

Kun laskeminen ahdistaa – pelillinen oppimisympäristö minäpystyvyyden ja toimijuuden ehtojen uudelleenjärjestäjänä

matematiikka-ahdistus, minäpystyvyys, pelillinen oppimisympäristö, virhelogiikka, tunnekulttuuri, palaute ja arviointi

Jenni Huhtasalo

jenni.huhtasalo [a] samk.fi

Erikoistutkija, D.Soc.Sc.

RoboAI-tutkimuskeskus, RoboAI Health

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Mirka Leino

mirka.leino [a] samk.fi

Tutkijayliopettaja, johtava tutkija, DSc (Tech)

RoboAI- tutkimuskeskus

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Viittaaminen: Huhtasalo, Jenni & Mirka Leino. 2026. ”Kun laskeminen ahdistaa – pelillinen oppimisympäristö minäpystyvyyden ja toimijuuden ehtojen uudelleenjärjestäjänä”. *WiderScreen Ajankohtaista*. <https://widerscreen.fi/numerot/ajankohtaista/kun-laskeminen-ahdistaa--pelillinen-oppimisymparisto-minapystyvyyden-ja-toimijuuden-ehtojen-uudelleenjarjestajana/>

Tässä tutkimuskatsauksessa tarkastellaan, miten digitaalinen oppimispeli voi muokata matematiikan oppimisen ehtoja tavalla, joka tukee minäpystyvyyttä ja lieventää matematiikka-ahdistusta. Lähtökohtana on jännite perinteisen koulumatematiikan arviointikäytäntöjen ja pelikulttuurille tyypillisen ”virhelogiikan” välillä: luokkahuoneessa virhe kytkeytyy helposti julkiseen arviointiin, vertailuun ja ajallisesti rajattuihin suorituksiin, kun taas pelissä epäonnistuminen kuuluu iteratiiviseen etenemiseen ja tarjoaa informaatiota seuraavaa yritystä varten. Artikkelinä lähestyy pelillistä oppimisympäristöä kulttuurisena ja institutionaalisena käytäntönä, joka tekee näkyväksi matematiikan opetuksen tunnekulttuurin ja toimijuuden ehdot. MathifyMe-hankkeen pelisuunnittelu toimii artikkelissa tapausesimerkkinä siitä, miten palautteen välittömyys, adaptiivinen vaikeustaso, turvallinen uudelleenyritys, tarinallisuus, yhteistyöllisyys ja ei-kilpailullinen eteneminen voivat rakentaa toistuvia hallinnan kokemuksia. Näin pelillisyyttä ei näyttyä pelkkänä motivaatiokeinona, vaan oppimisen tunnesuhteita ja arvioinnin logiikkaa uudelleen jäsentävänä käytäntönä, joka voi avata tilaa toisenlaisille matematiikan oppimisen kokemuksille.

Johdanto

Digitaalinen kulttuuri on muokannut oppimisen tiloja, rytmejä ja käytäntöjä tavalla, joka haastaa perinteisen käsityksen oppimisesta institutionaalsiin ympäristöihin, kuten luokkahuoneeseen, rajautuvana toimintana. Oppiminen ei enää sijoitu yksinomaan fyysiseen opetustilaan, vaan rakentuu yhä useammin moninaisissa digitaalisissa ympäristöissä, joissa pelit, sovellukset ja vuorovaikutteiset mediat mahdollistavat kokeilun, epäonnistumisen ja uudelleen yrittämisen osana arjen käytäntöjä (Sefton-Green et al. 2016; Kumpulainen et al. 2020). Muutos ei koske ainoastaan oppimisen paikkaa, vaan sitä, miten oppimisen ajallisuus ja näkyväksi tekemisen muodot jäsentyvät uudelleen.

Kun oppimisen kontekstit moninaistuvat, muuttuvat myös onnistumisen ja epäonnistumisen kokemukset ja niihin liitetyt affektiiviset merkitykset. Erityisen näkyväksi tämä muutos tulee virheen merkityksessä. Esimerkiksi perinteisessä luokkahuoneessa opetettavassa koulumatematiikassa virhe kytkeytyy usein näkyviin, ajallisesti rajattuihin arviointitilanteisiin, joissa se voi toimia oppijan osaamista määrittävänä ja rajaavana tekijänä. Tällaisessa kehyksessä virhe saa helposti lopullisen ja normatiivisen merkityksen, joka asettaa oppimiselle selkeän katkoksen sen sijaan, että se jäsentyisi osaksi jatkuvaa prosessia.

Digitaalisissa ympäristöissä virhe puolestaan jäsentyy usein osaksi oppimisprosessia tavalla, joka poikkeaa institutionaalisesti ohjatun opetuksen käytännöistä: virhe ei välttämättä ole julkinen, pysyvä tai välittömästi arvioitu tapahtuma, vaan osa etenemisen logiikkaa, jossa korjaaminen ja uudelleen yrittäminen on rakenteellisesti mahdollista. Oppija voi edetä omaan tahtiinsa ja säädellä toimintaansa tavoilla, jotka eivät aina ole mahdollisia perinteisessä luokkahuoneopetuksessa. Näin pelikulttuurin virhelogiikka asettuu jännitteeseen suhteeseen koulumatematiikan vakiintuneisiin arviointi- ja suorituskäytäntöihin, joissa virhe voi edelleen toimia ahdistusta ja vetäytymistä tuottavana tekijänä sekä vahvistaa käsitystä omasta riittämättömyydestä tai osaamisen rajallisuudesta (Dresel et al. 2025).

Tämä jännite ei ole pedagogisesti neutraali. Se muokkaa sitä, millaisena oppiminen ylipäättään jäsentyy, ei vain tiedollisena suorituksena, vaan emotionaalisena ja relationaalisena prosessina, jossa kokemukset hallinnasta, epävarmuudesta ja onnistumisesta rakentuvat suhteessa arvioinnin ehtoihin. Juuri tässä jännitteessä matematiikka ja siihen kytkeytyvät tunnekokemukset asettuvat keskeisiksi tarkastelun kohteiksi. Samalla avautuu kysymys siitä, missä määrin pelilliset

toimintalogiikat voisivat haastaa arviointiin kiinnittyneen virhekäsityksen ja muokata matematiikan oppimisen affektiivisia ehtoja.

Matematiikka-ahdistus (mathematics anxiety) on vakiintunut tutkimuskohde ja laajasti tutkittu ilmiö, jonka on toistuvasti osoitettu olevan yhteydessä heikompaan suoriutumiseen, alentuneeseen motivaatioon ja kaventuneisiin koulutuspolkuihin (Barroso et al. 2021; Namkung, Peng & Lin 2019). Keskeinen selittävä tekijä tässä yhteydessä on minäpystyvyys (self-efficacy) eli oppijan käsitys omasta kyvystään hallita matemaattisia tehtäviä ja selviytyä niihin liittyvistä vaatimuksista (Namkung, Peng & Lin 2019; Barroso et al. 2021). Minäpystyvyys ei ole yksilön pysyvä ominaisuus, vaan kontekstisidonnainen ja pedagogisesti sekä kulttuurisesti muotoutuva käsitys omasta toimijuudesta, joka rakentuu oppimiskokemusten, sosiaalisten odotusten ja institutionaalisten rakenteiden vuorovaikutuksessa (Sørlie, Malmberg & Schukajlow 2024). Minäpystyvyys ja matematiikka-ahdistus kietoutuvat toisiinsa dynaamisesti: tulkinnat omasta hallinnasta muovaavat sekä tehtävään asennoitumista että tunnekokemusta.

Tässä tutkimuskatsauksessa käytämme ilmaisua ”perinteinen koulutuksellinen konteksti” viittaamaan erityisesti koulumatematiikan opettajajohtoihin, arviointiin kiinnittyviin tilanteisiin, joissa osaamista tehdään näkyväksi kokeiden, oikein-/väärinpalautteen, aikarajojen, tehtäväkohtaisten suoritusten ja usein myös oppijoiden välisen vertailun kautta. Emme väitä, että kaikki koulumatematiikan opetus olisi edeltävän kaltaista, vaan tarkastelemme tätä arviointikeskeistä järjestystä matematiikka-ahdistuksen kannalta keskeisenä kulttuurisena taustana. Digitaalisella oppimispelillä tarkoitamme puolestaan sellaista vuorovaikutteista peliympäristöä, jossa matemaattisia tehtäviä harjoitellaan pelillisen etenemisen, palautteen, tarinallisuuden, uudelleenyrityksen ja mahdollisesti yhteistoiminnallisten rakenteiden kautta.

Tarkastelemme, millaisin suunnitteluperiaattein digitaalinen matematiikan oppimispeli voi järjestää virheen, palautteen ja etenemisen ehtoja uudelleen tavalla, joka tukee oppijan hallinnan kokemusta ja minäpystyvyyttä sekä voi lieventää matematiikka-ahdistusta. Konkreettisenä esimerkkinä käytämme Erasmus+ MathifyMe -hankkeessa kehitettävää peliä, jonka tavoitteena on rakentaa matematiikan harjoittelusta emotionaalisesti turvallisempi ja vähemmän arviointikeskeinen oppimistilanne.

Matematiikka-ahdistuksen vakiintuneet tulkinnat ja minäpystyvyys

Matematiikka-ahdistus viittaa suhteellisen pysyviin negatiivisiin tunneperäisiin reaktioihin, jotka häiritsevät matematiikan oppimista, ajattelua ja suoriutumista. Ahdistus voi kuormittaa työmuistia, aktivoida huoliajatuksia ja kaventaa tarkkaavaisuutta tavalla, joka laskee suoritusta oppijan todellisesta osaamistasosta riippumatta (Beilock & Maloney 2015; Huhtasalo et al. 2025).

Matematiikka-ahdistus voi käynnistää itseään vahvistavan kehän; epäonnistumisen pelko heikentää suoritusta, heikentynyt suoriutuminen lisää välttelyä ja välttely syventää ahdistusta (Huhtasalo et al. 2025).

Viimeaikainen tutkimus on korostanut, ettei matematiikka-ahdistusta voida ymmärtää irrotettuna niistä sosiaalisista, kulttuurisista ja institutionaalisista käytännöistä, joissa matematiikkaa opetetaan ja arvioidaan (Luttenberger, Wimmer & Paechter 2018). Useat erilaiset tutkimusnäkökulmat ovat tuoneet lisää ymmärrystä matematiikka-ahdistuksen kognitiivis-emotionaalisista mekanismeista, mutta ovat samalla implikoineet, että ongelman ydin on yksilön sisäisissä prosesseissa. Tällöin analyysi on painottunut siihen, miten ahdistus vaikuttaa suoritukseen, mutta jättänyt avoimeksi kysymyksen niistä pedagogisista ja tiedollisista ehdoista, joissa ahdistus rakentuu ja aktivoituu. Samalla jää kyseenalaistamatta ja selittämättä, miksi matematiikka oppiaineena herättää systemaattisesti voimakkaita ahdistuksen kokemuksia juuri tietyissä oppiaineen käytännöissä ja tietyissä oppijaryhmissä.

Matematiikka-ahdistus voidaan ymmärtää yhtäältä emotionaalisena ilmentymänä tiedollisesta järjestyksestä, jossa osaaminen määrittyy performatiiviseksi, vertailtavaksi ja ajallisesti rajatuksi suoritukseksi. Tällaisessa järjestyksessä tiedon arvo kiinnittyy nopeuteen, virheettömyyteen ja julkiseen arvioitavuuteen. Oppiminen kääntyy suoriutumiseksi ja rakentaa samalla normatiivista mallia ”oikeanlaisesta” matematiikan osaajasta, subjektista, joka hallitsee sisällöt nopeasti, tuottaa oikeita vastauksia ja kestää arvioinnin paineen. Tämä malli ei ole neutraali. Se tuottaa affektiivisia seurauksia sekä hierarkioita ja normalisoi tavan, jolla osaamista tulee esittää. Minäpystyvyys ja ahdistus jäsentyvät tällöin saman tiedollisen järjestyksen affektiivisiksi positioiksi, joiden kautta oppija tulkitsee oman toimijuutensa mahdollisuuksia ja rajoja.

Toisaalta matematiikkaa jäsentävät lahjakkuuden, nopeuden ja virheettömyyden ihanteet tuottavat rajatun käsityksen osaamisesta, jossa vain tietyt suoriutumisen muodot tunnustetaan päteviksi. Osaamisen rajaukset eivät kuitenkaan jää abstrakteiksi puhetavoiksi luokkahuoneisiin, vaan

konkretisoituvat suhteissa ja käytännöissä, joissa osaamista tunnustetaan, ohjataan ja arvioidaan (Savina & Fulton 2024). Samoin tunteet, kuten ahdistus, eivät näyttäydy irrallisina psykologisina reaktioina, vaan kietoutuvat arviointitilanteisiin, pedagogisiin puhetapoihin ja matematiikkaan liitettyihin normatiivisiin odotuksiin, jotka määrittävät, millaisena ja kenelle matematiikka ylipäättään hahmottuu mahdolliseksi (Luttenberger, Wimmer & Paechter 2018).

Matematiikan oppimista ja osaamista jäsentävät myös sukupuolittuneet asenteet ja odotukset, opettajien ja vanhempien palaute, sekä opetuksen arkiset ja usein huomaamattomat puhetavat ja käytännöt (Huhtasalo et al. 2025; Eccles & Wigfield 2020; Hart & Ganley 2019). Matematiikkaan liitetyt käsitteet ”luontaisesta osaamisesta” rakentuvat esimerkiksi ylisukupolvisissa ja arkisissa diskursseissa. Perheissä puheena, eleinä ja arjen käytäntöinä toistuva käsitys siitä, ”ettei meidän suvussa ole koskaan osattu matematiikkaa”, ei ainoastaan kuvaa kokemusta, vaan siirtää eteenpäin ymmärrystä matemaattisesta kyvykkyydestä periytyvänä ominaisuutena pikemminkin kuin harjoittelun tuloksena. Tällaisessa kehyksessä riittämättömyyden ja ulkopuolisuuden kokemukset eivät ole poikkeamia vaan rakenteiden sallimia ja mahdollistamia. Oppijan toimijuus kaventuu jo ennen yksittäistä epäonnistumista.

Ilmiönä matematiikka-ahdistus ei jakaudu tasaisesti. Tytöt ja naiset raportoivat keskimäärin kokevansa enemmän matematiikka-ahdistusta kuin pojat ja miehet (Hart & Ganley 2019). Tätä eroa ei voida tyhjentävästi selittää yksilöllisillä taipumuksilla tai tunneherkkyydellä. Se kytkeytyy laajempiin stereotyyppisiin käsityksiin sekä opettajien ja vanhempien asenteisiin matematiikkaosaamista kohtaan (Mammarella et al. 2023). Kyse on siitä, millaisille oppijoille matemaattinen kyvykkyys oletetaan luontevaksi ja millaisin ehdoin osaaminen tunnustetaan päteväksi.

Sukupuolten väliset erot tekevät näkyväksi, että matematiikka-ahdistus rakentuu suhteessa niihin kulttuurisiin ja institutionaalisiin ehtoihin, joissa osaamista määritellään, mitataan ja arvotetaan. Myös tuen puuttuminen nousee näin tarkasteltuna aktiiviseksi pedagogiseksi voimaksi. Vaikeneminen, huomioimattomuus tai neutraaliksi mielletty palaute eivät ole merkityksettömiä, vaan voivat rakentaa kokemusta osaamisen näkymättömyydestä ja kaventaa oppijan toimijuutta matematiikan oppijana. Tässä mielessä matematiikka-ahdistus ei ole ainoastaan affektiivinen vaste vaativaan sisältöön, vaan seurausta tietynlaisesta pedagogisesta ja epistemologisesta järjestyksestä. Se on seurausta siitä, miten koulumatematiikassa määritellään,

mitä pidetään pätevänä tietona, millainen suoriutuminen tunnistetaan osaamiseksi ja millaisin ehdoin virhe saa merkityksensä.

Tässä valossa matematiikka-ahdistukseen liitetty minäpystyvyys jäsentyy samoin. Se rakentuu palautteen sävyissä, arvioinnin rytmeissä, sosiaalisissa vertailuissa ja virheisiin liitetyissä merkityksissä. Minäpystyvyys ei ole ahdistuksen vastakohta, vaan samaan tiedolliseen järjestykseen kietoutuva tulkintakehys, joka joko vahvistaa tai purkaa ahdistuksen mahdollisuutta. Alhainen minäpystyvyys lisää todennäköisyyttä, että matemaattinen tilanne tulkitaan epäonnistumista ennakoivaksi. Tällainen tulkinta ei ole pelkkä subjektiivinen tunne, vaan tilanteen merkityksellistämisen tapa, joka aktivoi ahdistuksen. Se on pedagogisesti ja institutionaalisesti tuotettu positio siitä, millaisena oppija voi itsensä tunnistaa niissä ehdoissa, joissa osaaminen tehdään näkyväksi.

Näin tarkasteltuna ahdistus ei näyttäydy poikkeamana vaan rakenteellisesti mahdollisena ja jopa odotettavana seurauksena tavasta, jolla osaamista määritetään ja arvioidaan. Kysymys ei ole ainoastaan siitä, miksi yksittäinen oppija ahdistuu matematiikassa, vaan siitä, millaisin tietokäsityksin, arvioinnin logiikoin ja normalisoivin käytännöin matematiikan oppiminen rakentuu emotionaalisesti kuormittavaksi kokemukseksi.

Kun matematiikkaan liittyvät kokemukset toistuvasti vahvistavat käsitystä riittämättömyydestä, oppijan suhde omaan osaamiseensa voi jäsentyä varautuneeksi. Yrittäminen alkaa tuntua riskiltä ja epäonnistuminen identiteettiä koskettavalta merkinnältä. Jos ahdistus rakentuu edellä kuvatun tietynlaisen arvioinnin ja tietämisen puitteissa, sen lieventäminen ei voi rajoittua yksilön tunnetaitojen vahvistamiseen, vaan edellyttää niiden oppimisen ehtojen uudelleenjärjestämistä, joissa osaaminen määrittyy ja joissa virhe saa merkityksensä. Siksi emme kysy, voiko digitaalinen oppimispeli vähentää matematiikka-ahdistusta, vaan kysymme, voiko se tehdä näkyväksi, haastaa ja muokata niitä oppimisen ehtoja, joissa ahdistus rakentuu.

MathifyMe-hanke ja toisenlainen matematiikan oppimisen kokemus

Matematiikan oppimispeleistä on jo olemassa useita erilaisia esimerkkejä. *DragonBox Algebra* on kaupallinen digitaalinen oppimispeli, jossa lineaaristen yhtälöiden ratkaisemista lähestytään sen etenemisen ja asteittain rakentuvan algebrallisen ajattelun kautta. Bernierin ym. (2026) mukaan *DragonBox* voi tukea leikillisiä ja myönteisiä matemaattisia kokemuksia, mutta pelissä syntyvien oivallusten kytkeminen eksplisiittiseen algebralliseen ymmärrykseen edellyttää pedagogista

kehystämistä. *Math Snacks* -kokonaisuus puolestaan hyödyntää animaatioita, pelejä ja opettajan tukimateriaaleja erityisesti suhteen, verrannon, mittakaavan ja lukusuoran kaltaisten käsitteiden opettamisessa monimodaalisen lähestymistavan avulla (Valdez, Trujillo & Wiburg 2013).

Wuzzit Trouble rakentuu pulmatehtävien, numerokäsityksen ja iteratiivisen strategioiden kokeilemisen varaan; Pope ja Mangram (2015) havaitsivat tutkimuksessaan pelin olevan yhteydessä kolmasluokkalaisten numerokäsityksen vahvistumiseen. *Slice Fractions* taas käyttää fysiikkapohjaista pulmapeliä murtolukujen ymmärtämisen tukena, ja Beşalti ja Kul (2021) havaitsivat peliryhmän oppilailla parempia tuloksia sekä murtolukujen oppimisessa että murtolukuihin liittyvässä minäpystyvyydessä kuin verrokkiryhmällä. Nämä esimerkit osoittavat, että matematiikan oppimista on pelillistetty hyvin erilaisin tavoin: käsitteellisen ymmärtämisen, ongelmanratkaisun, visuaalisen mallintamisen, harjoittelun ja oppijan minäpystyvyyden näkökulmista.

MathifyMe-hanke ("Making maths more accessible using Game-based learning to create a more inclusive and less stressful environment in the learning of maths", Erasmus+, 2024–2027) paikantuu edellä kuvatun perinteisen luokahuoneopetuksen arviointilogiikan ja pelillisen virhelogiikan väliseen jännitteeseen. Hankkeessa kehitetään digitaalista matematiikan oppimispeliä minäpystyvyyden ja emotionaalisen turvallisuuden näkökulmasta. MathifyMe -oppimispeli sijoittuu tähän oppimispelien kenttään, mutta sen erityinen painotus on matematiikka-ahdistuksen, emotionaalisen turvallisuuden ja minäpystyvyyden suunnitteluperiaatteissa. Pelisuunnittelu toimii tässä yhteydessä tapausesimerkkinä siitä, miten pelillinen interventio voidaan ymmärtää kulttuurisena ja pedagogisena artikulaationa: millaisia tunteita, millaista toimijuutta ja millaisia oppijapositioita pelillinen ympäristö tuottaa osana matematiikan oppimista. (Suominen et al. 2022; Jukić Matić et al. 2025).

Kansainvälisen hankkeemme toteutus viidessä eurooppalaisessa maassa osoittaa ja tuo näkyviin, että matematiikka-ahdistukseen, virheeseen ja arviointiin kytkeytyvät käytännöt eivät ole yksittäisten koulujen tai kansallisten opetussuunnitelmien erityispiirteitä (Huhtasalo et al. 2025). Huolimatta kansallisten koulutusjärjestelmien eroista virheeseen, osaamiseen ja oppijan toimijuuteen liitetyt käsitykset näyttäytyvät yllättävän samankaltaisina. Tämä viittaa laajemmin jaettuun eurooppalaiseen koulumatematiikan kulttuuriin, jossa nämä käsitykset ovat syvälle institutionalisoituneita.

Pelillinen lähestymistapa ei yksin kykene purkamaan matematiikka-ahdistukseen kytkeytyviä rakenteellisia jännitteitä, kuten arviointikäytäntöjen painotuksia, resurssieroja tai koulutuksellista eriarvoisuutta. Sen merkitys avautuu ennemmin siinä, miten se voi järjestää oppimisen ehtoja toisin eli millaiseksi virheen seuraukset rakentuvat, miten palaute jäsentyy ja millaisin rytmein eteneminen mahdollistuu. Pelit voidaan ymmärtää emotionaalisina teknologioina, jotka eivät ainoastaan motivoi, vaan muovaavat sitä tiedollista ja affektiivista kehystä, jossa oppija asemoituu toimijaksi suhteessa matematiikkaan ja omaan osaamiseensa (Dichev & Dicheva 2017; Plass, Mayer & Homer 2020).

Minäpystyvyyden tukeminen edellyttää oppimisympäristöiltä tilanteita, joissa hallinnan kokemukset voivat toistua ilman, että epäonnistuminen muuttuu pysyväksi leimaksi tai jatkuvaksi vertailun kohteeksi (Sørlie et al. 2024). Digitaaliset, pelilliset ympäristöt voivat avata tilaa tällaisille kokemuksille, mutta yhtä lailla ne voivat toistaa kilpailua, suorituspaineita ja arvioinnin logiikoita, ellei suunnittelussa tunnisteta ja huomioida virheen, palautteen ja arvioinnin affektiivisia ja kulttuurisia ulottuvuuksia. Näiden jännitteiden tunnistaminen on keskeistä, kun pelillisiä ratkaisuja tarkastellaan osana matematiikan opetuksen laajempaa kulttuurista muutosta. Kysymys on lopulta siitä, miten epäonnistumisen merkitys jaetaan, millaiseksi sen seuraukset rakentuvat ja kenelle epäonnistuminen on pedagogisesti ja emotionaalisesti turvallista.

MathifyMe-hankkeen tarvetunnistuksen pohjalta muotoilimme määritelmän matematiikka-ahdistuksesta. Määritelmä tuo esiin ilmiön moniulotteisuuden; kyse on tunnereaktiosta, jolle ovat ominaista huolen, jännityksen ja pelon tunteet matemaattisissa tilanteissa. Se ilmenee kognitiivisina, emotionaalisina, fysiologisina ja käyttäytymisreaktioina, jotka voivat heikentää matemaattista suorituskkyä, johtaa matematiikkaan liittyvien toimintojen välttämiseen sekä vaikuttaa akateemisiin valintoihin ja urapolkuihin jopa henkilöillä, joilla on riittävät matemaattiset taidot (Huhtasalo et al. 2025).

Tämä määritelmä ei kuitenkaan toimi hankkeessamme ainoastaan ilmiön kuvauksena, vaan pelisuunnittelun lähtökohtana. Digitaalisen oppimispelin tavoitteena ei näin ole ainoastaan vähentää matemaattisiin tilanteisiin liittyviä ahdistuksen tunteita, vaan muokata niitä tilanteellisia ehtoja, joissa ahdistus aktivoituu. Määritelmä ohjaa siten suoraan suunnitteluperiaatteita sen suhteen, miten virhe käsitellään, miten palaute annetaan, millä tavoin eteneminen tehdään näkyväksi ja millaiseksi epäonnistumisen seuraukset rakentuvat.

MathifyMe suunnitteluesimerkkinä

MathiFyMe-hankkeessa kehitettävä peli ei tässä tutkimuskatsauksessa toimi empiirisen vaikuttavuustutkimuksen kohteena, vaan suunnitteluesimerkkinä siitä, miten matematiikkaahdistusta koskevaa tutkimustietoa voidaan kääntää pelillisen oppimisympäristön rakenteiksi. Pelin lähtökohtana on ajatus, että matematiikan harjoittelussa ahdistusta ei synnytä yksin tehtävän vaikeus, vaan myös se, millaiseksi virheen seuraus, palautteen sävy ja etenemisen mahdollisuus rakentuvat. Siksi pelin suunnittelussa korostuvat matalan paineen tehtävätilanteet, välitön mutta ei-rankaiseva palaute, mahdollisuus yrittää uudelleen sekä eteneminen, jossa oppijan oma edistyminen on keskeisempää kuin vertailu muihin.

Konkreettisesti tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että virheellistä vastausta ei käsitellä lopullisena epäonnistumisena, vaan vihjeen, uuden yrityksen tai vaihtoehtoisen esitystavan käynnistäjänä. Tehtävien vaikeustasoa voidaan säätää niin, että oppija kohtaa sekä haasteita että onnistumisen mahdollisuuksia. Palaute ei tällöin ainoastaan ilmoita vastauksen oikeellisuutta, vaan ohjaa oppijaa havaitsemaan, mitä hän jo ymmärtää ja mitä kannattaa kokeilla seuraavaksi. Tällainen rakenne pyrkii tuottamaan toistuvia hallinnan kokemuksia tilanteissa, joissa koulumatematiikan arviointikäytännöt voivat helposti tehdä virheestä näkyvän ja emotionaalisesti kuormittavan tapahtuman.

Virhe, arviointi ja oppimisen tunnekulttuuri

Oppiminen jäsennetään koulutusinstituutioissa edelleen usein ensisijaisesti kognitiiviseksi prosessiksi: huomion suuntaamiseksi, tiedon muistamiseksi ja taidon hallinnaksi. Tunteet näyttäytyvät tällöin oppimisen sivutuotteina, seurauksina onnistumisesta tai epäonnistumisesta. Viimeaikainen tunteiden tutkimus on kuitenkin siirtänyt tarkastelun painopistettä; tunteet eivät ole oppimisen reunaehto, vaan tapa, jolla oppija arvioi tilanteen mahdollisuuksia (Pekrun 2024). Ne jäsentävät sitä, mitä tässä tilanteessa on mahdollista tehdä, kannattaako yrittää ja millaisin ehdoin oma toimijuus on turvassa.

Pekrunin (2024) kontrolliarvoteoria (Control-Value Theory, CVT) on tuonut tähän keskusteluun keskeisen näkökulman osoittamalla, että oppimistilanteessa koetut tunteet rakentuvat suhteessa hallinnan (control) ja merkityksellisyyden (value) kokemuksiin. Kun oppija kokee tilanteen hallittavaksi ja oppimisen arvokkaaksi, syntyy myönteisiä tunteita; hallinnan puute yhdistettynä

korkeaan arvoon puolestaan altistaa ahdistukselle. Tässä tutkimuskatsauksessa etenemme kuitenkin askeleen pidemmälle. Hallinnan ja arvon kokemukset eivät synny yksilön sisäisinä arvioina tyhjiössä, vaan rakentuvat pedagogisissa ja institutionaalisissa järjestelyissä, jotka määrittävät, milloin osaamista mitataan, kenelle se tehdään näkyväksi, ja millaisin seurauksin virhe tulkitaan.

Kun tunteet ymmärretään tällä tavoin relationaalisiksi ja tilanteisesti rakentuviksi, koulua ei voida tarkastella pelkästään tilana, jossa tunteita ”koetaan”. Koulu tuottaa systemaattisesti tietynlaista tunnekulttuuria. Tunnekulttuuri ei ole yksittäisten tilanteiden sivuvaikutus, vaan institutionaalinen järjestys, joka määrittää, millaiset tunteet ovat todennäköisiä, hyväksyttäviä tai odotettavia.

Tässä kehyksessä virhe ei näyttäydy pelkästään tiedollisena poikkeamana oikeasta vastauksesta, vaan institutionaalisesti tuotettuna ja emotionaalisesti latautuneena tapahtumana. Se toimii tunnekulttuurisena solmukohtana, jossa kognitiivinen arviointi, sosiaalinen näkyvyys ja emotionaalinen kokemus kietoutuvat yhteen (Dresel et al. 2025). Virhe ei ainoastaan kuvaa osaamisen tilaa, vaan tuottaa oppijalle position suhteessa arvioinnin ja vertailun käytäntöihin.

Häpeän, epävarmuuden tai riittämättömyyden tunteet eivät tällöin rajaudu yksittäiseen suoritukseen, vaan alkavat jäsentää oppijan suhdetta matematiikkaan laajemmin (Dresel et al. 2025). Kun virhe toistuvasti kytkeytyy osaamisen mittaamiseen ja julkiseen tunnustamiseen, se alkaa määrittää toimijuuden ehtoja. Virhe ei ainoastaan heijasta ahdistusta, vaan osallistuu sen tuottamiseen. Keskeistä ei ole yksittäinen epäonnistuminen sinänsä, vaan virheeseen kiinnittyvä ennakointi, odotus siitä, että epäonnistuminen johtaa julkiseen arviointiin, vertailuun ja toimijuuden rajoittamiseen. Matematiikka-ahdistus voidaan näin ymmärtää suhteena oppimisen ajallisuuteen, näkyvyyteen ja arviointiin, eikä vain reaktiona vaativaan sisältöön.

Pelilliset ympäristöt virhelogiikan ja tunnekulttuurin uudelleenjärjestäjänä

Tässä tutkimuskatsauksessa emme tarkastele pelillistämistä motivaatioteknologiana tai interventiomenetelmänä, vaan virhelogiikan ja tunnekulttuurin uudelleenjärjestäjänä. Pelien sisäinen toimintalogiikka mahdollistaa kriittisen peilin koulumatematiikan arviointikäytännöille. Tunnekulttuurin näkökulmasta keskeistä ei ole pelien oletettu kyky lisätä motivaatiota tai sitoutumista, vaan se, että ne purkavat koulutuksessa vakiintuneita kytkentöjä virheen, palautteen ja etenemisen välillä. Koulumaailmassa virhe ei ole vain kognitiivinen

tapahtuma, vaan emotionaalisesti latautunut katkos, joka voi kytkeytyä häpeään, vetäytymiseen ja matematiikka-ahdistukseen.

Pelien toimintalogiikka asettaa tämän järjestyksen toisenlaiseen kehykseen. Pelissä virhe ei katkaise etenemistä, vaan on sisäänrakennettu osa etenemisen rakennetta, joka tuottaa informaatiota seuraavaa yritystä varten. Epäonnistuminen kuuluu iteratiiviseen kokeiluun eikä jätä pysyvää arviointijälkeä, joka määrittäisi oppijan asemaa. Tällöin virheen merkitys muuttuu. Se ei toimi osaamisen puutteen todisteena eikä suoriutumisen rajana, vaan osana oppimisen dynamiikkaa. Virheestä tulee toiminnan resurssi, ei sen rajoite. Tämä rakenteellinen uudelleenjärjestyminen on keskeistä myös niissä tutkimuksissa, joissa pelillisten ympäristöjen on havaittu lieventävän matematiikka-ahdistusta tai tukevan myönteisempiä tunnekokemuksia (Fadda et al. 2022; Dondio et al. 2023; Toromade et al. 2024).

Esimerkiksi Chenin et al. (2023) kokeellisessa tutkimuksessa pelillistetty matematiikan tehtävä ei lisännyt lukio-opiskelijoiden ahdistusta, vaan opiskelijat raportoivat uppoutumista ja myönteisiä tunteita työskentelyn aikana. Keskeiseksi tekijäksi tulkittiin palautteen välittömyys ja ei-rankaiseva luonne. Opiskelijoilla oli mahdollisuus korjata suorituksiaan ilman leimaavaa arviointia. Samansuuntaisia havaintoja esittävät myös Hui ja Mahmud (2023) systemaattisessa katsauksessaan, jossa peleihin perustuvan oppimisen todettiin vahvistavan oppilaiden luottamusta omaan ongelmanratkaisukykyynsä ja muuttavan matematiikan opiskelun emotionaalista sävyä vähemmän uhkaavaksi.

Laajemmissa meta-analyyseissa vaikutukset näyttäytyvät kuitenkin maltillisina ja selvästi kontekstisidonnaisina (Dondio et al. 2023). Tämä viittaa siihen, ettei ratkaisevaa ole pelillisyyssinänsä, vaan se, miten oppimisen ajallinen, sosiaalinen ja palautteellinen rakenne organisoidaan. Erityisesti yhteistyöhön perustuvat ja pidempikestoiset ratkaisut näyttäytyvät suotuisampina kuin yksilökeskeiset, lyhytkestoiset interventiot (Dondio et al. 2023). Pelillisten ympäristöjen merkitys ei siten palaudu tekniseen ominaisuuteen, vaan siihen, millaisia toiminnan mahdollisuuksia ne avaavat ja millaisia affektiivisia suhteita ne tuottavat oppijoiden välille.

Digitaaliset pelit voidaan ymmärtää emotionaalisina teknologioina (Plass, Mayer & Homer 2020), jotka eivät ainoastaan tue oppimista vaan myös muokkaavat oppimistilanteen emotionaalista arkkitehtuuria. Ne järjestävät uudelleen yrittämisen, epäonnistumisen ja etenemisen suhteita. Samalla ne voivat kuitenkin vahvistaa kilpailun, pisteytyksen ja jatkuvan suoriutumisen logiikkaa.

Tässä mielessä pelillinen ympäristö ei automaattisesti vapauta oppijaa arvioinnin paineesta, vaan voi myös tuottaa uudenlaista normatiivisuutta – esimerkiksi jatkuvan seurattavuuden ja vertailtavuuden kautta (vrt. Dondio et al. 2023).

Tutkimuksissa toistuvat havainnot minäpystyvyyden vahvistumisesta voidaan tulkita tässä kehyksessä relationaalisesti. Useissa tutkimuksissa pelilliset interventiot ovat lisänneet oppijoiden minäpystyvyyttä ja motivaatiota, ja vaikutusten on havaittu välittyvän juuri minäpystyvyyden kasvun kautta (Fadda et al. 2022; Hui & Mahmud 2023; Jukić Matić et al. 2025). Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että peli ”tuottaisi” minäpystyvyyden yksilön sisäisenä ominaisuutena. Pikemminkin pelin rakenne mahdollistaa toistuvia hallinnan kokemuksia: kun oppija voi yrittää uudelleen ilman pysyvän epäonnistumisen uhkaa, pätevyyden ja kontrollin kokemus vahvistuu.

Minäpystyvyys näyttäytyy tällöin affektiivis-institutionaalisen järjestyksen seurauksena. Se rakentuu tilanteissa, joissa epäonnistumisen merkitys on muuttunut ja joissa toiminta voi jatkua keskeytymättä. Pelilliset ympäristöt eivät siis ensisijaisesti ”vähennä matematiikka-ahdistusta”, vaan muokkaavat sen syntyedellytyksiä: ne järjestävät uudelleen oppimisen affektiivisen talouden, jossa virhe, palaute ja eteneminen suhteutuvat toisiinsa toisin kuin perinteisessä arviointikulttuurissa.

Pelilliset elementit affektiivisten ehtojen säätelijöinä

Tutkimuskirjallisuudessa on tunnistettu joukko pelillisiä ratkaisuja, jotka näyttävät tukevan erityisesti ahdistuneiden oppijoiden kokemusta pätevyydestä ja hallinnan tunteesta matematiikan tehtävissä (Jukić Matić et al. 2025). Näitä ei ole kuitenkaan syytä tarkastella yksittäisinä ”tehokkaina ominaisuuksina”, vaan mekanismeina, jotka muokkaavat oppimisen affektiivisia ja toiminnallisia ehtoja. Seuraavassa tarkastelemme keskeisiä elementtejä tästä näkökulmasta.

Adaptiivinen vaikeustaso ja välitön palaute

Adaptiivisuus ei ainoastaan säädä tehtävien tasoa, vaan säätelee epäonnistumisen todennäköisyyttä ja intensiteettiä. Kun tehtävät pysyvät saavutettavissa mutta haastavina, oppija ei joudu toistuvasti tilanteeseen, jossa epäonnistuminen ylittää sietokyvyn rajat. Välitön palaute puolestaan lyhentää virheen ja korjauksen välistä ajallista etäisyyttä. Tällöin hallinnan kokemus rakentuu jatkuvassa liikkeessä eikä viivästyneen arvioinnin varassa (Jukić Matić et al. 2025). Rakenteellisesti tämä tarkoittaa, että oppija pysyy toimijana myös virheen hetkellä.

Turvallinen epäonnistuminen ja uudelleenyrityksen mahdollisuus

Mahdollisuus yrittää uudelleen ilman pysyvää leimaamista muuttaa epäonnistumisen sosiaalista merkitystä (Sammallahti et al. 2023; Jukić Matić et al. 2025). Kun virhe ei lukitse oppijaa arvioinnin kategoriaan, sen emotionaalinen seuraamus lievenee. Cubillos et al. (2024) osoittavat, että useita yrityksiä salliva rakenne voi jopa tasoittaa sukupuolieroja pätevyyden kokemuksessa. Kyse ei siis ole vain yksilöllisestä rohkaistumisesta, vaan arviointijärjestelmän logiikan muuttumisesta.

Tarinallisuus ja merkityksellinen konteksti

Monet oppimispelit hyödyntävät narratiivista kehystä tai konkreettista kontekstia matematiikan tehtävien taustalla. Tarinallisuus voi tempaista oppijan mukaansa ja tehdä tehtävistä vähemmän abstrakteja, jolloin ne tuntuvat mielekkäämmiltä ja kytkeytyvät ”oikeaan elämään” (Jukić Matić et al. 2025). Tämä voi lisätä kiinnostusta ja nostaa tehtävien koettua arvoa, mikä usein muuttaa oppimistilanteen emotionaalista sävyä myönteisemmäksi ja voi lievittää ahdistusta. Kun huomio kiinnittyy tarinan tavoitteisiin eikä vain oikean vastauksen jännittämiseen, oppija voi rentoutua ja nauttia oppimisesta enemmän.

Yhteistyöllisyys ja sosiaalinen tuki

Yhteistoiminnalliset pelirakenteet jakavat vastuun ja onnistumisen kokemuksen useamman toimijan kesken. Yhteistoiminnallisuus voi osana tietoisesti muotoiltua oppimisympäristöä parantaa asenteita matematiikkaa kohtaan ja luoda myönteisempää tunneilmapiiriä (Jukić Matić et al. 2025). Meta-analyysit viittaavat siihen, että yhteistyöhön perustuvat pelit ovat yhteydessä voimakkaampaan matematiikka-ahdistuksen vähenemiseen kuin yksinpelaaminen (Dondio et al. 2023). Ryhmässä pelaaminen voi myös keventää suorituspainetta ja tukea ”jaettua minäpystyvyyttä”, kun onnistumiset koetaan yhdessä.

Matalan paineen ei-kilpailullinen ympäristö

Kilpailulliset elementit voivat vahvistaa vertailun ja näkyvän suoriutumisen logiikkaa, mikä joillekin oppijoille lisää painetta. Ahdistusta lieventävissä ratkaisuisa korostuu henkilökohtainen edistymisen ja yksilölliset tavoitteet julkisen vertailun sijaan (Jukić Matić et al. 2025). Tämä ei poista arviointia, mutta muuttaa sen kohdetta: huomio siirtyy suhteesta muihin suhteeseen omaan aiempaan suoritukseen.

Kokonaisuutena tutkimus viittaa siihen, että pelillisten ympäristöjen ahdistusta lieventävä potentiaali ei palaudu yksittäisiin ominaisuuksiin, vaan siihen, miten nämä elementit yhdessä uudelleenorganisoivat oppimisen affektiivista ja sosiaalista järjestystä (Dondio et al. 2023). Kyse ei ole siitä, että jokin pelillinen ratkaisu ”vähentäisi ahdistusta”, vaan siitä, että oppimisen ajallinen rakenne, palautteen logiikka ja toiminnan sosiaaliset suhteet rakentuvat toisin.

Meta-analyttiset havainnot siitä, että pidempikestoiset ja yhteistyöhön perustuvat interventiot ovat yhteydessä voimakkaampiin muutoksiin, korostavat affektiivisen muutoksen prosessiluonnetta (Dondio et al. 2023). Ahdistuksen lievittyminen ei tällöin näyttäydy hetkellisenä reaktiona, vaan oppimisen rakenteellisten ehtojen asteittaisena muuttumisena. Oppija altistuu toistuvasti tilanteille, joissa epäonnistuminen ei johda pysyvään asemaan suhteessa omaan osaamiseen tai muihin oppijoihin.

Satunnainen peliaktiviteetti ei tästä näkökulmasta muuta oppimisen emotionaalista perusrakennetta. Pelillisyyys ei itsessään ole ratkaisu, vaan merkitykselliseksi muodostuu se, millaiseksi toiminnan mahdollisuudet rakennetaan. Kun oppimistilanne mahdollistaa toistuvan ja keskeytymättömän yrittämisen ilman pysyvän epäonnistumisen leimaa, hallinnan kokemus ei jää yksittäiseksi onnistumisen hetkeksi, vaan rakentuu osaksi oppimisen normaalia kulkua. Tällöin minäpystyvyys ei ole intervention erillinen tavoite, vaan seurausta siitä, että oppimisen arviointi- ja palautekäytännöt on järjestetty toisin.

Lopuksi: Mitä pelillisyyys paljastaa matematiikan opetuksen tunnekulttuurista?

Tässä tutkimuskatsauksessa olemme tarkastelleet, miten digitaalinen oppimispeli voi rakentaa oppimistilanteita, joissa hallinnan kokemus ja emotionaalinen sitoutuminen jäsentyvät toisin kuin perinteisissä koulukonteksteissa. Olemme kysyneet, miten näitä prosesseja voidaan ymmärtää oppijoiden matematiikan minäpystyvyyttä tukevinä sekä matematiikka-ahdistusta lieventävinä. Tarkastelumme ei kohdistu pelin ”vaikutuksiin” tai oppimistuloksiin, vaan niihin pedagogisiin ja kulttuurisiin ehtoihin, joiden varaan oppijan tunne- ja toimijuuskokemukset matematiikassa rakentuvat. Keskeistä on, miten pelillinen logiikka voi järjestää näitä ehtoja uudelleen. Irrotetaanko virhe leimaavasta arviointitulokinnasta ja muutetaanko se oppimista eteenpäin vieväksi informaatioksi?

Kun palaute on välitöntä ja ei-arvioivaa, kun tehtäviin voi palata, edetä omassa rytmissä ja kokeilla ilman julkista epäonnistumista, oppimistilanne muuttuu emotionaalisesti toisenlaiseksi. Tällöin oppijan minäpystyvyys ei “nouse” irralleen kontekstista, vaan sen ehdot rakennetaan tilanteessa. Toimijuus tulee mahdolliseksi, koska oppiminen ei enää jäsennny ensisijaisesti koetilanteiden, näkyvyyden ja vertailun kautta.

Tämä nostaa esiin laajemman kysymyksen: jos tiedämme, että emotionaalinen tuki, kuten yrittämiselle turvallinen tila, myötätuntoinen palaute ja virheen käsittely oppimisen normaalina osana, auttaa oppijoita oppimisessa ja sitoutumisessa, miksi sitä ei käytetä koulun arjessa selvästi laajemmin ja systemaattisemmin? Jos palaamme siihen lähtökohtaan, josta analyysimme käynnistyi, huomaamme, että matematiikan opetus on institutionalisoitunut arvioinnin, tehokkuuden ja “oikein/väärin”-logiikan varaan: opetusta rytmittävät kokeet ja kontrolli, ja virheeseen kytkeytyy helposti osaamista määrittävä ja oppijaa asemoiva merkitys. Tunnetuki jää tällöin helposti yksittäisten opettajien pedagogisen herkkyyden varaan, vaikka kyse on sellaisesta rakenteellisesta kysymyksestä, millaisia tunteita opetuksen käytännöt tuottavat ja millaista toimijuutta ne mahdollistavat.

Pelillinen näkökulma haastaa tarkastelemaan kriittisesti koulun nykyisiä tukimuotoja. Lisäopetus ja tukiopetus ovat keskeisiä järjestelmän tarjoamia keinoja auttaa oppijoita, joilla on matematiikan oppimisvaikeuksia tai jotka tarvitsevat enemmän aikaa ja ohjausta. Kysymys ei kuitenkaan koske ainoastaan resurssien riittävyyttä, vaan tuen peruslogiikkaa. Usein tukea tarjotaan lisäämällä samaa tekemistä samassa arviointikehyksessä. Jos oppijan ahdistus ja vetäytyminen kytkeytyvät niihin ehtoihin, joissa virhe on riskialtis ja osaaminen jatkuvasti vertailtavaa, “enemmän samaa” voi pahimmillaan vahvistaa ongelmaa. Tällöin ratkaisevaa ei ole tuen määrä, vaan se, millaisia tunne- ja toimijuusehtoja tuki oppijalle rakentaa, muuttaako se oikeasti oppimistilanteen rakennetta vai ainoastaan toistaa sitä.

Kansainvälisessä tarkastelussa ilmiö ei rajoitu yksittäisiin koulutusjärjestelmiin. Matematiikan opetuksen arviointikeskeisyys, virheeseen liitetty sosiaalinen paino sekä “lahjakkuuden”, “nopeuden” ja “virheettömyyden” diskurssit toistuvat kontekstista riippumatta. Tämä viittaa siihen, että kyse ei ole yksittäisten koulujen tai maiden ongelmasta, vaan laajemmin jaetusta koulumatematiikan kulttuurista.

Miksi muutos on niin vaikeaa? Yksi selitys on, että arviointi toimii koulun järjestelmissä sekä legitimoinnin että ohjauksen välineenä: se tuottaa vertailtavuutta, ohjaa opetuksen rytmiä ja rakentaa käsitystä ”tavoitteiden saavuttamisesta”. Tällöin emotionaalisesti turvallisemmat, prosessia korostavat käytännöt voivat näyttäytyä vaikeasti yhteensopivina tehokkuus- ja mittaamislogiikan kanssa, vaikka ne olisivat oppimisen kannalta perusteltuja. Juuri siksi arvioinnin käytäntöjä on tarkasteltava historiallisesti, kulttuurisesti ja institutionaalisesti tuotettuina, ei muuttumattomina oppimisen ehtoina. Kun arvioinnin muodot ymmärretään tuotetuiksi, avautuu myös mahdollisuus muuttaa niitä.

Lähteet

Kaikki linkit tarkistettu 17.8.2026.

Barroso, Cristina, José A. Ganley, Ian M. McGraw & Elizabeth A. Hart. 2021. ”A Meta-Analysis of the Relation Between Math Anxiety and Math Achievement”. *Psychological Bulletin* 147 (2), 134–168. <https://doi.org/10.1037/bul0000307>

Beilock, Sian L. & Erin A. Maloney. 2015. ”Math anxiety: A factor in math achievement not to be ignored”. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences* 2 (1), 4–12. <https://doi.org/10.1177/2372732215601438>

Bernier, Jeremy, Nicholas Heyer, Man Su, Lin Yan, Jesse Ha, Rezwana Islam, Michelle Jordan & Brian Nelson. 2026. ”A Design-Based Approach to Playful Algebra Learning with DragonBox Algebra”. *Digital Experiences in Mathematics Education*. <https://doi.org/10.1007/s40751-026-00195-2>

Beşaltı, Metin & Ümit Kul. 2021. ”Effects of a Game-Based App on Primary Students’ Self Efficacy and Achievements in Learning Fractions During Distance Education”. *Turkish Psychological Counseling and Guidance Journal* 11 (63), 505–520. <https://doi.org/10.17066/tpdrd.1051383>

Chen, Mei-Fen, Yu-Chi Chen, Pei-Ying. Zuo & Huei-Tse Hou. 2023. ”Design and Evaluation of a Remote Synchronous Gamified Mathematics Teaching Activity that Integrates Multi-Representational Scaffolding and a Mind Tool for Gamified Learning”. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11708-6>

- Cubillos, Claudio, Silvana Roncagliolo, Daviel Cabrera-Paniagua & Rosa Maria Vicari. 2024. "A Digital Math Game and Multiple-Try Use with Primary Students: A Sex Analysis on Motivation and Learning". *Behavioral Sciences* 14 (6), 488. <https://doi.org/10.3390/bs14060488>
- Dichev, Christo & Darina Dicheva. 2017. "Gamifying Education: What Is Known, What Is Believed and What Remains Uncertain: a Critical Review". *International Journal of Educational Technology in Higher Education* 14 (9). <https://doi.org/10.1186/s41239-017-0042-5>
- Dondio, Pierpaolo, Viacheslav Gusev & Mariana Rocha. 2023. "Do Games Reduce Maths Anxiety? A Meta-Analysis". *Computers & Education* 194, 104650. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104650>
- Dresel, Markus, Martin Daumiller, Jana Spear, Stefan Janke, Oliver Dickhäuser & Gabriele Steuer. 2025. "Learning from errors in mathematics classrooms: Development over 2 years in dependence of perceived error climate". *British Journal of Educational Psychology* 95, 180–196. <https://doi.org/10.1111/bjep.12697>
- Eccles, Jacquelynne S. & Allan Wigfield. 2020. "From Expectancy-Value Theory to Situated Expectancy-Value Theory: A developmental, social cognitive, and sociocultural perspective on motivation". *Contemporary Educational Psychology* 61, 101859. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101859>
- Fadda, Daniela, Marta Pellegrini, Giuliano Vivanet & Claudio Zandonella Callegher. 2022. "Effects of Digital Games on Student Motivation in Mathematics: A Meta-Analysis in K-12". *Journal of Computer Assisted Learning* 38 (1), 304–325. <https://doi.org/10.1111/jcal.12618>
- Hart, Sara A. & Colleen M. Ganley. 2019. "The Nature of Math Anxiety in Adults: Prevalence and Correlates". *Journal of Numerical Cognition* 5 (2), 122–139. <https://doi.org/10.5964/jnc.v5i2.195>
- Hui, Hii Bii & Muhammad Sofwan Mahmud. 2023. "Influence of game-based learning in mathematics education on the students' cognitive and affective domain: A systematic review". *Frontiers in Psychology* 14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1105806>
- Huhtasalo, Jenni, Mirka Leino, Janika Tommiska, Sonia Palha, Ljerka Jukić Matić, Leonard Busuttil, James Calleja & Sari Merilampi. 2025. "Needs Analysis to Define a Digital Learning Game Aimed at Coping with Mathematics Anxiety". *The Proceedings of the 19th European Conference on Games*

- Based Learning*. ECGBL – 19th European Conference on Games Based Learning, 1–3 October 2025, Levanger, Norway. <https://doi.org/10.34190/ecgbl.19.1.3954>
- Jukić Matić, Ljerka, Sonia Palha & Jenni Huhtasalo. 2025. "A Conceptual Model for Designing Anxiety-Reducing Digital Games in Mathematics Education". *Education Sciences* 16 (1), 34. <https://doi.org/10.3390/educsci16010034>
- Kumpulainen, Kristiina, Jackie Marsh, Anna-Maija Krokfors & Niina Rantala. 2020. *Children's Digital Lives in School and at Home*. London: Routledge.
- Luttenberger, Silke, Stefanie Wimmer & Manuela Paechter. 2018. "Spotlight on Math Anxiety". *Psychology Research and Behavior Management* 11, 311–322. <https://doi.org/10.2147/PRBM.S141421>
- Mammarella, Irene C., Sara Caviola, Simona Rossi, Elisabetta Patron & Daniela Palomba. 2023. "Multidimensional components of (state) mathematics anxiety: Behavioral, cognitive, emotional, and psychophysiological consequences". *Annals of the New York Academy of Sciences* 1523 (1), 91–103. <https://doi.org/10.1111/nyas.14982>
- Namkung, Jessica M., Peng Peng & Xin Lin. 2019. "The relation between mathematics anxiety and mathematics performance among school-aged students: A meta-analysis". *Review of Educational Research* 89 (3), 459–496. <https://doi.org/10.3102/0034654319843494>
- Pekrun, Reinhard. 2024. "Control-Value Theory: From Achievement Emotion to a General Theory of Human Emotions". *Educational Psychology Review* 36, 83. <https://doi.org/10.1007/s10648-024-09909-7>
- Plass, Jan L., Richard E. Mayer & Bruce D. Homer. 2020. *Handbook of Game-Based Learning*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Pope, Holly & Charmaine Mangram. 2015. "Wuzzit Trouble: The Influence of a Digital Math Game on Student Number Sense." *International Journal of Serious Games* 2 (4). <https://doi.org/10.17083/ijsg.v2i4.88>
- Sammallahti, Ellen, Jonatan Finell, Bert Jonsson & Johan Korhonen. 2023. "A Meta-Analysis of Math Anxiety Interventions". *Journal of Numerical Cognition* 9 (2), 346–362. <https://doi.org/10.5964/jnc.8401>

Savina, Elena & Caroline C. Fulton. 2024. "Students' and Teachers' Emotions in the Classroom: An Ecological Dynamic Systems Perspective". *European Journal of Psychology Education* 39, 2763–2781. <https://doi.org/10.1007/s10212-024-00880-z>

Sefton-Green, Julian et al. 2016. *Establishing a Research Agenda for the Digital Literacy of Young People*. London: UCL Institute of Education.

Sørli, Karin Elisabeth Street, Lars-Erik Malmberg & Stanisław Schukajlow. 2024. "Students' Mathematics Self-Efficacy: A Scoping Review". *ZDM – Mathematics Education* 56 (2), 265–280. <https://doi.org/10.1007/s11858-024-01548-0>

Suominen, Jaakko, Antti Silvast, Tero Pasanen & Markku Reunanen. 2022. "Uutuudesta yhteiskunnan osaksi: instituutionäkökulma pelialan kulttuuriseen omaksumiseen 1990-luvulta 2010-luvulle". *WiderScreen* 25 (1–2). <https://widerscreen.fi/numerot/2022-1-2/uutuudesta-yhteiskunnan-osaksi-instituutionakokulma-pelialan-kulttuuriseen-omaksumiseen-1990-luvulta-2010-luvulle/>

Toromade, Adenike, Christiana Orakwe & Chioma Okonkwo. 2024. "Gamified Mathematics Education (GME): A New Pedagogical Model for Digital Learning Platforms". *Open Access Research Journal of Multidisciplinary Studies* 8, 021–031. <https://doi.org/10.53022/oarjms.2024.8.2.0060>

Valdez, Alfred, Karen Trujillo & Karin Wiburg. 2013. "Math Snacks: Using Animations and Games to Fill the Gaps in Mathematics". *Journal of Curriculum and Teaching* 2 (2), 154–161. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1157808>