

Ville Hytönen

**ALGORITMISEN AJATTELUN OPPIMINEN OPPIMIS-
JA VIHDEPELIEN AVULLA**



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
INFORMAATIOTEKNOLOGIAN TIEDEKUNTA
2022

TIIVISTELMÄ

Hytönen, Ville

Algoritmisen ajattelun oppiminen oppimis- ja viihdepelien avulla

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2022, 30 s.

Tietojärjestelmätiede, kandidaatintutkielma

Ohjaaja: Mehtälä, Saana

Algoritminen ajattelu on ajatustyötä, joka tapahtuu ohjelmoinnin takana. Algoritminen ajattelu on myös yleisemmin ongelmanratkaisutapa, joka on ominaisimmillaan ohjelmoinnissa, mutta sitä on ehdotettu myös yleisellä tasolla päteväksi ongelmanratkaisutavaksi. Algoritminen ajattelu on tullut viime vuosikymmenellä osaksi opetussuunnitelmia ympäri maailmaa. Haasteita on kuitenkin aiheuttanut algoritmisen ajattelun epäselvyys ja monimutkaisuus käsitteenä. Tässä tutkielmassa selvitetään, kuinka algoritmista ajattelua on opetettu erityisesti pelien avulla. Tutkielmassa perehdytään tarkastelemaan kirjallisuutta jaotteleamalla se kolmeen tyyppiin. Ensiksi oppimispeleihin, joita luodaan, ja joiden luominen raportoidaan tutkimuksena. Toiseksi jo olemassa oleviin oppimispeleihin, joita pyritään soveltamaan osaksi opetusta. Kolmanneksi viihdepeleihin, ja miten niiden pelaaminen voi vaikuttaa algoritmisen ajattelun kehittymiseen. Tutkimuksia tarkastelemalla saadaan selville, että oppilaiden motivaatio opiskelua kohtaan on pelejä pelaamalla noussut, ja oppilaiden tulokset ovat olleet algoritmisen ajattelun testeissä parempia kuin niillä, jotka eivät tutkimuksen aikana pelanneet pelejä. Tutkielmassa huomattiin viihdepelejä koskevan tutkimuksen olevan vielä vähäistä ja tarvitsevan konkreettisempia tuloksia.

Asiasanat: algoritminen ajattelu, pelit, oppimispelit, viihdepelit

ABSTRACT

Hytönen, Ville

Learning computational thinking through serious and entertainment games

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2022, 30 pp.

Information Systems Science, Bachelor's Thesis

Supervisor: Mehtälä, Saana

Computational thinking can be considered as the thought process that underlies programming. On a more general level, computational thinking can be viewed as a way of solving problems, that is essential for programming. In the last decade, computational thinking has made its way to curricula around the world. However, conceptualizing computational thinking has had some challenges due to its differing definitions. This literature review aims to understand how computational thinking has been taught through games. More specifically, this literature review makes distinctions between three types of literature. Firstly, literature focusing on the creation of educational games. Secondly, literature on applying existing educational games to teaching. Thirdly, the emerging research on whether or not playing entertainment games can foster computational thinking skills. The research generally shows that students have higher motivation when playing games and outperform their peers, who have not played the games, in computational thinking tests. Additionally, this review highlights that the research on entertainment games lacks concrete results and at this point has had only little impact on the research topic.

Keywords: computational thinking, games, serious games, entertainment games

TAULUKOT

TAULUKKO 1 Algoritmisen ajattelun osa-alueet	10
TAULUKKO 2 Tutkimukset algoritmisen ajattelun oppimisesta pelien avulla	23

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVIOT JA TAULUKOT

1	JOHDANTO.....	6
2	ALGORITMINEN AJATTELU JA VIDEOPELIT OPETUSKONTEKSTISSA8	
	2.1 Algoritmisen ajattelun määrittely	8
	2.2 Algoritmisen ajattelun opetus.....	11
	2.3 Pelit opetusvälineenä	12
3	ALGORITMISTA AJATTELUA OPETTAVAT PELIT.....	15
	3.1 Oppimispelit.....	15
	3.1.1 Oppimispelien luonti.....	15
	3.1.2 Kaupallisten ja julkisesti saatavilla olevien oppimispelien soveltaminen opetuskäytössä.....	17
	3.2 Viihdepelit	19
4	TULOSTEN TULKINTA JA POHDINTA	22
5	YHTEENVETO	25
	LÄHTEET	27

1 JOHDANTO

Algoritminen ajattelu (engl. computational thinking) on tullut osaksi opetus-suunnitelmia monissa maissa, kun tietoteknisiin valmiuksiin on alettu kiinnittää kasvavissa määrin huomiota. Vuonna 2014 ohjelmointi lisättiin osaksi perusopetuksen opetussuunnitelmaa. Vuonna 2016 algoritminen ajattelu on lisätty osaksi matematiikan oppiainetta (Opetushallitus, 2016). Algoritmisen ajattelun usein mielletään olevan koneellista ajattelua, tietokoneelle algoritmien kirjoittamista. Oletettavasti suurin hyöty algoritmisen ajattelun kehittämisestä on ohjelmoijille, vaikka kuten esimerkiksi Wing (2006) esittää, algoritmisen ajattelun olevan yleisesti hyödyllinen ongelmanratkaisutaito, muussakin kuin vain ohjelmoinnissa. Algoritmista ajattelua harjoitellaan varsinkin ohjelmointikurssien yhteydessä.

Yksi tapa opettaa algoritmista ajattelua, on siihen tarkoitukseen käyvät pelit. Opetuksessa käytettäviä pelejä ovat usein oppimispelit ja harvemmin kaupalliset alkuperäiseltä tarkoitukseltaan viihdekäyttöön suunnatut pelit. Vaikka viihdepelejä ei ole suunniteltu juuri opetuskäyttöön ovat nekin pohjimmiltaan pelaajalle asetettuja haasteita, joissa pelaajan tulee oppia jokin pelimekaniikka, tullakseen paremmaksi siinä ja edetäkseen pelissä.

Tämä tutkielma on kirjallisuuskatsaus, jossa käsitellään kirjallisuutta liittyen algoritmisen ajattelun kehittämiseen pelien avulla. Kirjallisuuden pohjalta pyritään vastaamaan seuraaviin kysymyksiin:

1: Mitä mahdollisuuksia pelit tuovat algoritmisen ajattelun opettamiselle?

2: Millainen on tarjonta algoritmista ajattelua opettavista peleistä, jotka ovat julkisesti saatavilla?

3: Mitä eroja on oppimispelien ja viihdepelien välillä algoritmisen ajattelun oppimisessa?

Algoritmista ajattelua opettavista oppimispeleistä on jo olemassa kirjallisuuskatsauksia, kuten Theodoropolouksen ja Lepourasin (2020) tekemä. Tämä tutkielma kuitenkin huomioi oppimispelien lisäksi myös viihdepelien näkökulmasta tehdyn tutkimuksen. Tavoitteena saavuttaa aiempaa laajempi ymmärrys aihepiirin nykytilanteesta. Viihdepelien tutkimisesta voi olla myös oppimispelien kannalta hyötyä. Oppimispelien suunnittelijat voisivat mallina käyttää kaupallisia digitaalisia pelejä, jotka on tehty opettamaan ohjelmoinnin konsepteja (Blanco & Engström, 2020).

Aineisto kerättiin Google Scholar ja Scopus-tietokannoista. Aineistoa etsittiin hakutermeillä "computational thinking", "game*", "game-based learning", "cots" (commercial off the self). Algoritmisen ajatteluun liittyy useita eri määritelmiä. Näistä on haettu eniten lainatut Google Scholarista, jotta aiheesta saataisiin mahdollisimman validi käsitys.

Kirjallisuuskatsaus toteutettiin kuvailevana, tarkemmin integroivana kirjallisuuskatsauksena, noudattaen Salmisen (2011) ohjeita. Integroivan kirjallisuuskatsauksen tunnuselementtinä on aineiston kuvaileva, mutta kriittinen tarkastelu. Kirjallisuuskatsauksen aihe on suhteellisen tuore, ja katsauksessa löydetyn kirjallisuuden laatu on vaihtelevaa. Integroiva kirjallisuuskatsaus auttaa kirjallisuuden kriittisessä tarkastelussa ja syntetisoinnissa (Torraco, 2005). Tutkimuksen vaiheet toteutettiin Salmisen (2011) kuvaileman integroivan kirjallisuuskatsauksen mukaisesti, eli: tutkimusongelman asettelu, aineiston hankkiminen, arviointi, analyysi sekä tulkinta ja tulosten esittäminen.

Tutkielma koostuu johdannon lisäksi kolmesta luvusta. Näistä ensimmäisessä tarkemmin määritellään algoritmisen ajattelu ja käsitellään sen ja videopelien historiaa opetuskäytössä. Tämän jälkeisessä luvussa syvennyttään algoritmisen ajattelun videopeleillä opettamiseen ja siihen liittyvään tieteelliseen kirjallisuuteen. Tätä seuraa luku, jossa esitellään tutkielman tulokset ja vastataan tutkimuskysymyksiin. Tuloksien jälkeen lopuksi lyhyt yhteenveto koko tutkielmasta.

2 ALGORITMINEN AJATTELU JA VIDEOPELIT OPETUSKONTEKSTISSA

Tässä luvussa määritellään algoritmisen ajattelun sekä kuvaillaan sen ja videopelien käyttöä opetuskontekstissa. Luvussa paneudutaan selvittämään, miksi algoritmista ajattelua on tuotu osaksi opetussuunnitelmia ympäri maailmaa. Tämän jälkeen käsitellään videopelien hyödyntämistä opetuksessa. Tämä luku vastaa kysymyksiin: miksi opettaa tai oppia algoritmista ajattelua, ja miksi hyödyntää videopelejä opetuksessa.

2.1 Algoritmisen ajattelun määrittely

Algoritmisen ajattelu on käsitteenä hieman heiluva, sille ei ole yhtä kaikkien käyttämää määritelmää. Kielten välisen mutkan asiaan tekee vielä se, kun suomeksi puhutaan algoritmista ajattelusta, tarkoitetaan englannin kielen "computational thinking" termiä. Englannin kielessä on kuitenkin myös termi "algorithmic thinking", joka tarkoittaa algoritmien muodostamista ja on useimmissa määritelmissä osa "computational thinking" kokonaisuutta. Tästä syystä suomen "algoritmisen ajattelun" tilalla joskus käytetään muita termejä, kuten laskennallinen ja ohjelmoillinen ajattelu. Tässä tutkielmassa käytetään algoritmista ajattelua vastamaan "computational thinking" -termiä, sillä näin termiä käytetään opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus, 2016). Myös englannissa on ehdotettu eri nimiä algoritmille ajattelulle. Berland ja Wilensky (2015) määrittivät algoritmisen ajattelun tarkoittavan taitoa ajatella käyttäen tietokoneita työkaluna ja ehdottivat nimen "computational thinking" tilalle "computational perspectives".

"Computational thinking" on jo vuonna 1980 Papertin (1980, s. 182) keksimä termi, joka on tullut kunnolla tunnetuksi vasta Wingin (2006) julkaisujen avulla. Algoritmisen ajattelu on käsite, joka luotiin kuvaamaan ohjelmoinnissa käytettyjä ongelmanratkaisutekniikoita ja ajatteluprosesseja. Wing (2006) on tunnetusti esittänyt algoritmisen ajattelun olevan fundamentaalinen taito, jonka

hallinnasta olisi hyötyä jokaiselle, ei vain ohjelmoijille. Wing (2006) argumentoi, että kaikki perustavanlaatuiset taidot, jotka sisältävät systemaattista ja loogista ajattelua ongelmien ratkaisemiseksi ovat osa algoritmista ajattelua. Wingin (2006) mukaan abstrahointi on algoritmisen ajattelun tuntomerkki. Tämän lisäksi algoritmiseen ajatteluun kuuluu viisi muuta osaa: ongelman muotoilu, ongelman uudelleen muotoilu, ongelman erittely, automatisointi ja systemaattinen testaus (Wing, 2006). Suuressa osassa tieteellisiä artikkeleita mainitaan juuri tämä määritelmä algoritmille ajattelulle. Joskus eri osa-alueita korostetaan, minkä vuoksi edes Wingin (2006) määritelmää algoritmille ajattelulle ei aina esitetä yhtenäisesti. Esimerkiksi Hsu, Chang ja Hung (2018) kertovat Wingin (2006) jakavan algoritmisen ajattelun yhteentoista ajattelun prosessiin, kun taas Hooshyar ym. (2020) kertovat Wingin jakaneen algoritmisen ajattelun kuuteen osaan. Kuitenkin se, että algoritmisen ajattelu ei ole vain tärkeää ohjelmoijille, vaan hyödyllistä kaikille, nousee esille suurimmassa osassa tutkimuksista.

Algoritmille ajattelulle on tullut ajan saatossa monia muitakin määritelmiä. Aho määrittelee algoritmisen ajattelun tarkoittavan ajatteluprosessia, jossa ongelmia muotoillaan siihen tyyliin, että ne voidaan ratkaista vaiheittain ja algoritmeina (Aho, 2012). Shute, Sun ja Asbell-Clarke (2017) määrittelevät algoritmisen ajattelun tarkoittavan konseptuaalista perustaa, jota tarvitaan tehokkaassa ongelmanratkaisussa (eli algoritmisesti, tietokoneiden kanssa tai ilman), ja jonka ratkaisut ovat uudelleen käytettävissä eri konteksteihin. Tällä viitataan siihen, että varsinkin ohjelmoinnissa ohjelmat pyritään luomaan yleistettävällä tasolla, jolloin niitä voidaan kohtuullisen vaivattomasti käyttää osana myös muita ratkaisuja.

Palts ja Pedaste (2020) tarkastelivat algoritmisen ajattelun määritelmiä tieteellisissä papereissa ja loivat niiden pohjalta yleiskatsauksen aiheeseen. Palts ja Pedaste huomasivat Wingin (2006) jälkeisten määritelmien keskittyvän kuuteen uuteen määritelmään, joissa on samoja osia Wingin ja toistensa kanssa, mutta usein myös eroavaisuuksia. Palts ja Pedaste loivat usein esiintyvien määritelmien pohjalta oman määritelmänsä, jossa osin tiivistetään, mutta esitetään kuitenkin kattavasti kaikki osa-alueet mitä algoritmisen ajattelun määritelmät usein pitävät sisällään. Nämä kahdeksan osa-alueetta ovat listattuna Taulukossa 1. Taulukossa on eritelty myös Shuten ym. (2017) määrittelemät osa-alueet algoritmille ajattelulle.

TAULUKKO 1 Algoritmisen ajattelun osa-alueet

Palts & Pedaste (2020)	Shute ym. (2017)
Ongelman muotoilu	-
Abstrahointi (käsitteellistäminen)	Abstrahointi
Ongelman uudelleen muotoilu	-
Ongelman erittely, jakaminen osiin	Ongelman erittely
Datan keruu ja analysointi	-
Algoritminen suunnittelu, rinnakkaisuus, iteraatio, automaatio	Algoritminen suunnittelu, iteraatio
Yleistäminen	Yleistäminen
Testaus ja arviointi	Debuggaus

Shuten ym. (2017) määritelmä on nykyään paljon viitattu, mutta ei esiinny Paltsin ja Pedasteen (2020) kirjallisuuskatsauksessa, sillä se jää aineiston hakemiseen käytettyjen julkaisukanavien ulkopuolelle. Paltsin ja Pedasteen (2020) tekemän määritelmän kattavuus tulee hyvin esille Taulukossa 1, sillä se on Shuten ym. (2017) määritelmää laajempi ja sisältää kaiken mitä Shuten ym. (2017) määritelmä sisältää. Taulukko 1 lyhyesti havainnollistaa algoritmisen ajattelun määritelmien eroja. Siinä Palts ja Pedaste (2020) määritelmä on kattava ja käsittelee kaikki usein määritellyt algoritmisen ajattelun osa-alueet, kun taas Shuten ym. (2017) määritelmä on tarkemmin rajattu ja nostaa eri algoritmisen ajattelun osa-alueita esille.

Paltsin ja Pedasteen (2020) kirjallisuuskatsauksen pohjalta voidaan sanoa, että algoritmisen ajattelu tarkoittaa jonkun ongelman abstrahointia, eli ongelma-alueen käsitteellistämistä, ja algoritmiseen toteutukseen perustuvaa ratkaisua. Tämä algoritmisen ratkaisu pyritään toteuttamaan tavalla, joka hyödyntää automaatiota, iterointia ja rinnakkaisuutta. Algoritmiseen ajatteluun voi liittyä muitakin osia kuten datan kerääminen ja analysoiminen, ongelman muodostaminen ja erittely, sekä vielä yleistäminen ja testaus. Kuten Taulukko 1 osoittaa, määritelmässä voi olla eroja näiden ominaisuuksien välillä.

Algoritmisen ajattelun määritelmä on hieman muuttunut ajansaatossa. Toisaalta tämä muuttuvuus on kuvaava IT-alalle yleisestikin, mutta varsinkin oppilaitokset halusivat termille tarkempaa ja yhtenäisempää määritelmää. Konsensuksen tarve algoritmisen ajattelun määritelmälle on jo pitkään tiedostettu tieteellisessä kirjallisuudessa. Tutkijat kuten Shute ym. (2017) sekä Palts ja Pedaste (2020) ovat pyrkineet paikkaamaan yhden selkeän määritelmän puutteta kirjallisuuskatsauksilla algoritmisen ajattelun määrittelemisestä. Kirjallisuuskatsaukset tiivistävät ja selkeyttävät algoritmisen ajattelun määritelmää, mutta päätyvät kuitenkin hieman eri tuloksiin algoritmisen ajattelun tarkasta määritelmästä. Syy tälle löytyy luultavasti Wingin (2006) popularisoiman määritelmän laajuudesta. Wing (2006) pyrki erottamaan algoritmisen ajattelun ohjelmoinnista määrittelemällä algoritmisen ajattelun ongelmanratkaisuprosessiksi,

josta on potentiaalisesti hyötyä muussakin kuin vain ohjelmointi kontekstissa. Algoritmisen ajattelu on joka tapauksessa konseptina lähtöisin halusta nimetä, ja useimmiten ymmärretään, ajatusprosessina ohjelmien ja koodin luomisen taustalla. Ohjelmien luonti vaatii kuitenkin monia eri taitoja ja algoritmisen ajattelun määritelmässä esiintyvät eroavaisuudet pohjautuvat lähinnä eroihin ohjelmoinnin eri taitojen painottamisessa.

2.2 Algoritmisen ajattelun opetus

Algoritmisen ajattelun kehittämisellä on monia yleispäteviä hyötyjä, kuten ongelmien erittely ja tarkoituksenmukainen hajottaminen pienempiin osiin, menettämättä kokonaiskuvaa ongelmasta. Tämä on varmasti pätevä ratkaisutapa monenlaisien ongelmien ratkaisemiseen, ei vain ohjelmointiongelmiin. Algoritmisen ajattelun konkreettisin yhteys uraan työelämässä on kuitenkin ohjelmoinnissa. Algoritmisen ajattelun (ja ohjelmoinnin) opetus lisää lasten kosketusta ohjelmointiin ja mahdollisesti kiinnostusta aiheeseen. Ohjelmointi on miesvaltainen ala, ja tottumuksia voisi järjestyttää juuri tuomalla ohjelmointi mahdollisuuksia kouluihin. Shute ym. (2017) toivoo sukupuolten välisten erojen tutkimusta algoritmiseen ajatteluun enemmän. Monet ovat pohtineetkin algoritmisen ajattelun mahdollisuutta motivoida myös naisia enemmän matemaattisluonnontieteellisille aloille, mutta tutkimustulokset ovat olleet epäjohdonmukaisia (Shute ym., 2017). Algoritmisen ajattelun hallitsemisesta on myös tutkimuksien avulla löydetty positiivisia yhteyksiä luovuuteen (Repenning ym., 2015) ja muihin matemaattisluonnontieteellisiin aloihin (Sengupta, Kinnebrew, Basu, Biswas & Clark, 2013).

Algoritmisen ajattelu aihealueensa puolesta sopii hyvin opetettavaksi ohjelmoinnin yhteydessä. Kuitenkin Wing (2006) ehdottaa, että algoritmista ajattelua voidaan hyödyntää useilla eri aloilla. Algoritmille ajattelulle voidaan löytää yhteys ja jalansijaa ohjelmoinnin lisäksi erityisesti matematiikasta. Mannila ym. (2014) esittävät, että algoritmisen ajattelu voidaan integroida matemaattisluonnontieteellisten aineiden lisäksi muihinkin aineisiin. Algoritmista ajattelua on kokeiltu tietojenkäsittelyn, latinan, englannin, grafiikan ja historian kursseilla (Settle ym., 2012).

Algoritmista ajattelua on pyritty opettamaan muun muassa ohjelmoinnilla, robotiikalla ja pelisuunnittelulla (Shute ym., 2017). Ohjelmointia opettaessa käytetään usein Scratch-ohjelmointityökalua, joka on ilmainen nettityökalu, jolla voidaan luoda mediaa, kuten pelejä ja animaatioita, rakentamalla koodia koodipalikoista (Shute ym., 2017). Robotit ovat usein Lego-robotteja, joita ohjataan liikkumaan myös rakentamalla koodia koodipalikoista. Valmiista palikoista koodin rakentaminen on ohjelmointia opetellessa helpompaa kuin, koodin kirjoittaminen normaalisti, sillä palikoilla ei voi tulla syntaksivirheitä, eli siis kirjoitusvirheitä, jotka pilaisivat koodin toimimisen. Algoritmeja voidaan opettaa myös ilman digitaalisia välineitä, pelkkä kynä ja paperi riittää. Shuten ym. (2017) mukaan ohjelmointia, robotteja, ja pelisuunnittelua käytetään opettamaan algo-

ritmista ajattelua, sillä jokainen niistä opettaa monia algoritmisen ajattelun osia. Ohjelmointi vaatii abstrahointia, yleistämistä ja debuggaamista. Robotit vaativat ongelman identifioimista, erittelyä ja debuggaamista. Pelisuunnittelu ja pelaaminen vaativat monia taitoja esimerkiksi ongelman erittelyä, systemaattista testausta ja debuggausta, yleistämistä, ja iterointia. (Shute ym., 2017)

Algoritmisen ajattelun tuomisessa osaksi opetusta on omat haasteensa. Algoritmisen ajattelu on yleisesti opettajille vieras aihe ja tuottaa haasteita keksiä miten yhdistää ja sisältää algoritmista ajattelua muuhun opetukseen (Shute ym., 2017). Denningin (2017) ja Shuten ym. (2017) mukaan määritelmien laajuus ja sekavuus tuottaa myös haasteita opettajille. Denning (2017) väittää algoritmisen ajattelun hyötyjen olevan liioiteltuja, sillä algoritmista hyödyistä muille kuin laskennallisia menetelmiä suunnitteleville ei ole saatu selkeää näyttöä. Algoritmisessa ajattelussa kehittymisen arviointi on myös vaikeaa, tutkijat ovat osoittaneet sen haasteelliseksi ja toivovat ajantasaisia arviointitapoja (Bers, Flannery, Kazakoff & Sullivan, 2014; Shute ym., 2017). Myös eri tutkimus tulosten arviointi on vaikeaa, koska algoritmille ajattelulle ei ole vakituista arviointitapaa tai -kehystä (Shute ym., 2017). Jonkin verran on tehty tutkimustyötä ongelman eteen. Román-González, Pérez-González ja Jiménez-Fernández (2017) kehittivät arviointiasteikon algoritmisen ajattelun osaamisen arviointiin. Skaala koostuu 28 kohdasta ja kestää suunnilleen 45 minuuttia suorittaa. Arviointi painottuu laskennallisiin konsepteihin, muun muassa sekvensseihin, silmukoihin, ehtolauseisiin ja yksinkertaisiin funktioihin. Arviointiasteikon reliabiliteetti on 0.79 ja sen validiteetti testattiin 1251 oppilaalla 5–10 luokilta. Tulokset näyttävät huomattavaa korrelaatiota muihin standardisoiuihin testeihin ajattelun taidoissa ja ongelmanratkaisutaidoissa.

2.3 Pelit opetusvälineenä

García-Peñalvon, Reimannin, Tuulin, Reesin ja Jormaisen (2016) mukaan eri oppimisympäristöt, jotka mahdollistavat monimuotoiset tavat oppimiselle fyysisten materiaalien moninaisuudessa eri muotojen ja värien kautta voivat toimia tapana kasvattaa kiinnostusta teknologiaa kohtaan. Opetustavat, jotka herättävät oppilaiden mielikuvituksen ovat olennaisia myös ohjelmoinnin opetuksessa (García-Peñalvo ym., 2016). Pelit voisivat olla yksi tällainen erilainen oppimisympäristö monimuotoistamaan opetusta ja herättämään opiskelijoiden mielenkiintoa ja mielikuvitusta.

Opetuskäytön kannalta pelit määritellään usein kahteen eri luokkaan. Ensimmäinen näistä on viihdepelit, joiden tarkoitus on viihdyttää pelaajaa. Viihdepeleistä käytetään joskus myös nimeä COTS, eli commercial off the self, mikä viittaa pelien kaupallisuuteen. Toisena on hyötypelit, joita pelaamalla harjoitetaan jotain taitoa, jota pyritään kehittämään pelin ulkoista elämää varten. Esimerkki hyötypelistä on ajosimulaattorit, joita käytetään autokouluissa harjoittamaan muun muassa pimeällä ajoa. Oppimispelit ovat olennainen osa hyötypeljä. Oppimispelit nimensä mukaan on luotu tarkoituksen mukaisesti opet-

tamaan jotain tiettyä aihetta. Joissain viihdepeleissä on potentiaalia hyötypelaamiseen, mutta pelejä ei silti määritellä hyötypeliksi, ellei niiden suunnittelussa huomioitu niiden hyötykäyttömahdollisuuksia (Narayanasamy, Wong, Fung & Depickere, 2005). Viihdepelejä usein käytetäänkin hyötypelaamistarkoituksiin, mutta tämä usein vaatii muutoksia pelin sisältöön ja tavoitteeseen (Djaouti, Alvarez & Jessel, 2011). Hyöty- ja oppimispeleillä on paljon kysyntää, minkä vuoksi niistä löytyy nykyään myös kaupallisia versioita.

Jotta peli saavuttaisi oppimistavoitteensa, täytyy pelin olla sopivan haastava (Carlson & Misshauk, 1972). Peleissä tieto tarjotaan omien oppimisvalmiuksien mukaisesti, sillä peleissä edetäkseen täytyy niissä suoriutua ja näyttää osaamisensa (Gee, 2007). Riskien ottaminen ja kokeileminen lisää peleissä jännitystä lisäämättä suurta määrää todellista epäonnistumisen pelkoa, joka voisi esimerkiksi koetilanteessa olla merkittävän voimakas (Kangas, Lundvall & Tossavainen, 2009).

Huizenga, Dam, Voogt ja Admiraal (2017) argumentoivat, että opettajien tulisi mahdollistaa oppilaiden vuorovaikutteisuus luokkahuoneessa kyselemällä ja keskustelemalla pelikokemuksista. Clarkin, Tanner-Smithin ja Killingsworthin (2016) mukaan parhaita tuloksia digitaalisten pelien konteksteissa tuottaa juuri opettajan vetämä vuorovaikutteisuus ja avustus. Peleissä opitun reflektointi itsenäisesti, muiden opiskelijoiden ja/tai opettajan kanssa on oppimisen sisäistämisen kannalta tärkeä aktiviteetti, ja ohjatun opettajavetoisen reflektoinnin kautta voidaan varmistua, että peleistä on opittu ja sisäistetty oikeat asiat (Whitton, 2009, s. 90–96).

Pelejä, varsinkin tietovisatyyllisiä pulmapelejä, voidaan käyttää lähes kaikissa oppiaineissa (Whitton, 2009, s. 59) Pelien opetuskäyttöön liittyy kuitenkin omat haasteensa. Opettaja joutuu käyttämään aikaa peliin tutustuessa ja/tai pelin sovittamisessa opetuskäyttöön. Takeuchi ja Vaala (2014) tunnistivat rajoitteita videopelien opetuskäytölle. Suurin osa peleistä on lyhytkestoisia, opettajat oppivat digitaalisilla peleillä opettamista formaalien kanavien kuten harjoittelujen sijaan informaalien kanavien kautta, pelit eivät ole linjassa opetussuunnitelman kanssa (Takeuchi & Vaala, 2014).

Ke (2016) tutki hyötypeljä ja identifioi viisi teema tutkimuksissa suunnitelluista peleistä. Ensimmäinen teema on pelioppimisen suunnittelu tiedonsaannin aktivoijana ja käyttäjänä. Toinen teema on integroinnin opettamista esittelyn, simulaation tai kontekstuaalisuuden avulla. Kolmas on oppimistilan muodostaminen pelimaailman ja -mekaniikkojen avulla. Neljäs on metarefleksio ja iteratiivisen oppimisen hetkien peliin sisällyttäminen. Viides on pelin sisäisen oppimisen avustaminen. Leen (2020) mukaan teemat ovat hyödyllisiä, mutta uuden tutkimuksen tulisi jatkaa niiden pohjalta pidemmälle, käsitellen myös kaupallisia pelejä, ei vain tutkijoiden suunnittelema hyötypeljä. Lee (2020) ehdottaa, että Ken (2016) tutkimustyötä voisi käyttää pohjana arvioimaan kaupallisia pelejä, ja kuinka hyvin ne soveltuvat opettamaan jotain tiettyä aihetta.

Boyle ym. (2016) kirjallisuuskatsauksessaan arvioivat 143:a videopeljä opetuksessa koskevaa tutkimusta vuosilta 2009–2014, ja tuli tulokseen, että

kaupallisesti julkisia pelejä on tutkittu vähemmän kuin hyötypelejä. Boyle ym. (2016) nostivat esille, että kaupallisia pelejä on haastava sisältää opetukseen, kun taas hyötypelit, on luotu usein juuri opetukseen sisältämistä varten, mutta niiden luonti kuluttaa resursseja.

3 ALGORITMISTA AJATTELUA OPETTAVAT PELIT

Tässä luvussa käsitellään tieteellistä kirjallisuutta liittyen algoritmista ajattelua opettaviin oppimis- ja viihdepeleihin. Oppimisasipelejä koskeva tutkimus jaetaan vielä erikseen oppimisasipeleiden luontiin ja jo olemassa olevien oppimisasipeleiden soveltamiseen opetuskäytössä. Oppimisasipelejä koskevan luvun jälkeen tarkastellaan alustavaa tutkimusta, jota on tehty viihdepeleiden potentiaalista algoritmisen ajattelun kehittäjänä.

3.1 Oppimisasipelelit

Seuraavassa kahdessa alaluvussa käydään läpi oppimisasipeleihin liittyvää kirjallisuutta jakamalla kirjallisuuden ensimmäisessä alaluvussa oppimisasipeleiden luontiin liittyen ja toisessa alaluvussa oppimisasipeleiden soveltamiseen opetuskäytössä.

3.1.1 Oppimisasipeleiden luonti

Peleiden opetuskäyttöön on ohjelmoinnin ja algoritmisen ajattelun osalta pohdittu olevan useita etuja. Päällimmäisenä nousee varsinkin ohjelmoinnin opettelu raskaus, kun joutuu samalla opettelemaan opetettavan ohjelmointikielen syntaksia ja opetella käyttämään ohjelmointiympäristöä, missä koodia kirjoitetaan. Usein algoritmisen ajattelun konsepteja pyritään opettamaan tästäkin syystä erossa varsinaisesta ohjelmoinnista. Algoritmisen ajattelun opetus voi olla vain kynä ja paperia. Esimerkiksi tehdään ohjeiden ja mallien avulla algoritmisen kuvaus jostain tutusta tapahtumasta, kuten tiskauksesta. Scratch-ohjelmointiympäristö on suosittu ja yleistynyt käytössä sen vuoksi, että se pyrkii tekemään ohjelmoinnista helpompaa ja visuaalisesti selkeää. Scratch-ohjelmointi tapahtuu ohjelmasta löytyvien valmiiden koodilohkojen avulla. Näin ei tarvitse huolehtia syntaksista, ja voi keskittyä ohjelmoinnin ja algoritmisen ajattelun konsepteihin, kuten ehtolauseisiin ja silmukoihin. Scratch on suosituin ohjelmointikieli algoritmisen ajattelun opettamisessa (Hsu ym., 2018).

Useissa ohjelmointi ja algoritmista ajattelua opettavissa peleissä käytetään Scratch tyylistä lohko-ohjelmointi käyttöliittymää.

Algoritmista ajattelua tukevia videopelejä on tutkittu opetuskäytössä jonkin verran. Vahldick, Mendes ja Marcelino (2014) arvioivat 40 ohjelmointiaiheista peliä sekä Miljanovic ja Bradbury (2018) arvioivat 49 peliä, joista tutkimuksien välillä 15 oli yhteistä. Vähemmistö arvioiduista peleistä oli saatavilla kaupallisista alustoista kuten App Store tai Google Play. Molemmissa tutkimuksissa nostettiin esille, että suurin osa tutkimuksesta algoritmista ajattelua opettaviin peleihin keskittyy oppimispeleihin, joita samojen tutkimusten tekijät ovat itse olleet luomassa. Vahldickin ym. (2014) arvioimista peleistä suuri osa ei ole ollenkaan julkisesti saatavilla pelin testaamiseen. Vahldick ym. (2014) huomasivat usean pelin olevan ominaisuuksiltaan samanlaisia, ja pohtivat syyn olevan pelien vähäinen julkinen saatavuus. Vahldick ym. (2014) ehdottavat, että aihepiirin tutkimuksen vauhdittamiseksi tutkijoiden kehittämiä pelejä ja niiden lähdekoodeja tuotaisiin julkisesti saataville. Vahldickin ym. (2014) arvioimista peleistä lähes puolet hyödynsivät lohkopohjaista yksinkertaistettua ohjelmointikieltä.

Theodoropoulos ja Lepouras (2020) tekivät kirjallisuuskatsauksen algoritmisen ajattelun ja ohjelmoinnin opettamisessa käytetyistä peleistä. Kirjallisuuskatsauksessa oli 44 tutkimusta. Heidän kirjallisuuskatsauksessaan suurin osa kirjallisuudesta koski pulmapelejä. Heidän tekemässä kirjallisuuskatsauksessa selvisi, että eniten esiintyvä positiivinen vaikutus oli motivaation ja kiinnostuksen lisääntyminen, joka oli tuloksena 31 tutkimuksessa. Muina useasti toistuvina positiivisina vaikutuksina oli aiheen oppiminen ja helppokäyttöisyys siinä mielessä, että ei tarvinnut aiempaa kokemusta pelin aiheesta vaan peli itsessään kykeni opettamaan. Theodoropoulos ja Lepouras (2020) kuitenkin huomasivat, että positiiviset vaikutukset ovat vahvasti riippuvaisia siitä kontekstista missä pelejä opetetaan ja oppijoista itsestään. Esimerkiksi suurimmassa osasta tutkimuksia pelien haastavuus oli sopivalla tasolla pelaajiin nähden, mutta osassa tutkimuksia koettiin myös haasteita liian vaikeiden pelien kanssa. Jos peli on liian vaikea, niin se voi pahimmillaan vaikuttaa negatiivisesti pelaajan kiinnostukseen koko algoritmista ajattelusta. Theodoropoulosin ja Lepourasin (2020) mukaan useimmissa tapauksissa kuitenkin pelit toimivat välineenä saada oppilaiden kiinnostus algoritmiseen ajatteluun. Tutkimusten mukaan pelien helppokäyttöisyys, koettu hyödyllisyys, nautinnollisuus, selkeys ja tarkoituksenmukaisuus ovat tärkeitä tekijöitä pelaajien kiinnostuksen vangittamisessa (Theodoropoulos & Lepouras, 2020). Theodoropoulos ja Lepouras (2020) pohtivat tuloksien antavan mahdollisuuksia suunnitella entistä parempia oppimispelejä.

Zhao ja Shute (2019) suunnittelivat Penguin Go nimisen algoritmista ajattelua opettavan oppimispelin. Oppimispeli perustui lohkopohjaiseen ohjelmointi kieleen, ja peli sisälsi erilaisia avustuksia helpottaakseen pelaajaa. Tutkimuksessa lapset, jotka pelasivat Penguin Go -peliä, pärjäsivät huomattavasti paremmin algoritmisessa ajattelussa, kuitenkin tutkimuksen mukaan lapsien kiinnostus algoritmista ajattelua kohtaan ei kasvanut pelatessa peliä.

Hooshyar ym. (2020) loivat oppimispelin nimeltä AutoThinking, joka opettaa algoritmista ajattelua. Useat algoritmiseen ajatteluun kehitetyt oppimispelit auttavat oppilaita ymmärtämään teoreettisia konsepteja, kuten sekvenssi ja ehtologiikkaa, mutta harvempi peli pyrkii kehittämään oppilaiden algoritmisen ajattelun taitoja, kuten yleistäminen tai debuggaus (Hooshyar ym., 2020). Peliä luodessaan tutkijat ottivat huomioon aikaisemmassa kirjallisuudessa esiintyviä arvioita algoritmista ajattelua opettavista oppimispelistä. Peliin lisätyt sisäiset ohjeet ja opasteet ovat yksi esimerkki. AutoThinking eroaa pelinä useimmista muista oppimispelistä, ainakin algoritmista ajattelua opettavista, sillä peli on suunniteltu adaptiiviseksi, jotta peli vastaisi haastavuudeltaan paremmin pelaajan taitotasoa. Näin pelaaja voi saavuttaa flow-tilan, kun peli ei ole liian helppo tai vaikea, ja pelaajan kiinnostus pelissä pysyy kauemmin. Hooshyar ym. (2020) tutkimukseen osallistui 79 alakouluikäistä lasta. Tutkimustulosten mukaan lasten algoritmisen ajattelun teoreettinen osaaminen ja taidot kuten debuggaaminen olivat huomattavasti paremmalla tasolla, kuin niiden, jotka olivat oppineet algoritmista ajattelua perinteisellä tavalla, ilman pelejä (Hooshyar ym., 2020).

Pelisuunnittelijoiden tulisi tutkia mahdollisuutta suunnitella pelejä, jotka opettaisivat myös hieman vähemmälle huomiolle jääneitä algoritmisen ajattelun konsepteja. Tässä voisi käyttää mallina kaupallisia digitaalisia pelejä, jotka on tehty opettamaan ohjelmoinnin konsepteja. (Blanco & Engström, 2020)

3.1.2 Kaupallisten ja julkisesti saatavilla olevien oppimispelien soveltaminen opetuskäytössä

Kaupallisten pelien käyttö opetuksessa on suhteellisen uusi idea (Becker & Gopin, 2016) ja on aiheuttanut hieman skeptisismiä opettajissa (Van Eck, 2008). On kuitenkin näyttöä kaupallisten pelien hyödyistä myös ohjelmointi kontekstissa (Panoutsopoulos & Sampson, 2012). Siitä huolimatta tulisi kehittää vankempi teoreettinen viitekehys kaupallisten pelien sisältämiseksi osaksi opetusta (Demir, taşkin & Seferoglu, 2020). Kaupallista peliä sisällyttäessä opetukseen, on tärkeämpää pelin soveltuvuus opetukseen kuin pelin suosio (Becker & Gopin, 2016). Gopinin (2014) määrittelemän viitekehysten mukaan kaupallisia pelejä tulisi arvioida kolmesta perspektiivistä: oppimistavoitteiden määrittely, pelin motivoimisstrategioiden analysointi, ja pelin opetusstrategioiden analysointi. Tämä on hieman suppeampi kuin Ken (2016) identifioimat viisi teemaa hyötypeleistä, joita Lee (2020) ehdotti käytettäväksi kaupallisten pelien opetus-tarkoituksen arvioinnissa.

Vaikka suurin osa tutkimuksista videopelien käytöstä välineenä ohjelmoinnin opetteluun koskee oppimispelisiä, joita ei välttämättä julkaista julkisuuteen ollenkaan, kaupallisilla alustoilla on kuitenkin myynnissä useita ohjelmointiin liittyviä pelejä, jotka ovat saavuttaneet suurta suosiota (Blanco & Engström, 2020). Useita pelejä on ostettu/ladattu yli satatuhatta kertaa. Blanco ja Engström (2020) analysoivat 10:tä Steamissa ja Google Playssa myynnissä olevaa peliä ja tutkivat mitä ohjelmoinnin ominaisuuksia niissä esiintyy. Tutki-

muksen löydöksenä oli, että fundamentaalisilla ohjelmointi konsepteilla on hyvä esiintyvyys peleissä, mutta datastruktuureilla, algoritmeilla ja suunnittelulla on vähemmän esiintyvyyttä. Pulmapelit dominoivat markkinoita (Blanco & Engström, 2020). Suurimmassa osassa pelejä sovellettiin Scratch tyylistä lohko-ohjelmointia.

Johnson ym. (2016) analysoivat 100 kaupallista videopeliä ja niiden soveltuvuutta ohjelmointiin. Näistä peleistä he löysivät, että 64 keskittyy johonkin ohjelmoinnin alueeseen ja 17 keskittyy algoritmiseen ajatteluun, siihen tyyliin kuin Wing (2006) sen määritteli. Peleistä 61 oli suunnattu aloittelijoille, 59 edistyneille aloittelijoille, 23 kyvykkäille, ja 2 taitaville. Tarkempaan analyysiin tutkijat valikoivat neljä peliä: The Foos, Human Resource Machine, Lightbot, ja Picobot. Peleistä otettiin mallia pelisuunnittelun viitekehyksen luomiselle. Johnsonin ym. (2016) tutkimuksessa pelejä ei siis testattu opetuksessa, vaan vain arvioitiin niiden opettavan algoritmista ajattelua.

Lindberg, Laine ja Haaranen (2018) arvioivat eri maiden opetussuunnitelmia ohjelmoinnin kannalta ja 29 kaupallisesti saatavilla olevaa videopeliä, jotka käsittelivät ohjelmointia. 11 peleistä oli samoja kuin Vahldickin ym. (2014) tutkimuksessa. Lindberg ym. (2018) jakoivat arvioimat pelinsä peleihin, jotka ovat sopivia 1–6 luokkalaisille, ja peleihin, jotka ovat sopivia 7–12 luokkalaisille. Lindebergin ym. (2018) arvioimista peleistä vain neljä soveltui 7–12 luokkalaisille, tai keskitason ohjelmoijille. Tutkijoiden mukaan oli haastavaa löytää pelejä keskitason ohjelmoijille. Kahdeksan peliä soveltui kokeneille ohjelmoijille ja loput aloittelijoille. Lindberg ym. (2018) myös esittivät, mitä ohjelmointi aiheita pelit pitävät sisällään, ehtolauseita, silmukoita, metodeja, ja muuttujia. Ohjelmointi oppimispelien listaus opettajille nähtäväksi on hyvä alku. Kuitenkin pelien tuominen luokahuoneeseen on työlästä. Lindberg ym. (2018) ehdottavat, että opettajat voisivat ehdottaa tutkimuksessa listattuja pelejä oppilaille vapaa-ajalla pelattavaksi. He vielä huomauttavat, että pelit eivät voi korvata Scratch tyylisiä ohjelmointityökaluja, ja pelejä tulisi käyttää vain muun opetuksen ohjaisena motivoivana materiaalina. Suurimmassa osassa peleistä oppiminen tapahtui itsenäisesti pelatessa, mutta muutama peli oli suunniteltu koulujen opetuskäyttöön, ja ovat opettaja vetoisia, ja vain yksi peli selkeästi mahdollisti sosiaalisen oppimisen muiden pelaajien kanssa. Jotkut peleistä sisältävät työkaluja opettajille, ja jotkut sisältävät toimintoja oppilaiden tarkkailulle ja auttavat opettajia oppimisympäristön luonnissa. (Lindberg ym., 2018)

Rowe ym. (2021) kuvailevat, kuinka tutkijat hyödynsivät Zoombinis-oppimispelien keräämiä lokitietoja, ja niiden pohjalta suunnittelivat automaattisia algoritmisen ajattelun harjoittamisen tunnistimia, perustuen teoreettiseen ja empiiriseen pohjaan. Rowe ym. (2021) käyttävät tekemiään pohjia analysoidaan algoritmisen ajattelun oppimista algoritmisen ajattelun tunnistimien avulla. Tutkimuksessa oli mukana 797–980 (pulumasta riippuen) oppilasta 3–8 luokilta. Tutkimus osoitti, että varsinkin tunnistimet, jotka olivat yhteydessä ongelmanratkaisuun, algoritmisen ajattelun harjoitteisiin, ja pelaamistehokkuuteen, olivat valideja arviointeja, pelaajien epäsuorasta algoritmisen ajattelun oppimisesta. Rowe ym. (2021) ehdottavat, että pelisuunnittelijat voisivat ottaa

mallia ja luoda omat tunnistimet omiin peleihinsä. Epäsuoran oppimisen arviointi, joka hyödyntää datan keruu tekniikoita ja käsin merkittyjä tunnistimia, tarjoaa mahdollisuuden tutkia miten oppilaat voivat pelaamiseen liittyvän käyttäytymisen kautta osoittaa kognitiivisia vahvuuksia, jotka voisivat muuten jäädä huomiotta akateemisissa testeissä (Nguyen, Garner & Sheridan, 2018). Nguyenin ym. (2018) mukaan erityisesti vammaiset voivat hyötyä tästä. Asbell-Clarken ym. (2021) tutkimus, jossa oli mukana Zoombinis-videopeli löysi, ettei sukupuolella tai oppitasolla ollut vaikutusta pelin ulkopuoliseen algoritmiseen ajatteluun. Tutkimuksessa tultiin tulokseen, että Zoombinis on tuloksia tuottava algoritmisen ajattelun oppimis- sekä arviointityökalu peruskoululaisille.

Yksi keino tuoda kaupallisesti saatavilla olevia pelejä kouluihin on opetuskäyttöön muokatut versiot viihdepeleistä. Minecraft: Education Edition on oppimispeliversio viihdepelistä Minecraft. Tällä oppimispeliversiolla voidaan opetella monia aiheita ohjelmoinnin lisäksi. Pelin omistajan Microsoftin (2016) mukaan peli on käytössä yli 10 000 koulussa ja 50 eri maassa. Huomioitakoon kuitenkin, että peliä käytetään muuhunkin kuin ohjelmoinnin opetukseen. Karsentin ja Bugmannin (2017) tutkimuksessa Minecraft: Education Edition motivoi ja paransi tutkimuksen osallistujien ohjelmointikykyä. Tutkimukseen osallistui 118 ala-astelaista. Khenissi, Essalmi ja Jemni (2013) loivat klassisesta Pacman pelistä opetuskäyttöön ohjelmoinnin osaamista testaavan pelin. Peli toimii hyvin pitkälti kuin normaali Pacman, mutta Pacmanin syödessä tähden pelikentältä peli pysähtyy ja pelaaja joutuu vastaamaan ohjelmointiteemaiseen kysymykseen. Khenissin ym. (2013) tutkimuksessa oli mukana 93 oppilasta ja tutkimustuloksien mukaan oppilaiden motivaatio nousi peliä pelatessa. Prog&Play on Muratetin, Torguetin, Vialletin ja Jesselin (2010) luoma oppimispeli, joka opettaa ohjelmointia, ja sitä voi käyttää usealla eri ohjelmointikielellä muun muassa: C, C++, Java, OCaml, Ada ja Scratch. Prog&Play on opetuskäyttöön muokattu versio kaupallisesta Kernel Panic -pelistä. Kernel Panic pelissä pelille annetaan käskyjä hiirtä klikkaamalla. Näin pelissä muun muassa liikutaan ja rakennetaan rakennuksia. Oppimispeli versioissa käskyt pitää antaa ohjelmoiden. Huomattavan positiivisena tuloksena Muratetin ym. (2010) tutkimuksessa oli se, että kaikkien osallistujien mielestä ohjelmointi teki Kernel Panic pelistä normaalia viihdyttävämpää ja yli puolet osallistujista jatkoi mieluummin oppimispeli version pelaamista tutkimuksen vaiheessa, jossa sai pelata Kernel Panicin normaalia versiota. Tutkimuksessa mukana olleet opettajat olivat oppimispelistä positiivisia, mutta kaipasivat enemmän opettajille tarkoitettua tukimateriaalia. Tutkimuksen mukaan oppilaat pitivät pelin pelaamisesta ja peliä pelanneet opiskelijat menestyivät muita paremmin kurssin väli- ja loppukokeessa.

3.2 Viihdepelit

Viihdepeleissä tapahtuvasta tahattoman oppimisen tarkastelusta voisi olla hyötyä oppimispelien suunnittelussa (Boyle, 2016). Viihdepelien hyvänä puolena

oppimispeleihin nähden on se, että varsinkin jos ne ovat suosittuja, niin niiden laatua on testattu monessa mielessä. Viihdepelejä pelataan pääsääntöisesti vapaa-ajalla, mikä voi olla joidenkin julkisten oppimispelien varsinkin kaupallisten pelien tavoitteena.

Demir ym. (2020) etsivät Steam-pelialustalta videopelejä hakusanoilla ”programmin, coding, computing, ja algorithm”, näillä tuli 1249 osumaa, jotka tutkijat rajasivat ensin 29:ään ja lopulta kuuteen peliin, jotka olivat tarkemman analysoinnin arvoisia. Tutkijat analysoivat kuutta Steamista löytyvää peliä ja niiden soveltuvuutta opettamaan algoritmista ajattelua. Löydettiin kuusi peliä, joiden pohdittiin soveltuvan algoritmisen ajattelun kehittämiseen: Human Resource Machine, Algotica - Iteration 1, Super Markup Man, Screeps, Glitchspace ja Cyber Sentinel. Näissä peleissä huomattiin vähäinen määrä yhteistyötä, mutta enemmän ongelmanratkontaa ja algoritmista ajattelua.

Ch’ng, Lee, Chia ja Yeong (2017) keräsivät dataa 655 oppilaalta, jotka suorittivat perusteet tason kurssia tietokonetaidoista yliopistossa. Tutkimuksessa suoritettiin kysely, jossa kyseltiin kurssilaisten aikaisempia pelikokemuksia. Tutkimuksessa kyseltiin, millaisia pelatut pelit olivat ja selvitettiin, että kaikissa peleissä on genrestä riippumatta mekaniikkoja, jotka palkitsevat pelaajan edistymisestä ja koukuttavat pelaajaa jatkamaan pelaamista. Tutkijat analysoivat kahdeksaa kyselyissä eniten esiintynyttä vastanneiden pelaamaa peliä, joiden pohjalta tulivat tulokseen, että genrestä riippumatta videopelit harjoittavat algoritmisen ajattelun taitoja. Tutkimuksessa annetaan esimerkkejä, kuten strategia peli DOTA, jossa pelaajat strategisoivat voittaakseen vihollisensa ja joutuvat myös muuttamaan taktiikoitaan pelin edetessä. Pelin pelaaminen siis vastaa useaa algoritmisen ajattelun osaa muun muassa ongelmanratkaisua ja debuggaamista. Tutkijat ehdottavat, että mahdollinen haaste voisi olla pohtia, miten oppilaat saataisiin siirtämään taitonsa pelaamistaan peleistä algoritmiseen ajatteluun ja ohjelmointiin, sen sijaan, että luotaisiin oppimispelejä, jotka opettavat näitä asioita. Ch’ngin ym. (2017) tutkimus on kuitenkin rajallinen eikä perustu varsinaiseen näyttöön siitä, että videopelien pelaaminen kehittää algoritmista ajattelua, vaikka tutkijat niistä yhteyksiä tunnistivatkin.

Pari vuotta myöhemmin Ch’ng, Low, Lee, Chia ja Yeong (2019) tekivät samanlaisen tutkimuksen. Tällä kertaa tutkimukseen osallistui 736 yliopistop opiskelijaa. Tutkimus toteutettiin samanlaisella kyselyllä kuin aiemmin. Tutkimuksessa löydettiin vahva yhteys kyvykkyydestä algoritmisen ajattelun abstraktioon ja ongelman erittelyyn aikaisempien pelikokemusten kanssa. Ch’ng ym. (2019) pohtivat mahdolliseksi syyksi pelien asettamia tavoitteita, päämääriä ja etenemiseen perustuvaa palkitsemisysteemiä, joka motivoi pelaajia. Pelaajat siten yrittävät löytää keinoja maksimoida palkintoja samalla minimoiden häviämismahdollisuuksia, esimerkiksi ottamalla liikaa vahinkoa pelissä. Kaikissa peleissä on ongelma, joka pelaajan tulee tunnistaa ja keksiä ratkaisuja, pelin antamaan informaatioon riippuen. Adachi ja Willoughby (2013) mainitsevat näiden olevan juuri niitä asioita, jotka kannustavat ongelmanratkaisutaitoja. Ch’ng ym. (2019) ehdottavat, että opettajat voisivat ohjeistaa oppilaita valitsemaan pelin, jota haluaa pelata ja jakamaan pelikokemuksiaan muiden kanssa.

Gandolfi (2018) tutki kaupallisten viihdepelien vaikutusta algoritmiseen ajatteluun. Tutkimuksessa 1400 osallistujaa osallistui kyselyyn, jonka tarkoituksena oli selvittää kolmen yhteistyötä vaativan videopelin, *Overwatch*, *For Honor*, *Tom Clancy's Rainbow Six: Siege*, vaikutuksia yhteistyötaitoihin ja algoritmiseen ajatteluun. Toisin kuin usein tutkitut pulmapelit, kyseessä olevat pelit ovat vauhdikkaita ensimmäisen persoonan ammunta pelejä. Kyselyssä olevat kyselyt mittasivat algoritmista ajattelua kysymyksillä "Pysytkö perillä pelistä ja pysytkö perillä pelin dynamiikoista" (vastaa algoritmisessa ajattelussa erittelyä), "käytätkö pelin opettamia strategioita pelin ulkopuolella" (abstrahointi), "muutatko strategioita kesken ottelun" (debuggaus, testaaminen), "pystytkö mukautumaan eri pelitilanteisiin (esimerkiksi pelaaminen eri kartassa, eri pelaajien kanssa)" (yleistäminen) (Gandolfi, 2018). Tutkimustuloksien perusteella peleissä on selkeä yhteys algoritmisen ajatteluun (Gandolfi, 2018). Gandolfi (2018) ehdottaa, että näitä pelejä voitaisiin käyttää osana opetusta tai sen tutkimusta.

Strategia- ja pulmapeligenret ovat eniten tutkittuja algoritmisen ajattelun yhteyksien löytämisen kannalta. Tämä pätee videopelien lisäksi myös lautapeleihin. Berland ja Lee (2011) tutkivat *Pandemia*-lautapelin pelaamisen ja algoritmisen ajattelun yhteyksiä ja huomasivat, että pelaajat osoittavat kykyjä identifioida ongelmia ja rakentaa ratkaisuja perustuen omaan observointiin ja pelinsisäisiin tapahtumiin. Tämä vastaa algoritmisen ajattelun ongelman muodostamista ja erittelyä. Berland ja Lee (2011) pohtivat, että peli harjoittaa algoritmista ajattelua, sillä pelaajat joutuvat sisäistämään pelin säännöt ja suunnittelemaan strategioita, joilla suoriutua pelissä optimaalisesti. Eri tutkijat ovat kehittäneet omia lautapelejä algoritmisen ajattelun opettamiseksi, mutta markkinoilta löytyy myös viime vuosien aikana kasvavissa määrin useita kaupallisia lautapelejä, joita on suunniteltu myös opettamaan algoritmista ajattelua (Poole, Clarke-Midura, Rasmussen, Shehzad & Lee, 2021).

4 TULOSTEN TULKINTA JA POHDINTA

Tämän kirjallisuuskatsauksen ensimmäinen tutkimuskysymys ”Mitä mahdollisuuksia pelit tuovat algoritmisen ajattelun opetukselle?” kaikuu pitkin kirjallisuutta. Useat tutkijat ovat esittäneet jo valmiiden pelien käyttöä, jos ei suoraan opetuksessa, niin ainakin referenssinä ja viitteenä kuinka tehdä pelejä, jotka kiinnostaisivat ja olisivat laadukkaita. Varsinaista, jonkun tietyn julkisen pelin referenssikäyttöä ei kirjallisuudessa tullut vastaan, mutta alalla on tehty tuoreita kirjallisuuskatsauksia, kuten Theodoropoulosin ja Lepouraksen (2020), spesifisti julkisia oppimispelejä koskeva, minkä avulla tutkijat ja opettajat voivat vaivattomammin löytää pelejä, joiden käyttöä opetuksessa voisi kokeilla. Tämän lisäksi joitain viihdepelejä on jalostettu opetustarkoitukseen. Minecraft: Education Edition on todella suosittu ja löytänyt jo tiensä opetuslaitosten käyttöön. Omituistesti kuitenkin kyseisen pelin vaikutuksista on tehty suhteellisen vähän tutkimusta. Tämä ohjelmointia opettava peliversio kuitenkin selkeästi sisällyttää ohjelmointia, joten kenties pelin yhteys ohjelmointiin on niin selkeä, ettei sitä tarvitse tieteellisesti todistaa, vaan opettajillekin mahdollisesti riittää, että peli tuntuu toimivan käytännössä. Tästä huolimatta tieteellinen tutkimus kyseisen pelin vaikutuksista vähintäänkin vahvistaisi oletuksia sen toimivuudesta, ja tutkimukset voisivat luoda lisää hyviä vertailukohtia aihepiirin tutkimuksille.

Oppimispelit tutkimuksien mukaan parantavat motivaatiota ja useissa tutkimuksissa oppimispelejä pelanneet ovat pärjänneet algoritmisessa ajattelussa paremmin kuin kontrolliryhmät, jotka eivät ole pelanneet pelejä. Myös viihdepelien soveltuvuudesta algoritmisen ajattelun taitojen kehittäjäksi on olemassa tutkimuksia. Niissä arvioidaan sisältävätkö valitut viihdepelit algoritmisen ajattelun ominaisuuksia. Tämä tutkimus on kuitenkin vielä alkuvaiheessa. Tutkijat ovat määrittäneet ja tunnistaneet viihdepeleistä algoritmista ajattelua kehittäviä ominaisuuksia, mutta tutkittuja pelejä ei olla testattu käytännössä. Eli ei olla tutkittu suoriutuvatko kyseisten pelien pelaajat paremmin algoritmisesta ajattelusta kuin muut. Viihdepelien tutkiminen kaipaisi samalaisia tutkimuksia kuin oppimispelit, joissa ollaan konkreettisesti annettu näyttöä pelien pelaami-

sen hyödyistä, validoidakseen hypoteesia viihdepelien potentiaalista kehittää algoritmista ajattelua.

Toinen näkökulma tutkimuskysymyksen vastaukseksi on tarkemmin kiinni pelien ominaisuuksissa, ja siinä mitä taitoja pelien on todettu opettavan. Esimerkiksi pelien dynaamisuuden vuoksi monissa peleissä pelaajat joutuvat jatkuvasti muokkaamaan pelityyliään tai strategioitaan, minkä arvioidaan vastaavan ja mahdollisesti kehittävän debuggaamisen taitoja.

Toisen tutkimuskysymyksen ”Millainen tarjonta on kaupallisista/julkisista algoritmista ajattelua kehittävästä peleistä?” vastaus on, että tarjonnan painottuu aloittelijatason peleihin. Johnsonin ym. (2016) arvioimista peleistä suurin osa koski aloittelija pelejä ja Lindbergin ym. (2018) mukaan oli vaikeaa löytää pelejä keskitason osaajille.

Kolmanten tutkimuskysymykseen ”Mitä eroja on oppimispelien ja viihdepelien välillä algoritmisen ajattelun oppimisessa?” vastaus tiivistetään Taulukossa 2. Tutkielmassa kirjallisuus jaettiin kolmeen ryhmää, joihin aihepiirin kirjallisuus jakautuu. Taulukossa 2 on nämä ryhmät ja niiden keskeiset huomiot tiivistettynä.

TAULUKKO 2 Tutkimukset algoritmisen ajattelun oppimisesta pelien avulla

Aihepiiri	Keskeiset tulokset
Oppimispelien luonti	Tutkimukset algoritmisen ajattelun opetuksesta pelien avulla ovat painottuneet oppimispeleihin, jotka on luotu tutkimuksia varten. Suurin osa peleistä hyödyntää lohko-pohjaista ohjelmointia. Nämä pelit ovat vähissä määrin julkisesti saatavilla.
Oppimispelien soveltaminen opetuskäytössä	Oppilailla motivaation nousu ja kiinnostuksen lisääntyminen algoritmista ajattelua kohtaan. Oppilaat, jotka pelaavat oppimispelejä pärjäävät kontrolliryhmiä paremmin algoritmisen ajattelun kursseilla.
Viihdepelien soveltuvuus algoritmisen ajattelun kehittämiseen	Tutkimus aiheesta vähäistä. Pitkälti arviointia ja analysointia, vähän konkreettisia tuloksia. Strategiaa ja analysointia vaativien pelejä on arvioitu kehittävän algoritmista ajattelua, vaikeivat kyseiset pelit olisikaan algoritmisen ajattelun opettamiseen luotuja.

Tutkimuksissa, joissa luotiin oppimispelejä tuloksena on luonnollisesti oppimispeli. Kuitenkaan näitä pelejä ei usein julkaista julkiseen käyttöön (Miljanovic & Bradbury, 2018; Vahldick ym., 2014). Vahldick ym. (2014) huomasivat useiden pelien olevan samanlaisia ja pohtivat syyksi pelien vähäistä julkista saatavuutta. Tässä tutkielmassa tarkasteltiin tarkemmin Penguin Go (Zhao & Shute, 2019) ja AutoThinking (Hooshyar ym., 2020) oppimispelejä. Molemmat ovat tuoreita tutkielmia ja ottavat aiempia kritiikkejä huomioon pelejään tehdessään, mutta vain AutoThinking on näistä kahdesta julkisesti saatavilla. Julkinen saatavuus helpottaisi jatkotutkimuksien tekemistä ja mahdollisesti tutkimustulosten validiteetin vahvistamista tutkimustulosten toistamisella.

Tutkimukset osoittavat oppimispelien parantavan opiskelijoiden motivaatiota (Khenissi ym., 2013; Theodoropoulos & Lepouras, 2020) ja tuloksia algo-

ritmisessä ajattelussa, perinteisempään opetukseen verrattuna (Muratet ym., 2010; Zhao & Shute, 2019; Hooshyar ym., 2020). Pelien helppokäyttöisyys, koettu hyödyllisyys, nautinnollisuus, selkeys ja tarkoituksenmukaisuus ovat olennaisia kiinnostuksen vangitsemisessa (Theodoropoulos & Lepouras, 2020).

Viihdepelien osalta tutkimukset ovat tähän mennessä tyytyneet analysoimaan viihdepelien pelimekaniikkojen verrannollisuuksia algoritmisen ajattelun kanssa. Viihdepelejä ei olla suunniteltu algoritmisen ajattelun kehittämiseen, mutta analysointi pelien soveltuvuudesta kyseiseen tarkoitukseen voi silti johdattaa mielenkiintoisiin tuloksiin. Arviointien mukaan useasta tutkitusta pelistä löytyy elementtejä, jotka kehittävät algoritmista ajattelua. Tutkimuksissa ei kuitenkaan käytännössä testata/todisteta pelien parantavan algoritmisen ajattelun kykyjä. Tämä olisi mielenkiintoinen jatkotutkimusaihealue. Viihdepelien arviointien hyöty on lähinnä niiden käyttämisessä mallina ja apuna oppimispelien kehittämiseksi.

5 YHTEENVETO

Tässä kirjallisuuskatsauksessa tutustuttiin algoritmiseen ajatteluun ja sen opettamiseen pelien avulla. Kirjallisuutta haettiin Google Scholar ja Scopus-tietokannoista hakusanoilla "game*", "computational thinking", "game-based learning" ja "cots". Kirjallisuutta käsiteltiin kolmen erityylisten tutkielmien kautta. Tarkasteltiin tutkimuksia, joissa luotiin oppimispeli, tutkimuksia, joissa sovellettiin jo olemassa olevia oppimisasipelejä opetukseen, ja tutkimuksia, joissa arvioitiin viihdepelien potentiaalia algoritmisen ajattelun kehittämisessä. Tavoitteena oli saavuttaa laaja-alainen kokonaiskuva pelien käytöstä algoritmisen ajattelun opetuksessa. Kirjallisuuskatsauksen menetelmäksi valikoitui integroiva kirjallisuuskatsaus, halusta tarkastella aihealueen tutkimusta pääosin kuvailevasti, mutta sisällyttäen myös kriittisempää pohdintaa.

Algoritmisen ajattelun kohdalla huomattiin sen määritelmien olevan hieman epäyhtenäisiä. Tämä epäyhtenäisyys on saanut osakseen kritiikkiä varsinkin opettajilta, jotka joutuvat opettamaan algoritmista ajattelua, kun se on uutena aiheena tullut osaksi opetussuunnitelmia. Positiivisena huomiona voidaan sanoa, että kritiikki on otettu huomioon ja tehty konkreettista työtä sen eteen. Uusimmissa tutkimuksissa, jotka käsittelevät algoritmisen ajattelun opetusta pelien kautta tulee esille panostus opettajien tukimateriaaleihin ja yleisesti pelien sisäiseen avustukseen.

Oppimispelit ovat tutkimuksien mukaan toimiva tapa herättää oppilaiden kiinnostus algoritmista ajattelua kohtaan. Nämä pelit usein yksinkertaistavat käytännön algoritmista ajattelua usein lohkopohjaisella ohjelmoinnillaan ja pysyvät ohjeistuksen avulla opettamaan itse vaadittua teoriaa pelin pelaamiseksi. Yleisimmät tulokset oppimispelien tutkimuksissa on perinteisessä opetuksessa olevia kontrolliryhmiä suurempi motivaatio ja paremmat tulokset. Oppimispelien tarjonta on ollut kasvussa, mutta mitä kauemmaksi palataan ajassa taaksepäin, sitä enemmän tutkimukset ovat nostaneet esille julkisesti saatavilla olevien oppimispelien puutteen. Viihdepelit eivät oletettavasti ole yhtä tehokkaita algoritmisen ajattelun kehittämisessä kuin oppimispelit. Tutkimuksien mukaan viihdepeleistä, varsinkin pulmapeleistä, löytyy yhteyksiä algoritmiseen ajatteluun. Käytännön näytöt tuloksien tuottamisesta viihdepelien avulla vielä puut-

tuvat, mutta joka tapauksessa hypoteesina viihdepelien hyödyistä algoritmisen ajattelemisen kehittymiselle voidaan pitää epäsuorana ja vähäisempänä kehittymisenä oppimispeleihin verrattuna, sillä oppimispelit ovat keskittyneemmin juuri aiheeseen luotuja.

Tässä tutkielmassa esitelty kirjallisuuden jako oppimispelien luontiin, soveltamiseen ja viihdepeleihin on hieman epätasapainoinen. Viihdepelejä käsittelevää kirjallisuutta on vähemmän kuin kahta aiemmin mainittua. Viihdepelien tutkimus on ollut mielekästä sisällyttää kirjallisuuskatsaukseen kokonaiskuvan saamiseksi aihepiiristä, mutta tähän mennessä tutkimusta viihdepeleistä ei ole tehty vielä niin paljoa, että sillä olisi loppujen lopuksi suurta merkitystä kokonaiskuvan kannalta. Viihdepelien vaikutus tämän tutkielman tuloksiin ja löytöihin jää täten vähäisemmäksi muihin aihealueisiin verrattuna.

Mielekkäitä jatkotutkimusaiheita ovat muun kuin aloittelija tason algoritmisen ajattelun oppimispelien tutkimus, ja tutkimukset siitä onko viihdepeleillä konkreettista vaikutusta algoritmisen ajattelun kehittymiseen. Useissa tutkimuksissa myös identifioidaan kymmeniä julkisesti saatavilla olevia pelejä, mutta resurssien rajallisuuden vuoksi tarkastellaan tarkemmin vain muutamia pelejä. Näin julkisten pelien arvioinnissa algoritmiseen ajatteluun soveltuvaksi on vielä tutkimusmahdollisuuksia.

LÄHTEET

- Adachi, P. J. C. & Willoughby, T. (2013). More than just fun and games: The longitudinal relationships between strategic video games, self-reported problem solving skills, and academic grades. *Journal of Youth and Adolescence*, 42(7), 1041–1052. <https://doi.org/10.1007/s10964-013-9913-9>
- Aho, A. V. (2012). Computation and Computational Thinking. *The Computer Journal*, 55(7), 832–835. <https://doi.org/10.1093/comjnl/bxs074>
- Asbell-Clarke, J., Rowe, E., Almeda, V., Edwards, T., Bardar, E., Gasca, S., Baker, R. S. & Scruggs, R. (2021). The development of students' computational thinking practices in elementary- and middle-school classes using the learning game, Zoombinis. *Computers in Human Behavior*, 115, 106587. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106587>
- Becker, K. & Gopin, L. (2016). Selection Criteria for Using Commercial Off the Shelf Games (COTS) for Learning. *Learning, Education and Games Vol. 2: Bringing Games into Educational Contexts (43-60)*. ETC Press.
- Berland, M. & Lee, V. (2011). Collaborative Strategic Board Games as a Site for Distributed Computational Thinking. *IJGBL*, 1, 65–81. <https://doi.org/10.4018/ijgbl.2011040105>
- Berland, M. & Wilensky, U. (2015). Comparing Virtual and Physical Robotics Environments for Supporting Complex Systems and Computational Thinking. *Journal of Science Education and Technology*, 24(5), 628–647. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9552-x>
- Bers, M. U., Flannery, L., Kazakoff, E. R. & Sullivan, A. (2014). Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum. *Computers & Education*, 72, 145–157. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.10.020>
- Blanco, A. & Engström, H. (2020). Patterns in Mainstream Programming Games. *International Journal of Serious Games*, 7, 97–126. <https://doi.org/10.17083/ijsg.v7i1.335>
- 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 & Education*, 94, 178–192. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.11.003>
- Carlson, J. G. H. & Misshauk, M. J. (1972). *Introduction to Gaming: Management Decision Simulations*. John Wiley & Sons.
- Ch'ng, S. I., Lee, Y. L., Chia, W. C. & Yeong, L. S. (2017). Computational thinking affordances in videogames. Teoksessa S. C. Kong & K. Y. Li (toim.), *Conference Proceedings of International Conference on Computational*

Thinking Education 2017 (133-137). Hong Kong: The Education University of Hong Kong.

- Ch'ng, S. I., Low, Y. C., Lee, Y. L., Chia, W. C. & Yeong, L. S. (2019). Video Games: A Potential Vehicle for Teaching Computational Thinking. Teoksessa S.-C. Kong & H. Abelson (toim.), *Computational Thinking Education (247-260)*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7_14
- 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>
- Demir, Ö., taşkın, B. & Seferoglu, S. S. (2020). Selecting suitable COTS games in Steam game store to promote intrinsic motivation and computational thinking skills. *i-manager's Journal of Educational Technology, 17*, 55-65. <https://doi.org/10.26634/jet.17.2.17138>
- Denning, P. J. (2017). Remaining trouble spots with computational thinking. *Communications of the ACM, 60*(6), 33-39. <https://doi.org/10.1145/2998438>
- Djaouti, D., Alvarez, J. & Jessel, J.-P. (2011). Classifying Serious Games: The G/P/S model. *Handbook of Research on Improving Learning and Motivation through Educational Games: Multidisciplinary Approaches*. <https://doi.org/10.4018/978-1-60960-495-0.ch006>
- Gandolfi, E. (2018). You have got a (different) friend in me: Asymmetrical roles in gaming as potential ambassadors of computational and cooperative thinking. *E-Learning and Digital Media, 15*(3), 128-145. <https://doi.org/10.1177/2042753018757757>
- García-Peñalvo, F., Reimann, D., Tuul, M., Rees, A. & Jormanainen, I. (2016). An overview of the most relevant literature on coding and computational thinking with emphasis on the relevant issues for teachers. Belgium: TACCLE3 Consortium. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13111.01440>
- Gee, J. (2007). *What Video Games Have to Teach Us about Learning and Literacy*. Second Edition: Revised and Updated Edition. St. Martin's Griffin.
- Gopin, E. (2014). Finding and Evaluating Great Educational Games. Teoksessa Z. Yang, H. Yang, D. Wu, & S. Liu (toim.), *Transforming K-12 Classrooms with digital Technology (88-97)*. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-4538-7.CH005>
- Hooshyar, D., Pedaste, M., Yang, Y., Malva, L., Hwang, G.-J., Wang, M., Lim, H. & Delev, D. (2020). From Gaming to Computational Thinking: An Adaptive Educational Computer Game-Based Learning Approach. *Journal of Educational Computing Research, 59*(3), 383-409. <https://doi.org/10.1177/0735633120965919>

- Hsu, T.-C., Chang, S.-C. & Hung, Y.-T. (2018). How to learn and how to teach computational thinking: Suggestions based on a review of the literature. *Computers & Education*, 126, 296–310. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.004>
- Huizenga, J., Dam, G. T. M., Voogt, J. & Admiraal, W. (2017). Teacher perceptions of the value of game-based learning in secondary education. *Computers & Education*, 110, 105–115. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.03.008>
- Johnson, C., McGill, M., Bouchard, D., Bradshaw, M. K., Bucheli, V. A., Merkle, L. D., Scott, M. J., Sweedyk, Z., Velázquez-Iturbide, J. Á., Xiao, Z. & Zhang, M. (2016). Game Development for Computer Science Education. *Proceedings of the 2016 ITiCSE Working Group Reports*, 23–44. <https://doi.org/10.1145/3024906.3024908>
- Kangas, S., Lundvall, A. & Tossavainen, T. (2009) Digitaaliset pelit pähkinänkuoressa. Liikenne- ja viestintäministeriö. Haettu 15.4.2022 osoitteesta <http://www.nettiguru.fi/pelit.pdf>
- Karsenti, T. & Bugmann, J. (2017). *Expoloring the Educational Potential of Minecraft: The Case of 118 Elementary-School Students*. International Association for the Development of the Information Society
- Ke, F. (2016). Designing and integrating purposeful learning in game play: A systematic review. *Educational Technology Research and Development*, 64(2), 219–244. <https://doi.org/10.1007/s11423-015-9418-1>
- Khenissi, M. A., Essalmi, F. & Jemni, M. (2013). A learning version of Pacman game. *Fourth International Conference on Information and Communication Technology and Accessibility (ICTA)*, (1–3) Hammamet, Tunisia, 2013. <https://doi.org/10.1109/ICTA.2013.6815300>
- Lee, V. R. (2021). Let's cut to commercial: Where research, evaluation, and design of learning games should go next. *Educational Technology Research and Development*, 69(1), 145–148. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09865-3>
- Lindberg, R. S. N., Laine, T. H. & Haaranen, L. (2019). Gamifying programming education in K-12: A review of programming curricula in seven countries and programming games. *British Journal of Educational Technology*, 50(4), 1979–1995. <https://doi.org/10.1111/bjet.12685>
- Mannila, L., Dagiene, V., Demo, B., Grgurina, N., Mirolo, C., Rolandsson, L. & Settle, A. (2014). Computational Thinking in K-9 Education: ITiCSE. *ITiCSE '14 Proceedings of the 2014 conference on Innovation & technology in computer science education*, 1–29. <https://doi.org/10.1145/2713609.2713610>
- Miljanovic, M. & Bradbury, J. (2018). A Review of Serious Games for Programming. JCSG. Darmstadt, Germany, November 7-8, 2018.

- Microsoft News Centre Europe (2016, 8. marraskuuta). Minecraft: Education Edition comes to European schools. Haettu 20.3.2022. osoitteesta <https://news.microsoft.com/europe/2016/11/08/minecraft-education-edition-comes-to-european-schools/>
- Muratet, M., Torguet, P., Viallet, F. & Jessel, J. P. (2011). Experimental Feedback on Prog&Play: A Serious Game for Programming Practice. *Computer Graphics Forum*, 30(1), 61–73. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8659.2010.01829.x>
- Narayanasamy, V., Wong, K., Fung, C., & Depickere, A. (2005). Distinguishing simulation games from simulators by considering design characteristics. Teoksessa Narayanasamy, V. , Wong, K.W. , Fung, C.C. and Depickere, A. *Distinguishing simulation games from simulators by considering design characteristics, Second Australasian Conference on Interactive Entertainment*, Sydney, N.S.W, November 23-25, 2005.
- Nguyen, A., Gardner, L. A. & Sheridan, D. (2018). A framework for applying learning analytics in serious games for people with intellectual disabilities. *British Journal of Educational Technology*, 49(4), 673–689. <https://doi.org/10.1111/bjet.12625>
- Palts, T. & Pedaste, M. (2020). A Model for Developing Computational Thinking Skills. *Informatics in Education*, 19, 113–128. <https://doi.org/10.15388/infedu.2020.06>
- Panoutsopoulos, H. & Sampson, D. (2012). A Study on Exploiting Commercial Digital Games into School Context. *Journal of Educational Technology & Society*, 15.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. New York: Basic Books, Inc.
- Poole, F. J., Clarke-Midura, J., Rasmussen, M., Shehzad, U. & Lee, V. R. (2021). Tabletop games designed to promote computational thinking. *Computer Science Education*, 0(0), 1–28. <https://doi.org/10.1080/08993408.2021.1947642>
- Repenning, A., Webb, D. C., Koh, K. H., Nickerson, H., Miller, S. B., Brand, C., Horses, I. H. M., Basawapatna, A., Gluck, F., Grover, R., Gutierrez, K., & Repenning, N. (2015). Scalable Game Design: A Strategy to Bring Systemic Computer Science Education to Schools through Game Design and Simulation Creation. *ACM Transactions on Computing Education*, 15(2), 1–31. <https://doi.org/10.1145/2700517>
- Román-González, M., Pérez-González, J.-C. & Jiménez-Fernández, C. (2017). Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the Computational Thinking Test. *Computers in Human Behavior*, 72, 678–691. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.08.047>
- Rowe, E., Almeda, M. V., Asbell-Clarke, J., Scruggs, R., Baker, R., Bardar, E. & Gasca, S. (2021). Assessing implicit computational thinking in Zoombinis

- puzzle gameplay. *Computers in Human Behavior*, 120, 106707.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106707>
- Salminen, A. (2011). Mikä kirjallisuuskatsaus? : Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Vaasan yliopisto.
<https://osuva.uwasa.fi/handle/10024/7961>
- Sengupta, P., Kinnebrew, J. S., Basu, S., Biswas, G. & Clark, D. (2013). Integrating computational thinking with K-12 science education using agent-based computation: A theoretical framework. *Education and Information Technologies*, 18(2), 351–380. <https://doi.org/10.1007/s10639-012-9240-x>
- Settle, A., Franke, B., Hansen, R., Spaltro, F., Jurisson, C., Rennert-May, C. & Wilderman, B. (2012) Infusing Computational Thinking into the Middle- and High-School Curriculum. Teoksessa *Proceeding of the 17th ACM annual conference on Innovation and technology in computer science education (ITiCSE '12)* (22-27). New York, NY, USA.
<https://doi.org/10.1145/2325296.2325306>
- Shute, V. J., Sun, C. & Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22, 142–158.
<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>
- Takeuchi, L. M. & Vaala, S. (2014). *Level up learning: A national survey on teaching with digital games*. New York: The Joan Ganz Cooney Center at Sesame Workshop. Haettu osoitteesta: <https://joanganzcooneycenter.org/>
- Theodoropoulos, A. & Lepouras, G. (2020). Digital Game-Based Learning and Computational Thinking in P-12 Education: A Systematic Literature Review on Playing Games for Learning Programming. Teoksessa M. Kalogiannakis, & S. Papadakis (toim.) *Handbook of Research on Tools for Teaching Computational Thinking in p-12 Education* (159–183). IGI Global.
<https://doi.org/10.4018/978-1-7998-4576-8.ch007>
- Torraco, R. J. (2005). Writing Integrative Literature Reviews: Guidelines and Examples. *Human Resource Development Review*, 4(3), 356–367.
<https://doi.org/10.1177/1534484305278283>
- Vahldick, A., Mendes, A. J. & Marcelino, M. J. (2014). A review of games designed to improve introductory computer programming competencies. *2014 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) Proceedings*, 1–7.
<https://doi.org/10.1109/FIE.2014.7044114>
- Van Eck, R. (2008). COTS in the classroom: A teacher's guide to integrating commercial off-the-shelf (COTS) games. *Handbook of Research on Effective Electronic Gaming in Education*, 179–199.
- Whitton, N. (2009). *Learning with digital games. A practical guide to engaging students in higher education*. New York: Routledge.

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>

Zhao, W. & Shute, V. J. (2019). Can playing a video game foster computational thinking skills? *Computers & Education*, 141, 103633. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103633>