittely

Tilastolliset tarkastelut on toteutettu SPSS-ohjelmistolla IBM SPSS Statistics versio 28.0.1.0. Muuttujien jakautumista tarkasteltiin mediaanin, keskiarvon, keskihajonnan, maksimi- ja minimiarvojen, vinouden ja huipukkuuden avulla. Lisäksi jakaumien vinouden ja huipukkuuden eroavuutta normaalijakaumasta testattiin jakamalla saadut arvot niitä vastaavilla keskivirheillä. Jakaumien vinous ja huipukkuus voidaan hyväksyä normaalisti jakautuneiksi, jos saadut luvut (z-arvo) ovat itseisarvoltaan pienempiä kuin kaksi. Tähtisen ja kollegoiden (2020) mukaan 95 prosentin luottamusväli muodostuu välille $\pm 1,96$. Taulukossa 1 on esitetty oppimistulosten, minäpystyvyyden ja tilannekohtaisen kiinnostuksen alku- ja loppumittausten tilastollisia tunnuslukuja koko otoksen osalta.

Koska normaalijakaumaoletus ei täytynyt kaikkien muuttujien osalta, käytettiin tutkimuskysymysten 1.1—1.3 tarkastelussa Wilcoxonin merkittyjen sijalukujen testiä (*Wilcoxon Signed Ranks Test*) eli Wilcoxonin merkkitestiä (tästä eteenpäin), jota voidaan käyttää alku- ja loppumittausten välisen muutoksen tarkasteluun, kun aineisto ei ole normaalisti jakautunut. Wilcoxonin merkkitesti on toistettujen mittausten *t*-testiä vastaava epäparametrinen testi, jossa muuttujien tulee olla riippuvia, eli samat osallistujat ovat vastanneet kahteen eri kysymykseen (Tähtinen ym., 2020).

Oppilaat jaettiin tasoryhmiin, koska haluttiin tutkimuskysymysten 2.1–2.3 mukaan tarkastella aiemman murtolukuosaamisen yhteyttä pelin oppimisvaikutukseen sekä minäpystyvyyden ja tilannekohtaisen kiinnostuksen muutoksiin. Oppilaat suorittivat alkutestien yhteydessä kahdeksan murtolukujen arviointitehtävää, joista neljä oli lukualueella 0–1 ja neljä lukualueella 0–5. Oppilaat jaettiin näiden kahdeksan tehtävän keskiarvojen mukaan matalamman ja korkeamman lähtötason tasoryhmiin (kuvio 10). Jako tasoryhmiin suoritettiin mediaanilohkomisella (*median-split*), jossa jakokohtana oli alkutestin kaikkien kahdeksan tehtävän mediaani ($Md = .832$). Matalamman lähtötason tasoryhmä muodostui 32:sta (49,2 %) oppilaasta ja korkeamman lähtötason tasoryhmä 33:sta (50,8 %) oppilaasta.

Jotta voitaisiin tarkastella koko otoksen oppimistulosten lisäksi tasoryhmien yhteyttä oppimistuloksiin, muodostettiin pelin oppimisvaikutusta kuvaava muuttuja, kuten on tehty esimerkiksi Koskisen ja kollegoiden (2022) tutkimuksessa.

Oppimisvaikutuksen muuttuja laskettiin vähentämällä murtolukuosaamisen alkumittauksen tulosten keskiarvo ($KA = 0,91$, $KH = 0,09$) loppumittauksen tulosten keskiarvosta ($KA = 0,95$, $KH = 0,02$). Koska haluttiin tarkastella myös minäpystyvyyden muutosta tasoryhmien välillä, muodostettiin minäpystyvyyden loppu- ja alkumittausten keskiarvojen erotuksesta uusi muuttuja minäpystyvyyden muutoksen mittariksi vähentämällä alkutestin tulosten keskiarvo ($KA = 3,87$, $KH = 0,98$) lopputestin tulosten keskiarvosta ($KA = 3,39$, $KH = 1,23$). Samoin tilannekohtaisen kiinnostuksen yhteyttä tasoryhmien välillä tarkasteltaessa muodostettiin tilannekohtaisen kiinnostuksen muutosta kuvaava muuttuja. Sekin laskettiin vähentämällä alkumittauksen tulosten keskiarvo ($KA = 4,07$, $KH = 1,02$) loppumittauksen tulosten keskiarvosta ($KA = 3,42$, $KH = 1,18$).

Taulukossa 2 on esitetty tasoryhmien osalta oppimisvaikutuksen sekä minäpystyvyyden ja tilannekohtaisen kiinnostuksen muutoksiin liittyvien muuttujien tilastollisia tunnuslukuja. Myös tasoryhmien osalta jakaumien vinouden ja huipukkuuden eroavuutta normaalijakaumasta testattiin jakamalla saadut arvot niitä vastaavilla keskivirheillä. Taulukosta 2 havaitaan, että aineistoa ei voi pitää riittävän normaalisti jakautuneena, jotta parametristen testien ehdot täytyisivät. Tasoryhmien välisten erojen vertailuun käytettiin Mann-Whitneyn U -testiä, joka on Nummenmaan (2004) mukaan riippumattomien tapausten t -testiä vastaava epäparametrinen vaihtoehto. Ryhmittelevänä muuttujana testissä oli oppilaan tasoryhmä ja testattavina muuttujina oppimisvaikutus sekä minäpystyvyyden ja tilannekohtaisen kiinnostuksen muutokset.

Tutkimuksen merkittävyyttä ilmaistaan usein tilastollisen merkitsevyyden ja vaikutuksen suunnan kautta (Fritz, Morris & Richler, 2012). Tilastollista merkitsevyyttä tarkasteltaessa käytettiin riskitasojen rajoina Tähtisen ja kollegoiden (2020) mukaan merkitsevyytensä $p < 0,05$ (*) tilastollisesti melkein merkitsevä, $p < 0,01$ (**) tilastollisesti merkitsevä ja $p < 0,001$ (***) tilastollisesti erittäin merkitsevä.

Tilastollisen merkitsevyyden lisäksi tarkasteltiin muuttujien yhteyden voimakkuutta. Merkitsevyyden voimakkuutta kutsutaan efektikooksi (*effect size*) (Fritz ja kollegat, 2012; Tähtinen ym., 2020). Tässä tutkimuksessa käytettiin tilastollisen päättelyn tukena efektikoon arvioinnissa korrelaatiokertoimen (r) käyttöön perustuvia tunnuslukuja. Korrelaatiokertoimeen perustuvan efektikoon tarkastelun etuna on mahdollisuus tulkita tulosten selitysosuutta korottamalla

laskettu r -tunnusluku toiseen eli r^2 tai R^2 (Tähtinen ym., 2020). Käytettäessä efektikokoa r voidaan saada arvoja välillä $[-1,1]$. Nollan suuruinen efekti merkitsee, että muuttujien välillä ei ole yhteyttä populaatiotasolla (Nummenmaa, 2021).

Epäparametristen testien, kuten Wilcoxonin merkkitestin ja Mann-Whitneyn U -testin yhteydessä tilastolaskennan ohjelmisto SPSS-Statistics laskee testien tunnusluvut Z automaattisesti. Effektikokoa mittaavan suureen r laskemiseen käytettiin Wilcoxonin merkkitestin yhteydessä kaavaa $r = Z/\text{neliöjuuri}(2*N)$. Siinä Wilcoxonin merkkitestin yhteydessä SPSS-ohjelmistosta saadut Z -testisuureet jaettiin tapausten lukumäärän (N) neliöllä (Fritz ja kollegat, 2012; Tähtinen ym., 2020). Mann-Whitneyn U -testin lisäksi tasoryhmien kullekin parittaiselle vertailulle laskettiin efektikoot. Mann-Whitneyn U -testin yhteydessä ryhmien välisten erojen voimakkuuksien efektikoon laskemiseen käytettiin kaavaa $r = Z/\text{neliöjuuri}(N)$ eli $r = Z/\sqrt{N}$ (Fritz ja kollegat, 2012; Tähtinen ym., 2020).

Yhteyden voimakkuutta kuvaavan efektikoon voimakkuuden arviointiin ei ole tarkkoja arvoja, ja niitä tulisi arvioida tapauskohtaisesti. Tässä tutkimuksessa käytettiin Nummenmaan (2005) esittämiä r :n rajoja 0,1 (pieni efekti), 0,24 (keski-suuri efekti) ja 0,37 (suuri efekti).

6 TULOKSET

6.1 Kuvailevat tulokset

Taulukossa 1 esitetään muuttujien kuvailevia tunnuslukuja koko otoksen osalta.

TAULUKKO 1. Muuttujien kuvailevia tunnuslukuja (koko otos)

Muuttuja	<i>N</i>	<i>KA</i>	<i>KH</i>	<i>Md</i>	Min	Max	Vinous (<i>z</i>)		Huipukkuus (<i>z</i>)	
Oppimistulokset (0-1)										
Alkumittaus	65	0,91	0,09	0,93	0,58	0,99	-2,09	-7,02	4,27	7,28
Loppumittaus	65	0,95	0,02	0,96	0,88	0,99	-1,27	-4,27	1,63	2,78
Minäpystyvyyys (1-5)										
Alkumittaus	65	3,87	0,98	4,00	1,00	5,00	-0,91	-3,07	0,66	1,12
Loppumittaus	65	3,39	1,23	3,70	1,00	5,00	-0,59	-1,98	-0,61	-1,04
Tilannekohtainen kiinnostus (1-5)										
Alkumittaus	65	4,07	1,02	4,40	1,00	5,00	-1,22	-4,10	0,89	1,48
Loppumittaus	65	3,42	1,18	3,50	1,00	5,00	-0,50	-1,67	-0,68	-1,17

KA = keskiarvo, *KH* = keskihajonta, *Md* = mediaani

Taulukossa 2 esitetään muuttujien kuvailevia tunnuslukuja tasoryhmien osalta.

TAULUKKO 2. Muuttujien kuvailevia tunnuslukuja (tasoryhmät)

Muuttuja	Lähtötaso	<i>n</i>	<i>KA</i>	<i>KH</i>	<i>Md</i>	Min	Max	Vinous (<i>z</i>)		Huipukkuus (<i>z</i>)	
Oppimisvaikutus											
	Matalampi	32	0,09	0,11	0,06	-0,06	0,37	1,15	2,78	0,61	0,75
	Korkeampi	33	0,01	0,03	0,00	-0,06	0,10	0,72	1,77	1,52	1,90
Minäpystyvyyden muutos											
	Matalampi	32	-0,61	1,34	-0,20	-3,60	4,00	0,67	1,62	3,99	4,93
	Korkeampi	33	-0,35	1,36	0,00	-4,00	2,00	-0,86	-2,10	1,60	2,01
Tilannekohtaisen kiinnostuksen muutos											
	Matalampi	32	0,39	0,88	0,40	-1,90	2,00	0,29	0,70	0,37	0,45
	Korkeampi	33	0,91	1,12	0,50	-0,50	4,00	-1,10	-2,70	0,59	0,74

KA = keskiarvo, *KH* = keskihajonta, *Md* = mediaani

6.2 Pelaamisen yhteys oppimistuloksiin ja tilannekohtaiseen motivaatioon

Tutkimuksen ensimmäisenä tutkimuskysymyksenä oli selvittää Number Trace -oppimispelin pelaamisen yhteyttä oppimistuloksiin ja tilannekohtaiseen motivaatioon. Taulukossa 3 esitellään keskeiset tulokset oppimistuloksista, minäpystyvyydestä ja tilannekohtaisesta kiinnostuksesta koko otoksen osalta.

TAULUKKO 3. Wilcoxonin merkkitestin tulokset ja efektikoko

Muuttuja		<i>N</i>	<i>Md</i>	<i>KA</i>	Wilcoxonin merkkitesti		Efektikoko
					<i>Z</i>	<i>p</i> -arvo	<i>r</i>
Oppimistulokset	Alkumittaus	65	0,93	0,91	-4,08	< 0,001***	0,36
	Loppumittaus	65	0,96	0,95			
Minäpystyvyys	Alkumittaus	65	4,00	3,87	-3,07	0,002**	0,27
	Loppumittaus	65	3,70	3,39			
Tilannekohtainen kiinnostus	Alkumittaus	65	4,40	4,07	-4,59	< 0,001***	0,40
	Loppumittaus	65	3,50	3,42			

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Oppilaat menestyivät murtolukujen arviointitehtävien loppumittauksessa ($Md = 0,96$) tilastollisesti erittäin merkitsevästi paremmin kuin alkumittauksessa ($Md = 0,93$), $Z = -4,08$, $p < 0,001$, $r = 0,36$. Efektikoon mukaan yhteys oli keski-suuri. Tulosten mukaan 43 oppilasta menestyi loppumittauksessa paremmin ja 22 oppilasta heikommin kuin alkumittauksessa.

Oppilaiden minäpystyvyys oli loppumittauksessa matalampi ($MD = 3,70$) kuin alkumittauksessa ($Md = 4,00$), $Z = -3,07$, $p = 0,002$, $r = 0,27$. Ero mittauksen välillä oli tilastollisesti merkitsevä ja lasketun efektikoon mukaan yhteys oli keski-suuri. Minäpystyvyys oli loppumittauksessa 32:lla oppilaalla matalampi ja 15:llä oppilaalla korkeampi kuin alkumittauksessa. 18:lla oppilaalla ei ollut eroa alkumittauksen ja loppumittauksen välillä.

Oppilaiden tilannekohtainen kiinnostus oli loppumittauksessa matalampi ($Md = 3,50$) kuin alkumittauksessa ($Md = 4,40$), $Z = -4,59$, $p < 0,001$, $r = 0,40$. Ero mittauksen välillä oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ja efektikoko oli suuri. Tilannekohtainen kiinnostus oli loppumittauksessa 43:llä oppilaalla matalampi ja 12:lla oppilaalla korkeampi kuin alkumittauksessa. Kymmenellä oppilaalla ei ollut eroa alku- ja loppumittauksen välillä.

6.3 Lähtötason yhteys oppimistuloksiin ja tilannekohtaiseen motivaatioon

Toisena tutkimuskysymyksenä oli, että millainen yhteys oppilaiden aiemmalla käsitteellisellä murtolukuymmärryksellä on pelin oppimisvaikutukseen ja tilannekohtaiseen motivaatioon. Taulukossa 4 kuvataan tulokset lähtötason yhteydestä oppimistuloksiin sekä minäpystyvyyden ja tilannekohtaisen kiinnostuksen muutoksiin.

TAULUKKO 4. Mann-Whitneyn *U*-testin tulokset ja efektikoko

Muuttuja (Δlopputesti - alkutesti)	Matalampi lähtötaso (n = 32)		Korkeampi lähtötaso (n = 33)		Mann-Whitneyn <i>U</i> -testi			Efektikoko
	Md	KA	Md	KA	<i>U</i>	<i>Z</i>	<i>p</i> -arvo	<i>r</i>
Oppimisvaikutus	0,06	0,09	0,00	0,01	221,0	-4,03	< 0,001***	0,50
Minäpystyvyyden muutos	-0,20	-0,61	0,00	-0,35	428,5	-1,32	0,187	0,16
Tilannekohtaisen kiinnostuksen muutos	-0,40	-0,39	-0,50	-0,91	427,5	-1,32	0,186	0,16

p* < .05, *p* < .01, ****p* < .001

Tulokset osoittivat, että pelin oppimisvaikutus oli matalamman lähtötason oppilaiden osalta (Md = 0.06) oli suurempi kuin korkeamman lähtötason oppilaiden osalta (Md = 0.00), $U(63) = 221,0$, $Z = -4,03$, $p < 0,001$, $r = 0,50$. Erot oppimistuloksissa eroavat tilastollisesti erittäin merkitsevästi toisistaan. Efektikokoon mukaan yhteys on suuri. Tulosten mukaan matalamman lähtötason oppilaat hyötyivät siten pelistä enemmän kuin korkeamman lähtötason oppilaat.

Minäpystyvyys alentui molemmilla tasoryhmillä oppimispelissä. Matalamman lähtötason oppilaiden minäpystyvyyden muutos (Md = -0,20) ei eronnut tilastollisesti merkitsevästi korkeamman lähtötason oppilaiden minäpystyvyyden muutoksesta (Md = 0,00), $U(63) = 428,5$, $Z = -1,32$, $p = 0,187$, $r = 0,16$.

Molempien tasoryhmien tilannekohtainen kiinnostus vähentyi alku- ja loppumittausten välillä. Matalamman lähtötason oppilaiden tilannekohtaisen kiinnostuksen muutos (Md = 0,40) ei eronnut tilastollisesti merkitsevästi korkeamman lähtötason oppilaiden tilannekohtaisen kiinnostuksen muutoksesta (Md = 0,50), $U(63) = 427,50$, $Z = -1,32$, $p = 0,186$, $r = 0,16$.

7 POHDINTA

7.1 Pelin oppimisvaikutukset

Tutkimuksessa selvitettiin matematiikan oppimispelin yhteyttä oppimistuloksiin murtolukujen arviointitehtävissä. Lisäksi selvitettiin oppilaiden lähtötason yhteyttä pelin oppimisvaikutukseen. Tulokset osoittivat, että oppilaiden käsitteellinen murtolukuymmärrys kehittyi koko otoksen osalta. Tutkimuksessa havaittiin, että oppilaat pärjäsivät keskimäärin paremmin matematiikan oppimispelin lopputestissä kuin alkutestissä eli Number Trace -peli oli tuottanut oppimistuloksia. Efektikoko ilmaisee oppimisvaikutuksen olleen koko otoksen osalta melko voimakas. Tutkimuksen tulokset vahvistavat aiempia tutkimuksia, joiden mukaan matematiikan oppimispeli edistää murtolukujen oppimista (esim. Kärki ym., 2021; Kiili ym., 2018). Riconscente (2013) havaitsi tutkimuksessaan, että murtolukujen suuruuden arvioiminen lukusuoralla on tehokas ja mukaansatempaava opetusmenetelmä niiden oppimiseen.

Aiemman murtolukuosaamisen perusteella muodostettujen tasoryhmien välisessä tarkastelussa havaittiin, että matalamman lähtötason oppilaiden käsitteellinen murtolukuymmärrys kehittyi enemmän kuin korkeamman lähtötason oppilaiden. Efektikoon mukaan havaittu muutos on voimakkuudeltaan suurta. Se tukee aiempia tutkimuksia, joiden mukaan erityisesti matalamman lähtötason oppilaat hyötyvät oppimispelien avulla harjoittelusta enemmän kuin korkeamman lähtötason oppilaat (Kiili ym., 2018; McLaren ym., 2017). Matalamman lähtötason oppilaat saattoivat hyötyä peliin upotetuista apukeinoista, jotka aktivoituivat oppilaiden haasteita havaittuaan. Pelillisessä oppimisympäristössä yksilöllisten tarpeiden mukainen eteneminen on helppoa, koska pelin dynamiikan avulla voidaan apukeinot aktivoida yksilöllisesti ja jopa tehtäväkohtaisesti (Plass ym., 2015).

Korkeamman lähtötason oppilaiden murtolukuymmärrys oli korkea jo alkutesteissä, jolloin parantamisen varaa ei ollut paljoa. Osa oppilaista suoriutui alkutesteistä niin hyvin, että vastaan voidaan katsoa tulleen niin sanotun kattovaikutuksen (*ceiling effect*). Kattovaikutus tarkoittaa sitä, että suuri osa tutkittavien tuloksista sijoittuu mittarin asteikon yläpäähän, jolloin tuloksia ei voida enää juurikaan parantaa. Testissä käytettiin liian helppoja arviointitehtäviä tutkimusasetelman muututtua koronaepidemian vuoksi. Mukaan kannattaisi jatkossa lisätä myös hieman vaikeampia tehtäviä, jotta korkeamman lähtötason oppilaillakin olisi mahdollisuus parantaa tuloksiaan.

7.2 Minäpystyvyyden muutokset oppimispelissä

Tutkimuksessa tarkasteltiin oppilaiden minäpystyvyyttä matematiikan oppimispelin pelaamisen aikana. Lisäksi selvitettiin oppilaiden aiemman murtolukuosaamisen lähtötason yhteyttä minäpystyvyyden muutokseen. Minäpystyvyys alentui tilastollisesti merkitsevästi koko otoksen osalta, mikä tukee esimerkiksi Rodríguez-Aflecht'n ja kollegoiden (2015) tutkimusta. Efektikoon mukaan yhteys oli keskisuuri. Toisaalta Riconscenten (2013) tutkimuksessa havaittiin, että murtolukujen suuruuden arvioiminen lukusuoralla lisää minäpystyvyyttä ja kiinnostusta murtolukutehtäviin. Minäpystyvyys alentui molempien tasoryhmien osalta. Tulokset osoittivat kuitenkin, että tasoryhmien väliset erot minäpystyvyyden muutoksessa eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Saattoi olla mahdollista, että pelin alussa osalla oppilaista minäpystyvyys ei ollut linjassa heidän osaamisensa kanssa, eli he saattoivat arvella osaavansa paremmin kuin osasivatkaan. Pelin antaman palautteen perusteella saattoivat he havaita, etteivät osakaan arvioida murtolukuja niin hyvin kuin aiemmin arvelivat, ja oikaisivat minäpystyvyyden arvionsa realistisemmaksi.

Tulokset ovat osin ristiriidassa aiempien tutkimusten kanssa, mikä saattoi johtua loppumittausten suorittamisesta poikkeusoloissa kotona. Tutkimusympäristöllä on todettu olevan yhteyttä tuloksiin minäpystyvyyden mittauksissa: esimerkiksi hiljaisessa tilassa suoritettavat mittaukset eroavat meluisessa luokahuoneessa suoritetuista (Zimmermann, 2000). Koska oppilaat pelasivat yksin kotona, he eivät myöskään voineet havainnoida, kuinka muut oppilaat menestyivät pelissä, mikä olisi saattanut nostaa heidän omaa minäpystyvyyttään.

Banduran (1997) mukaan minäpystyvyys voi vahvistua muita tarkkailemalla ja sosiaalisten mallien tarjoamien sijaiskokemusten avulla. Toisten oppilaiden tarkasteleminen samankaltaisessa tilanteessa ja heidän menestymisensä näkeminen vahvistaa minäpystyvyyttä ja uskoa omaankin onnistumiseen (Bandura, 1997; Kapp, 2012).

Tulokset tukevat kuitenkin aiempia tutkimuksia, joiden mukaan minäpystyvyys on tilannekohtainen ominaisuus, ei minäkuvaan vahvemmin liittyvä ominaisuus. Korkeamman lähtötason oppilailla alkutestin tulokset olivat jo minäpystyvyyden alkutestissä korkeita. Aiempien tutkimusten mukaan korkean minäpystyvyyden omaavat oppilaat menestyvät matematiikan opinnoissa paremmin kuin heikomman tason minäpystyvyyden omaavat (Pajares & Schunk, 2001). Oppilaan minäpystyvyyttä matematiikassa on Schunkin (2009) mukaan mahdollista parantaa oikeanlaisella tukemisella. Kuten aiemmin esitettiin, minäpystyvyys ei ole pysyvä käsitys (Bandura, 1997), voisivat oppilaan arviot osaamisestaan vahvistua myönteisten kokemusten myötä.

Oppimispelien suunnittelussa pelaajien minäpystyvyyteen on Kappin (2012) mukaan tärkeää kiinnittää erityistä huomiota, koska minäpystyvyyden on todettu lisäävän tavoitteisiin sitoutumista ja strategioiden hyödyntämistä sekä myönteisempää suhtautumista negatiiviseen palautteeseen. Pelien suunnittelussa olisi huomioitava, että kaikilla osaamistasoilla olisi mahdollista saavuttaa onnistumisen kokemuksia.

7.3 Tilannekohtaisen kiinnostuksen muutokset oppimispelissä

Tutkimuksessa selvitettiin matematiikan oppimispelin pelaamisen yhteyttä tilannekohtaisen kiinnostuksen muutokseen. Alkumittauksessa kiinnostus oli suurempaa kuin loppumittauksessa, mikä tukee aiempia tutkimuksia (esim. (Rodríguez-Aflecht ym., 2018). Koko otoksen osalta pelin yhteys tilannekohtaiseen kiinnostukseen oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ja efektikooltaan suuri. Tulokset osoittivat, että tasoryhmien väliset erot tilannekohtaisen kiinnostuksen muutoksessa eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Tilannekohtaisen kiinnostuksen laskemiseen saattoi vaikuttaa se, että kiinnostuksen loppumittaukset suoritettiin koronasulun takia kotona. Konteksti voi

vaikuttaa tilannekohtaiseen kiinnostukseen. Tietokoneen tai tablettien käyttäminen ei poikennut etäopintojen aikana juurikaan muusta koulutyöstä, koska lähes kaikki oppiminen tapahtui digitaalisten välineiden avulla. Kuten aiemmin todettiin, ei tilannekohtainen kiinnostus ehkä ole kuitenkaan pitkäaikaista, jos sen laukaisee vain pelin uutuudenviehätys (Chen ym., 2016; Rodríguez-Aflecht ym., 2018).

Tilannekohtaisen kiinnostuksen on havaittu heräävän uudessa oppimisympäristössä, jossa esimerkiksi tietokoneiden käyttö opiskeluvälineenä sinänsä laukaisee kiinnostuksen (Hidi & Renninger, 2006). Jos oppimisympäristö tarjoaa riittävästi haasteita ja mielenkiintoa ylläpitäviä virikkeitä, kiinnostus säilyy (Hidi & Renninger, 2006). Pelien sisällön vähitellen kasvavaan vaikeutumiseen tai haasteisiin tulisi kiinnittää huomiota tilannekohtaisen kiinnostuksen ylläpitämiseksi (Rodríguez-Aflecht, 2018). Pelin haastetason pitäisi kasvaa asteittain, jotta pelaaja ei menettäisi kiinnostusta peliin liian helppojen haasteiden takia (Kiili, 2005). Kuten aiemmin esitettiin, pelin uutuus saattaa laukaista tilannekohtaisen kiinnostuksen, mutta sen ylläpitämiseen tarvitaan vähitellen kasvavia haasteita ja kiinnostavaa sisältöä.

Vaikka kiinnostusteorioiden (esim. Hidi & Renninger, 2006) mukaan kiinnostuksella on tärkeä merkitys oppimisessa, on kiinnostuksen merkityksen tutkimus pelillisessä oppimisympäristössä jäänyt vielä vähäiseksi (Koskinen ym., 2022). Pelkkä teknologian käyttö opetuksessa ei Kiilin (2005) mukaan riitä motivoimaan koko elämänsä tekniikan keskellä eläneitä oppilaita. Oppilaiden tilannekohtaiseen kiinnostukseen kannattaa kiinnittää huomiota erityisesti matematiikan opiskelussa (Chen ym., 2016; Rodríguez-Aflecht, 2018).

7.4 Tutkimuksen rajoitukset ja jatkotutkimusaiheet

Tämä tutkimus antoi lupaavia tuloksia pelipohjaisen sovelluksen käyttämisestä murtolukujen suuruuden arviointitehtävissä. Tutkimus vahvistaa aiempia tutkimuksia, joiden mukaan digitaaliset oppimispelit tukevat käsitteellisen murtolukuymmärryksen kehittymistä. Tutkimuksen suurimpana rajoituksena oli tutkimuksen supistuminen aiottua lyhyemmäksi koronan keskeytettyä aineistonkeruun suunniteltua aiemmin. Suunniteltu lopputesti jäi suorittamatta ja loppumittauksena käytettiin yhtä pelikenttää eikä samaa selainpohjaista testiä kuin alkutestissä. Koska lopputestissä käytetty pelikenttä sisälsi tehtäviä vain lukusuoralla 0–1, niin

alkutestin vaativampia tehtäviä lukusuoralla ei voitu sisällyttää analyyseihin. Tehtävät olivat siten suunniteltua helpompia, mistä saattoi johtua kattovaikutus tuloksissa korkeamman lähtötason oppilaiden osalta.

Murtolukuosaamisen loppumittauksen heikko reliabiliteetti saattoi johtua siitä, että vastauksissa oli liian vähän hajontaa. Loppumittauksessa oli korkea arviointitarkkuus ja pieni keskihajonta. Tähtisen ja kollegoiden (2020) mukaan mittarin reliabiliteettiarvo saattaa olla alhainen, jos summamuuttujan kysymysten vastausarvoissa on liian vähän hajontaa. Loppumittauksen testinä käytettiin pelikenttää, jolloin oppilaiden pelikäyttäytymisensä saattoi olla erilaista, koska he eivät tieneet, että kyseessä oli testi. Joillakin oppilailla saattoi olla enemmän häiriötekijöitä kotona suoritettussa testissä.

Tutkimuksessa haluttiin välttää tiukkoja tulkintoja tutkittavien ilmiöiden ja tutkittavien välisten suhteiden olemassaoloa tai ei-olemassaoloa koskevissa johtopäätöksissä. Sen takia tutkimuksessa ei nojaututtu hypoteesien testaukseen perustuvaan tilastolliseen päättelyyn. Kuten Tähtinen ja kollegat (2020) toteavat, tilastolliseen päättelyyn perustuvat menetelmät ovat vain apuvälineitä tutkimuksessa, eivätkä täysin poista tilastolliseen päättelyyn liittyvää epävarmuutta. Siten päättelyistä ja tulkinnoista ei voida tehdä suoria johtopäätöksiä niiden yhteiskunnallisesta merkittävydestä. Myös pieni otoskoko antaa aihetta tulkita tuloksia varovaisesti yleistäen.

Kerätty aineisto minäpystyvyydestä ja tilannekohtaisesta kiinnostuksesta perustuivat subjektiiviseen, oppilaiden itsensä raportoimaan tietoon. Koska mittaukset suoritettiin pelin pelaamisen aikana, jolloin voidaan olettaa niiden vastaavan melko hyvin oppilaiden sen hetkisiä kokemuksia. Pelin sisään upotetut kysymykset pelikokemuksesta ylläpitävät oletettavasti oppilaiden pelisujuvuutta (Koskinen ym., 2022).

On kuitenkin huomioitava, että minäpystyvyyttä ja tilannekohtaista kiinnostusta kysyttäessä osoitin oli kysymyksen ilmestyessä peliin asteikon keskiarvossa 3,0. Oppilas siirsi nuolinäppäimillä osoitinta halutessaan alle tai yli keskiarvon. Osassa vastauksista osoitin jäi arvon 3,0 kohdalle, eli oppilaat eivät olleet siirtäneet osoitinta kumpaankaan suuntaan. Kuitenkin vain neljä oppilasta oli siirtynyt pelissä eteenpäin siirtämättä osoitinta kummassakaan minäpystyvyyden mittauksessa. Kaikki oppilaat olivat siirtäneet tilannekohtaista kiinnostusta ilmaisevaa osoitinta edes jossakin mittauksessa.

Koronan aiheuttamien poikkeusolojen aikana oli oppilaille digitaalisten alustojen kautta opiskelu normaalia, jokapäiväistä koulutyötä, ei vaihtelua perinteiseen luokkahuonetyöskentelyyn. Pelin uutuudenviehätys saattoi olla vähäisempää kuin normaaliolojen aikana. Tutkimuksen tulokset saattaisivat erota sekä oppimistulosten, että minäpystyvyyden että tilannekohtaisen kiinnostuksen osalta, jos koko tutkimus suoritettaisiin koulussa. Koska osa testeistä suoritettiin kotona, saattoi se vaikuttaa myös katoon ja siten vääristää sen osalta tuloksia.

Tilannekohtaisen kiinnostuksen heräämiseen saattoi vaikuttaa matemaattisen sisällön lisäksi uutuudenviehätys ja vaihtelu opetusmenetelmissä. Kuten Chen ja kollegat (2016) esittävät, virtuaaliympäristöt kuten oppimispelit voivat sinällään toimia kiinnostuksen herättäjinä. Vaikka kiinnostuksen kehittymisestä on teoriatietoa ja mallinnuksia (Hidi & Renninger, 2006), tarvittaisiin lisää tutkimusta tilannekohtaisen kiinnostuksen herättämiseen.

Tilannekohtaisen kiinnostuksen kehittymistä mahdollisesti pysyvämmäksi henkilökohtaiseksi kiinnostukseksi olisi digitaalisilla oppimispeleillä mahdollista tutkia pitkittäistutkimuksilla. Kuten aiemmin esitettiin (Hidi & Renninger, 2006), saattaa kiinnostus kehittyä, jäädä ennalleen tai jopa kadota kokonaan ilman tukea tai vahvistamista. Tehtävät täytyy suunnitella riittävän haasteellisiksi, mutta ei liian vaikeiksi. Oppilaalla täytyisi olla mahdollisuus edetä pelissä tai harjoituksissa oikea-aikaisen tuen avulla (Plass ym., 2015), jotta kiinnostus pysyisi yllä tai kasvaisi. Pelissä tulisi olla riittävästi vaihtelua ja uusia peliominaisuuksia tulisi aueta pelin edetessä.

Oppilaat pelasit matematiikkapeliä itsenäisesti, jolloin heillä ei ollut tilaisuutta verrata tuloksiaan toisiin oppilaisiin. Olisi mielenkiintoista havainnoida aihetta myös ryhmädynamiikan kautta, koska motivaatiotutkimuksissa yhtenä ulottuvuutena tilannekohtaisen kiinnostuksen kehittymisessä katsotaan olevan sosiaalinen yhteys vertaisryhmään (esim. Niemivirta ym., 2013). Kilpailutilanteella on todettu olevan vaikutusta myös minäpystyvyyteen (Bandura, 1997; Kapp, 2012). Muiden, erityisesti samalla tasolla olevien, pelaajien onnistumisten näkeminen on minäpystyvyyteen vaikuttava tekijä (Kapp, 2012).

Oppimispelit ovatkin erinomainen alusta tilannekohtaisen motivaation tutkimukseen, koska minäpystyvyyden ja tilannekohtaisen kiinnostuksen mittarit voidaan upottaa peliin lähes suoritusta häiritsemättä. Kuten aiemmin todettiin,

digitaalisten tekniikoiden soveltaminen ja hyödyntäminen helpottaa tilannekohtaisen motivaation tutkimusta (Salmela-Aro, 2018). Tarvetta olisi selvittää systemaattisesti yksityiskohtaisilla kokeellisilla tutkimuksilla, mitkä oppimispelien ominaisuudet ovat tehokkaimpia oppisen tukemisessa (Boyle ym., 2016).

Tutkimuksessa ei tarkasteltu oppimistuloksia eikä minäpystyvyyden tai tilannekohtaisen kiinnostuksen muutoksia sukupuolten välillä. Tulevissa tutkimuksissa voitaisiin tarkastella, onko sukupuolella yhteyttä erityisesti minäpystyvyyden ja tilannekohtaisen kiinnostuksen muutoksiin. Erityinen haasteensa on Aunolan ja Nurmen (2018) mukaan tyttöjen kiinnostuksen ylläpitäminen matematiikan osalta. Tyttöillä on heikompi minäkuva itsestään matematiikan osaajina, vaikka he eivät eroa juurikaan pojista matematiikan taidoissa (Aunola & Nurmi, 2018). Sen sijaan Lukinin (2013) motivaatiotekijöitä tarkastelevassa tutkimuksessa sukupuolella ei todettu olevan yhteyttä minäpystyvyyteen matematiikan opiskelussa. Jatkossa olisikin tärkeää vahvistaa tutkimusta sukupuolen yhteydestä motivationaalisiin tekijöihin matematiikan oppimispelissä.

Jatkotutkimuksissa voitaisiin pelin oppimisvaikutusta tarkastella viivästeilyillä lopputesteillä ja pitkittäistutkimuksella myös pidemmältä aikaväliltä. Tulevia tutkimuksia suunnitellessa voisi pelin tuottaman oppimisvaikutuksen tarkastelussa käyttää myös kontrolliryhmää, jolloin kontrolloitaisiin pelin opetusvaikutus.

7.5 Tutkimuksen eettisyys ja luotettavuus

Kaikissa tutkimuksen teon vaiheissa tulee noudattaa hyvän tieteellisen käytännön mukaisia periaatteita (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara, 2007; TENK, 2012). Tutkimuksessa täytyy huomioida monia eettisiä kysymyksiä, jotka tutkijan on otettava tarkasti huomioon niin aineiston keräämisessä, analysoimisessa, raportoinnissa kuin säilyttämisessäkin (Hirsjärvi ym., 2007). Tässä tutkimuksessa käytettiin valmista aineistoa, joka oli osa Kasvava Mieli (Growing Mind, 2020) tutkimushanketta. Tutkimuksen aineiston kerääminen ja siihen liittyvät valinnat on suoritettu muiden tutkijoiden toimesta.

Kaikki aktiviteetit olivat opetussuunnitelman mukaisia ja ne toteutettiin osana normaalia koulutyötä. Osallistuminen tutkimukseen oli oppilaille vapaaeh-

toista. Oppilailla oli mahdollisuus halutessaan keskeyttää osallistuminen tutkimukseen koska tahansa. Osallistuminen tutkimukseen ei vaikuttanut oppilaiden arvosanaan. Tutkimuslupa ja tutkimussuostumukset oli hankittu oppilaiden (N = 65) osalta. Suostumus tutkimukseen osallistumisesta saatiin tutkimukseen osallistuneilta oppilailta ja heidän vanhemmiltaan suostumislomakkeella. Suostumuslomakkeessa kerrottiin esimerkiksi tutkimuksen tavoitteista, aineistonkeruusta ja -käsittelystä ja siitä, että opettajalla olisi mahdollisuus hyödyntää pelidataa ryhmän tai yksittäisen oppilaan oppimisen tukemiseen.

Tutkimukseen osallistuneiden oppilaiden henkilötiedot pseudonymisoitiin eli käsiteltiin siten, että henkilötietoja ei voi yhdistää tiettyyn oppilaaseen ilman lisätietoja. Aineiston hankinnan toteuttaneet tutkijat koodasivat oppilaiden henkilötiedot tutkimusaineistoon sellaiseen muotoon, josta tietoja ei voi yhdistää tiettyyn henkilöön ilman koodiavainta. Tässä tutkimuksessa käytetyssä aineistossa ei ollut koodiavainta mukana oppilaiden henkilötietoihin.

Tutkimuksessa käytettiin Game Lab palvelun ohjelmistoja ja digitaalisia alustoja, joiden käytöstä, henkilötietojen keräyksestä, niiden käsittelystä ja käsittelyn tarkoituksesta noudatetaan EU:n yleisen tietosuojasetuksen ja tietosuojalain mukaisen tietosuojaselosteen määräyksiä (Tampereen yliopisto, 2019). Aineiston hankinnassa käytettiin verkkoalustalla toimivaa pelillistä sovellusta, jonka immateriaalioikeuksista, tekijänoikeuksista ja muista käyttöoikeuksista täytyi ottaa tarkasti huomioon juridiset ja lainsäädännölliset seikat. Teknisillä aloilla immateriaalioikeus tarkoittaa esimerkiksi tieteelle ja tekniikalle, tavaramerkille ja muille tunnusmerkeille annettavaa suojaa (Kuula, 2011).

Kaikki tutkimuksessa kerätyt tiedot käsiteltiin luottamuksellisesti. Mittauksissa ja pelissä kerätyt tiedot tallennettiin ilman oppilaan nimeä Tampereen Gamelab -palvelimelle, jonka tietosuojaseloste löytyy osoitteesta <https://webpages.tuni.fi/gamelab/?b=0&d=prvcplcy&l=2>. Tutkimuksen aineistoa säilytetään Tampereen yliopiston tiloissa. Tutkimustulosten raportoinnista ei voi tunnistaa yksittäistä vastaajaa, luokkaa tai koulua.

Aineiston keräämisen ja säilyttämisen lisäksi myös kaikissa muissa tutkimuksen teon vaiheissa noudatettiin hyvää tieteellistä käytäntöä. Sain muiden tutkijoiden keräämän aineiston Excel- muotoisena tiedostona, jonka siirsin SPSS -havaintotiedostoksi aineiston analysoitavaksi tilastollisin menetelmin. Soveltuvat analyysimenetelmät valitsin otoksen koon ja jakautuneisuuden mukaan sekä

tutkimuskysymyksiin soveltuen. Aineiston käsittelyn vaiheet tarkistin virheiden välttämiseksi useaan kertaan.

Tutkimuksen kulku ja tutkimusmenetelmät olen pyrkinyt kuvaamaan mahdollisimman tarkasti raportoinnin luotettavuuden vahvistamiseksi. Vaikka tutkimuskysymykset eivät sisällä ennalta määriteltyjä hypoteeseja, tarkastellaan tutkimustuloksia kuitenkin aiempaan teoriaan peilaten ja sitä kautta teoriaa edelleen kehittäen.

7.6 Johtopäätöksiä

Motivaatio on tärkeä edellytys oppimiselle. Motivaation merkitys koulutuksessa tulee Salmela-Aron (2018) mukaan yhä korostumaan tulevaisuudessa, jolloin tarvitaan taitoa työskennellä yhteistyössä muiden kanssa näkemyseroista huolimatta, kykyä sietää haasteita ja epävarmuutta sekä tunnistaa mahdollisuuksia isojen, viheliäistenkin haasteiden ratkaisuun.

Oppimispelien sisäiset kannustinjärjestelmät motivoivat ja ylläpitävät oppilaiden kiinnostusta yllä (Plass ym., 2015). Motivaatio onkin usein peleihin liitetty ominaisuus, jos tarkastellaan oppilaiden sitoutumista pelaamiseen pitkiksi ajoiksi. Lehtisen ja kollegoiden (2014) mukaan motivaation ja oppimistulosten parantaminen matematiikan opetuksessa opetuspelien avulla ei kuitenkaan ole yksiselitteistä, vaikka empiiriset tutkimukset tukevatkin matematiikkapelien hyötyjä oppimisessa. Opetuksessa käytettävien matematiikkapelien suunnittelussa tulisi heidän mukaansa analysoida ja soveltaa oppimiseen kohdistuvaa perustutkimusta kyseisen matemaattisen sisällön osalta. Lisäksi oppimispelien integroiminen opetukseen tulisi valjastaa osaksi koulujen tavanomaisia opetuskäytänteitä (Lehtinen ym., 2014).

Oppimispelien suunnittelijoiden tulee huomioida sekä pelaamisen nautinnollisuus että pedagogiset tavoitteet (Kiili, 2006). Opetuksessa käytettäville menetelmille ja toteutuksille sekä opetukseen liittyviin ratkaisuihin tulee olla pedagogiset perusteet. Pelkän pelillisen dynamiikan sisällyttäminen opetusaineistoon ei kuitenkaan väistämättä tee sisällöstä mielenkiintoista oppilaille, joilla ei ole lainkaan kiinnostusta itse aiheeseen (Rodríguez-Aflecht ym., 2015).

Koska murtolukujen oppiminen on yksi matematiikan oppimisen haastavimmista ongelmista, (Kiili ym., 2018), uusia opetusmenetelmiä tarvitaan. Kuten

aiemmin todettiin, digitaaliset oppimispelit tukevat murtolukujen oppimista, jos ne on suunniteltu oikein (Kiili ym., 2018). Harjoittelemalla murtolukujen sijoittamista lukusuoralle oppimispelissä voidaan vahvistaa oppilaiden murtolukujen suuruuden ymmärtämistä. Pelillisessä oppimisympäristössä oppilailla on mahdollisuus rohkaistua harjoittelemaan ja kokeilemaan matematiikan tehtäviä ilman epäonnistumisen pelkoa (Kärki ym., 2021; Plass ym., 2015). Oppimispelin rakenne mahdollistaa kokeilemaan turvallisesti rohkeampia ratkaisuvaihtoehtoja myös osaamistaan epäilevien oppilaiden osalta. Harjoittelemalla murtolukujen sijoittamista lukusuoralle vahvistetaan oppilaiden murtolukujen suuruuden ymmärtämistä.

Koronaepidemian aikaiset etäopiskelut pakottivat ottamaan uusia verkko-pohjaisia opetusmenetelmiä osaksi jokapäiväistä koulunkäyntiä. Koska pelien ominaisuuksien on todettu olevat motivoivia ja siten kiinnostusta herättäviä ja ylläpitäviä, tarjoavat oppimispelit murtolukujen oppimiseen kiinnostusta vahvistavan alustan. Pelillisen oppimisen keinoja voisi hyödyntää kouluissa myös lähiopetuksessa etäopiskelussa jo tutuksi tulleiden käytänteiden kautta. Haasteena olisi tehdä oppimispelistä niin kiinnostavia, että oppilaat pelaisivat niitä myös omaehtoisesti ilman opettajan tai vanhempien ohjausta.

Yhteenvetona voidaan todeta, että Number Trace -oppimispeli paransi oppilaiden murtolukuosaamista, mutta sekä minäpystyvyys että tilannekohtainen kiinnostus vähentyivät oppimispelissä. On kuitenkin huomioitava, tutkimus keskeytyi aiottua aiemmin koronaepidemian takia, jolloin tutkimuksen loppuosa suoritettiin kotona. Myös otosmäärä oli aiottua pienempi, mikä täytyy ottaa huomioon tuloksia tulkittaessa ja yleistettäessä. Tutkimus kuitenkin vahvistaa aiempia tutkimuksia oppimispelien hyödyistä käsitteellisen murtolukuymmärryksen tukemisessa. Minäpystyvyyden ja tilannekohtaisen kiinnostuksen vähentyminen osoittaa, että lisää tutkimusta tarvitaan pelin sisällöllisen rakenteen ja kiinnostavuuden vahvistamiseksi.

LÄHTEET

- Aunola, K., & Nurmi, J.-E. (2018). Matemaattisten taitojen kehitys kouluikässä. Teoksessa J. Joutsenlahti, H. Silfverberg & P. Räsänen (toim.), *Matematiikan opetus ja oppiminen* (1. painos, s. 54–68). Niilo Mäki Instituutti.
- Bandura, A. (1997). Exercise of personal and collective efficacy in changing societies. Teoksessa A. Bandura (toim.), *Self-efficacy in changing societies* (1. painos, s. 1–45). Cambridge University Press.
- Bandura, A. (2001). Social cognitive theory: An agentic perspective. *Annual Review of Psychology*, 52(1), 1–26.
<https://doi.org/10.1146/annurev.psych.52.1.1>
- Boyle, E. A., Hainey, T., Connolly, T. M., Gray, G., Earp, J., Ott, M., Lim, T., Ninaus, M., Ribeiro, C., & Pereira, J. (2016). An update to the systematic literature review of empirical evidence of the impacts and outcomes of computer games and serious games. *Computers and Education*, 94, 178–192. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.11.003>
- Byun, J., & Joung, E. (2018). Digital game-based learning for K–12 mathematics education: A meta-analysis. *School Science and Mathematics*, 118(3–4), 113–126. <https://doi.org/10.1111/ssm.12271>
- Chen, J. A., Tutwiler, M. S., Metcalf, S. J., Kamarainen, A., Grotzer, T., & Dede, C. (2016). A multi-user virtual environment to support students' self-efficacy and interest in science: A latent growth model analysis. *Learning and Instruction*, 41, 11–22.
<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2015.09.007>
- Clark, D. B., Tanner-Smith, E. E., & Killingsworth, S.S. (2016). Digital Games, Design, and Learning: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 86(1), 79–122.
<https://doi.org/10.3102/0034654315582065>

- Fazio, L. K., Kennedy, C. A., & Siegler, R. S. (2016). Improving Children's Knowledge of Fraction Magnitudes. *PloS One*, 11(10), e0165243–e0165243. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165243>
- Fritz, C. O, Morris, P. E., & Richler, J. J. (2012). Effect Size Estimates: Current Use, Calculations, and Interpretation. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(1), 2–18. <https://doi.org/10.1037/a0026092>
- Growing Mind. (2020). https://growingmind.fi/wp-content/uploads/2019/01/Growing-mind-tietosuojailmoitus_19.12.2018.pdf
- Hakkarainen, K., Lonka, K., & Lipponen, L. (2008). *Tutkiva oppiminen: järki, tunteet ja kulttuuri oppimisen sytyttäjinä* (6.–8. painos). Porvoo: WSOY.
- Hidi, S. (2006). Interest: A unique motivational variable. *Educational Research Review*, 1(2), 69–82. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2006.09.001>
- Hidi, S., & Renninger, K. A. (2006). The Four-Phase Model of Interest Development. *Educational Psychologist*, 41(2), 111–127. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_4
- Hirsjärvi, S., Remes, P., & Sajavaara, P. (2007). *Tutki ja kirjoita* (13. osin uudistettu laitos.). Helsinki: Tammi.
- Hirvonen, R. (2013). Näkökulmia motivaation ja itsesäätelyn merkitykseen oppimisessa. *Kasvatus: Suomen kasvatustieteellinen aikakauskirja* 44(5), 569–572. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:ELE-1614833>
- Juuti, K. & Lavonen, J. (2018). Opettaja voi tukea oppilaan kiinnostuksen kehittymistä. Teoksessa K. Salmela-Aro (toim.), *Motivaatio ja oppiminen* (s. 197–210). Jyväskylä: PS-kustannus.
- Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education*. Pfeiffer.
- Ketamo, H. (2014). Opettamalla oppii: Pelit osana koulutyöskentelyä. Teoksessa H. Niemi & J. Multisilta (toim.), *Rajaton luokkahuone* (s. 253–269). Jyväskylä: PS-kustannus.
- Ketamo, H., Koivisto, V.-P., & Koivisto, A. (2014). *SmartKid Maths – Motivaation oppimiseen opettamalla*. Teoksessa L. Krokfors, M. Kangas & K. Kopisto (toim.), *Oppiminen pelissä: Pelit, pelillisyyys ja leikillisyyys opetuksessa* (s. 244–252). Tampere: Vastapaino.

- Kiili, K. (2005). Digital game-based learning: Towards an experiential gaming model. *The Internet and Higher Education*, 8(1), 13–24.
<https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2004.12.001>
- Kiili, K. (2006). Evaluations of an Experiential Gaming Model. *Human Technology*, 2(2), 187–201. <https://doi.org/10.17011/ht/urn.2006518>
- Kiili, K., & Ketamo, H. (2018). Evaluating Cognitive and Affective Outcomes of a Digital Game-Based Math Test. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 11(2), 255–263. <https://doi.org/10.1109/TLT.2017.2687458>
- Kiili, K., Moeller, K., & Ninaus, M. (2018). Evaluating the effectiveness of a game-based rational number training - In-game metrics as learning indicators. *Computers and Education*, (120), 13–28.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.01.012>
- Kinnunen, J., Lilja, P., & Mäyrä, F. (2018). *Pelaajabarometri 2018: Monimuotoistuva mobiilipelaaminen*. Tampereen yliopisto.
<https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-0870-4>
- Kinnunen, J., Taskinen, K., & Mäyrä, F. (2020). *Pelaajabarometri 2020: Pelaamista koronan aikaan*. Tampereen yliopisto.
<https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-1786-7>
- Kivelä, S. K. (2005). M niin kuin matematiikka. Lukiotason matematiikan tietosanakirja. Versio 1.12 / 10.8.2000.
<https://matta.hut.fi/matta/isom/isom.pdf>
- Koskimaa, R., & Välisalo, T. (2022). Kulttuurin leikillistyminen ja pelillistyminen. Teoksessa U. Friman, J. Arjoranta, J. Kinnunen, K. Heljakka & J. Stenros (toim.), *Pelit kulttuurina* (s. 243–264). Tampere: Vastapaino. ISBN: 978-951-768-972-4
- Koskinen, A., Kangas, M., & Krokfors, L. (2014). Oppimispelien tutkimus pedagogisesta näkökulmasta. Teoksessa L. Krokfors, M. Kangas & K. Kopisto (toim.), *Oppiminen pelissä: Pelit, pelillisuus ja leikillisuus opetuksessa* (s. 23–37). Tampere: Vastapaino.
- Koskinen, A., McMullen, J., Halme, H., Hannula-Sormunen, M., Ninaus, M., & Kiili, K. (2022). Kongressijulkaisu. *The role of situational interest in game-based learning*. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202207045968>

- Krapp, A. (2007). An educational–psychological conceptualization of interest. *International Journal for Educational and Vocational Guidance*, 7(1), 5–21. <https://doi.org/10.1007/s10775-007-9113-9>
- Kupari, P., & Hiltunen, J. (2018). Matemaattiset taidot kansainvälisten arviointitutkimusten valossa. Teoksessa J. Joutsenlahti, H. Silfverberg & P. Räsänen (toim.), *Matematiikan opetus ja oppiminen* (1. painos, s. 16–52). Niilo Mäki Instituutti.
- Kuula, A. (2011). Tutkimusetiikka: Aineistojen hankinta, käyttö ja säilytys (2. uudistettu painos). Tampere: Vastapaino.
- Kärki, T., McMullen, J., Halme, H., Määttä, S., Lehtinen, E., & Hannula-Sormunen, M. (2021). Pelaamalla kohti rationaalilukukäsitettä. *Psykologia* 56(6), 567–583.
- Lehtinen, E., Lehtinen, H., & Brezovsky, B. (2014). Matematiikka pelissä. Teoksessa L. Krokfors, M. Kangas & K. Kopisto (toim.), *Oppiminen pelissä Pelit, pelillisuus ja leikillisuus opetuksessa* (s. 35–55). Tampere: Vastapaino.
- Lehtinen, E., Vauras, M., & Lerkkanen, M.-K. (2016). *Kasvatuspsykologia* (3. uudistettu painos). Jyväskylä: PS-kustannus.
- Lukin, T. (2013). *Motivaatio matematiikan opiskelussa: seurantatutkimus motivaatiotekijöistä ja niiden välisistä yhteyksistä yläkoulun aikana*. [Väitöskirja, Itä-Suomen yliopisto]. eRepo. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-61-1263-3>
- LukiMat. (2019). Ekapeli-Matikka. Haettu 6.9.2022 osoitteesta <http://www.lukimat.fi/matematiikka/materiaalit/Tietokoneohjelmat/ekapeli-matikka>
- Masek, M., Boston, J., Lam, C. P., & Corcoran, S. (2017). Improving mastery of fractions by blending video games into the Math classroom. *Journal of Computer Assisted Learning*, 33(5), 486–499. <https://doi.org/10.1111/jcal.12194>
- McLaren, B. M., Adams, D. M., Mayer, R. E., & Forlizzi, J. (2017). A Computer-Based Game that Promotes Mathematics Learning More than a Conventional Approach. *International Journal of Game-Based Learning*, 7(1), 36–56. <https://doi.org/10.4018/ijgbl.2017010103>

- Mayer, R. E. (2014). *Computer Games for Learning: An Evidence-Based Approach*. MIT Press.
- Mayer, R. E. (2019). Computer Games in Education. *Annual Review of Psychology*, 70(1), 531–549. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-102744>
- Mononen, R., Aunio, P., Väisänen, E., Korhonen, J., & Tapola, A. (2017). *Matemaattiset oppimisvaikeudet*. Jyväskylä: PS-kustannus.
- Mäyrä, F. (2022). Pelikulttuurien tutkimuksen historiaa. Teoksessa U. Friman, J. Arjoranta, J. Kinnunen, K. Heljakka & J. Stenros (toim.), *Pelit kulttuurina* (s. 35–61). Tampere: Vastapaino.
- Niemivirta, M., Pulkka, A-T., Tapola, A., & Tuominen-Soini, H. (2013). Tavoiteorientaatioprofiilit ja niiden yhteys tilannekohtaiseen motivaatioon ja päättelytehtävissä suoriutumiseen. *Kasvatus*, 44(5), 533–547. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:ELE-1614826>
- Ninaus, M., Kiili, K., McMullen, J., & Moeller, K. (2017). Assessing fraction knowledge by a digital game. *Computers in Human Behavior*, (70), 197–206. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.004>
- Nummenmaa, L. (2004). *Käyttäytymistieteiden tilastolliset menetelmät*. Helsinki: Tammi.
- Nummenmaa, L. (2005). Efektikoko psykologisessa tutkimuksessa. *Psykologia*, 40(5-6), 559–567.
- Nummenmaa, L. (2021). *Tilastotieteen käsikirja*. Helsinki: Tammi.
- Nurmi, J-E. (2013). Motivaation merkitys oppimisessa. *Kasvatus: Suomen kasvatustieteellinen aikakauskirja*, 44(5), 548–554. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:ELE-1614827>
- Nurmi, J.-E. & Salmela-Aro, K. (2017). Johdanto. Teoksessa *Mikä meitä liikuttaa: motivaatiopsykologian perusteet* (3. täysin uudistettu painos). Jyväskylä: PS-kustannus.
- Opetushallitus. (2014). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014*. https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2014.pdf

- Pajares, F., & Miller, M. D. (1994). Role of Self-Efficacy and Self-Concept Beliefs in Mathematical Problem Solving: A Path Analysis. *Journal of Educational Psychology*, 86(2), 193–203. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.86.2.193>
- Pajares, F., & Schunk, D. H. (2001). Self-beliefs and school success: self-efficacy, self-concept, and school achievement. Teoksessa R. Riding & S. Rayner (toim.), *Self Perception* (s. 239–266). Westport: Greenwood Publishing Group.
<https://ebookcentral.proquest.com/lib/tampere/detail.action?docID=268999>
- Pajares, F. (2008). Motivational role of self-efficacy beliefs in self-regulated learning. Teoksessa D. H. Schunk & B. J. Zimmerman (toim.), *Motivation and Self-Regulated Learning: Theory, Research, and Applications* (s. 111–139). <https://doi.org/10.4324/9780203831076>
- Pakalén, J. (2016). Digitaalisten oppimispelien kehitys ja hyödyntäminen kouluopetuksessa. Raportissa Mäkinen, E. (toim.), *Tietojenkäsittelytieteellisiä tutkielmia: Kevät 2016*, (s. 74–99). Tampereen yliopisto: Informaatitieteiden yksikön raportteja 44/2016.
<https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-0160-6>
- Plass, J. L., Homer, B. D., & Kinzer, C. K. (2015). Foundations of Game-Based Learning. *Educational Psychologist*, 50(4), 258–283.
<https://doi.org/10.1080/00461520.2015.1122533>
- Plass, J. L., & Pawar, S. (2020). Toward a taxonomy of adaptivity for learning. *Journal of Research on Technology in Education*, 52(3), 275–300.
<https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1719943>
- Peltonen, M., & Ruohotie, P. (1992). Oppimismotivaatio: teoriaa, tutkimuksia ja esimerkkejä oppimishalukkuudesta. Helsinki: Otava.
- Repo, S. (1998). Matemaattisen käsitteen konstruoiminen symbolilaskennan ohjelman avulla. Teoksessa P. Räsänen, P. Kupari, T. Ahonen & P. Malinen (toim.), *Matematiikka: näkökulmia opettamiseen ja oppimiseen* (2. painos, s. 316–335). Jyväskylä: Niilo Mäki Instituutti.
- Riconscente, M. M. (2013). Results from a controlled study of the iPad fractions game Motion Math. *Games and Culture*, 8(4), 186–214.
<https://doi.org/10.1177/1555412013496894>

- Rodríguez-Aflecht, G., Brezovszky, B., Pongsakdi, N., Jaakkola, T., Hannula-Sormunen, M. M., McMullen, J., & Lehtinen, E. (2015). Number Navigation Game (NNG): Experience and Motivational Effects. In *Describing and Studying Domain-Specific Serious Games*, 171–189. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-20276-1_11
- Rodríguez-Aflecht, G., Jaakkola, T., Pongsakdi, N., Hannula-Sormunen, M., Brezovszky, B., & Lehtinen, E. (2018). The development of situational interest during a digital mathematics game. *Journal of Computer Assisted Learning*, 34(3), 259–268. <https://doi.org/10.1111/jcal.12239>
- Ronimus, M. (2012). Digitaalisen oppimispelin motivoivuus: havainnot Ekapeliä pelanneista lapsista. [Väitöskirja, Jyväskylän yliopisto]. Jyväskylä studies in education, psychology and social research, 437. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-39-4721-7>
- Ruohotie, P. (1998). *Motivaatio, tahto ja oppiminen*. Helsinki: Oy Edita Ab.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2017). Self-determination theory: Basic psychological needs in motivation, development, and wellness. New York: The Guilford Press.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 54–67. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1020>
- Salen, K. & Zimmerman, E. (2004). *Rules of play : game design fundamentals*. Cambridge (Mass.): MIT Press.
- Salmela-Aro, K. (2018). Motivaatio ja oppiminen kulkevat käsi kädessä. Teoksessa Salmela-Aro (toim.), *Motivaatio ja oppiminen* (s. 9–22). Jyväskylä: PS-kustannus.
- Schunk, D. H. (1991). Self-Efficacy and Academic Motivation. *Educational Psychologist*, 26(3-4), 207–231. <https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653133>
- Schunk, D. (2009). *Learning theories: an educational perspective* (5. painos). Upper Saddle River (N.J.): Pearson Prentice Hall.
- Silfverberg, H. (2018). Tieto- ja viestintäteknikka matematiikan oppimisessa. Teoksessa J. Joutsenlahti, H. Silfverberg & P. Räsänen (toim.), *Matematiikan opetus ja oppiminen* (1. painos, s. 394–409). Niilo Mäki Instituutti.

- Silfverberg, H., & Tuominen, A. (2015). Murtoluvun ja lukusuoran pisteen välinen vastaavuus - tyypillisimpiä virheitä luokanopettajaopiskelijoiden suorituksissa. Julkaisussa H. Silfverberg & P. Hästö (toim.), *Matematiikan ja luonnontieteiden opetuksen tutkimusseuran tutkimuspäivät 2015* (s. 133–142). Turku: Matematiikan ja luonnontieteiden opetuksen tutkimusseura r.y.
- http://www.protsv.fi/mlseura/julkaisut/MALU2015_Final.pdf
- Siljander, P. (2014). Systemaattinen johdatus kasvatustieteeseen: peruskäsitteet ja pääsuuntauukset ([Uud. p.]). Tampere: Vastapaino.
- Tampereen yliopisto. (2019). *Game Lab tietosuojaseloste*.
- <https://www.tut.fi/gamelab/?b=0&l=2&d=prvcplcy&rst=0>
- TENK. (2012). Tutkimuseettinen neuvottelukunta. *Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa*. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje. Haettu osoitteesta
- https://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf
- Tuominen, A. (2021). Interventiotutkimus kolmasluokkalaisten murtolukujen oppimisesta: "Ylhäällä olevat vaan plussataan". *Psykologia* 56(6), 622 – 626.
- Tähtinen, J., Laakkonen, E., & Broberg, M. (2020). *Tilastollisen aineiston käsittelyn ja tulkinnan perusteita* (2. uudistettu painos). Turku: Turun yliopiston kasvatustieteiden laitos.
- Vuorio, J. (2020). *Digitaalisen oppimisen ja koulutuksen tutkimus Suomessa: Digikilta-selvitys 2020*. [Tekninen raportti]. Tampereen yliopisto: Informaatioteknologian ja viestinnän tiedekunta. Haettu 18.3.2020.
- <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-1476-7>
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89–100.
- <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x>
- Wouters, P., van Nimwegen, C., van Oostendorp, H., & van der Spek, E. D. (2013). A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *Journal of Educational Psychology*, 105(2), 249–265.
- <https://doi.org/10.1037/a0031311>

- Wouters, P., & van Oostendorp, H. (2013). A meta-analytic review of the role of instructional support in game-based learning. *Computers and Education*, 60(1), 412–425. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.07.018>
- Young, M. F., Slota, S., Cutter, A. B., Jalette, G., Mullin, G., Lai, B., Simeoni, Z., Tran, M., & Yukhymenko, M. (2012). Our Princess Is in Another Castle: A Review of Trends in Serious Gaming for Education. *Review of Educational Research*, 82(1), 61–89. <https://doi.org/10.3102/0034654312436980>
- Zimmermann, B. (2000). Self-Efficacy: An Essential Motive to Learn. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 82–91. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1016>