



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ANU TOLVANEN
OHJELMOINNIN OPETTAMINEN LAPSILLE LIIKUNNAN AVULLA

Kandidaatintyö

Tarkastaja: Tiina Schafeitel-Tähtinen
Jätetty tarkastettavaksi 14.3.2018

TIIVISTELMÄ

Anu Tolvanen: Ohjelmoinnin opettaminen lapsille liikunnan avulla
Tampereen teknillinen yliopisto
Kandidaatintyö, 18 sivua
Maaliskuu 2018
Tietotekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma
Pääaine: Ohjelmistotuotanto
Tarkastaja: Tiina Schafeitel-Tähtinen

Avainsanat: ohjelmointi, opetus, kasvatus, liikunta, opettavaiset pelit ja leikit

Työssä tutkitaan, miten ohjelmointia opetetaan lapsille. Työn tavoitteena on selvittää, mitä asioita lapsille ohjelmoinnista opetetaan ja millä tavoin näitä asioita opetetaan. Tämän jälkeen työssä pohditaan, miten ohjelmoinnin opetukseen voisi yhdistää liikunnan.

Työssä esitetään ohjelmoinnin opetusmenetelmiä ja liikunnan avulla opettamisen vaikutuksia lapsiin. Lapsille ohjelmoinnista opetetaan peruskäsitteitä, ohjelmoinnillista ajattelutapaa ja ongelmanratkaisukykyä. Opetuksessa käytetään apuna muun muassa kirjoja, tietokoneita, robotteja, pelejä ja erilaisia ohjelmoinnin opettelua varten suunniteltuja sovelluksia. Monet tutkimukset ovat osoittaneet, että liikunnan vaikutukset oppimiseen ovat usein positiivisia. Liikunnan avulla opettaminen voi myös auttaa monia lapsia ymmärtämään paremmin opetettavia asioita ja liikunta saattaa auttaa lasta keskittymään opetustilanteessa paremmin.

Liikunnan avulla on opetettu onnistuneesti ohjelmointia. Monesta ohjelmoinnin opettamisesta käytetystä pelistä tai muusta opetusmenetelmästä on mahdollista kehittää liikunnallinen versio. Työssä päädyttiin siihen, että liikunnan avulla voidaan opettaa ohjelmointia. Mielikuvitusta käyttämällä liikuntaa hyödyntävien opetustapojen kehittämisen ei pitäisi olla kovin vaikeaa.

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
2.	OHJELMOINNIN OPETUS LAPSILLE	3
2.1	Opetussuunnitelman muutokset ohjelmointiin liittyen	3
2.2	Mistä asioista ohjelmoinnin opetus aloitetaan?.....	4
2.3	Opetusmenetelmät	4
2.4	Ohjelmoinnin opettelua varten suunnitellut sovellukset ja ohjelmointikielet	6
2.5	Pelit ohjelmoinnin opettamisessa	8
3.	LIIKUNTA JA OPPIMINEN	11
3.1	Liikunnan vaikutus työkykyyn ja oppimiseen	11
3.2	Liikunnan avulla opettaminen	11
3.3	Liikunnalliset pelit ja leikit	12
3.4	Ohjelmoinnin opettaminen liikunnan avulla	13
4.	YHTEENVETO	16
	LÄHTEET	17

1. JOHDANTO

Suomen peruskouluissa on aloitettu ohjelmoinnin opettaminen syksyllä 2016. Ohjelmoinnin opettaminen lapsille on osaksi tästä syystä noussut yhteiskunnassamme kiinnostavaksi aiheeksi. Ohjelmointia tarvitaan myös yhä useammassa työtehtävässä, joten ohjelmoinnin opetus on myös korkeakouluissa lisääntynyt. Ohjelmointi vaatii tietynlaista matemaattista ja algoritmista ajattelua sekä ongelmanratkaisukykyä. Kaikille nämä taidot eivät ole luonnostaan helppoja, mutta onneksi on keksitty paljon erilaisia tapoja opettaa ohjelmoinnin perusteita.

Länsimaisessa yhteiskunnassa yleinen ongelma on väestön liian vähäinen liikunta sekä siitä johtuvat sairaudet ja työkyvyttömyyseläkkeelle jääminen ennen eläkeikää. Vielä huolestuttavampaa on lasten ja nuorten liikunnan vähyys sekä liikunnallisten taitojen heikentyminen. [1] Lapsille ja nuorille tulisi opettaa liikunnallisia elämäntapoja innostavasti ja osana jokapäiväistä arkea, jotta liikunta jäisi osaksi koko loppuelämää. Kun liikuntaa yhdistetään eri oppiaineisiin koulussa, lapset liikkuvat kuin huomaamatta paljon enemmän. Ohjelmointi on hyvin kaukana liikunnasta oppiaineena, mutta varsinkin ohjelmoinnin alkeita ja periaatteita opetellessa tietokoneen ääressä paikallaan istuminen ei ole välttämätöntä. Ohjelmoinnin opettamisessa, niin kuin monen muunkin oppiaineen opettamisessa, voidaan hyvin hyödyntää liikuntaa.

Tämän työn on tarkoitus tutustuttaa lukija siihen, miten ohjelmointia voidaan opettaa lapsille. Tavoitteena on selvittää, mitä ohjelmoinnin periaatteita lapsille opetetaan ja miten. Lopuksi työssä pyritään selvittämään, miten joko olemassa olevia opetusmenetelmiä voisi muokata tai kokonaan uusia ideoita toteuttaa niin, että niihin voisi yhdistää liikunnan. Työssä ei ole tarkoitus kehittää kokonaan valmiita uusia opetusmenetelmiä tai sovelluksia, vaan pohtia mahdollisuuksia ja kerätä asiasta perustietoa.

Työssä tutkitaan muun muassa, millaisia ohjelmointikieliä opetuksessa on käytetty ja millaisia pelejä ohjelmoinnin opettamiseen on kehitetty. Kun näihin kysymyksiin on saatu vastauksia, selvitetään, miten ohjelmointia voisi opettaa liikunnan avulla. Saisiko esimerkiksi ohjelmoinnin opettamisessa käytettäviin peleihin yhdistettyä liikunnan? Jos ohjelmoinnin opettamiseen saataisiin yhdistettyä liikunta, se voisi lisätä monen lapsen mielenkiintoa ohjelmointiin. Samalla lapsia saataisiin myös huomaamatta liikkumaan ja näin lisättyä ohjelmoinnin opetteluun sekä fyysisen että psyykkisen hyvinvoinnin edistämistä.

Työn alussa käsitellään ohjelmoinnin opetusta lapsille. Ensin todetaan, miten ohjelmointia opetetaan Suomen peruskouluissa ja mistä ohjelmoinnin opetus yleensä aloitetaan. Tämän jälkeen selvitetään, millä keinoin ohjelmointia opetetaan erityisesti lapsille. Opetustavoista nostetaan esille erityisesti lapsille suunnatut pelit, sovellukset ja ohjelmointikieliset. Seuraavaksi tutkitaan liikunnan vaikutusta oppimiseen ja sitä, miten liikunnan avulla opetetaan asioita. Ennen yhteenvetoa päädytään siihen, miten ohjelmointia voisi opettaa liikunnan avulla.

2. OHJELMOINNIN OPETUS LAPSILLE

Tässä luvussa käydään läpi, miten ohjelmointia opetetaan lapsille. Työssä keskitytään erityisesti asioihin, joita opetetaan ala-asteikäisille lapsille. Tästä syystä alussa käydään läpi, mitä vuoden 2014 perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa [2] lukee ohjelmoinnin opettamisesta. Seuraavaksi kerrotaan, mitä lapsille opetetaan ja millä tavoin. Eri-laisia opetustapoja on monia, mutta yhdeksi tärkeäksi opetusmenetelmäksi tässä työssä nostetaan pelit, sillä niihin on usein helppo yhdistää liikuntaa.

2.1 Opetussuunnitelman muutokset ohjelmointiin liittyen

Opetushallitus hyväksyi esiopetuksen, perusopetuksen ja lisäopetuksen opetussuunnitelman perusteet 22.12.2014. Muutokset tulivat voimaan syksyllä 2016, ja ohjelmointi oli yksi vuoden 2014 perusopetuksen opetussuunnitelman perusteisiin lisätyistä asioista. Ohjelmoinnin alkeita aloitetaan opettamaan jo 1–2 vuosiluokilla ja opetus jatkuu peruskoulun loppuun asti. Ohjelmoinnin opettaminen kuuluu laaja-alaisen osaamisen kokonaisuuteen, tarkemmin tieto- ja viestintäteknologiseen osaamiseen. Ohjelmointia opetetaan peruskoulussa muun muassa osana matematiikan ja käsityön opetusta. [2] Tämä tarkoittaa sitä, että myös monen opettajan on tarvinnut opetella ohjelmointia, koska ohjelmointia ei opeteta omana oppiaineenaan.

Vuosiluokilla 1–2 tutustutaan ohjelmointiin laatimalla vaihteittaisia toimintaohjeita ja testaamalla niitä. 3–6 luokilla tavoitteena on huomata, miten ihmisen päätökset vaikuttavat teknologian toimintaan. Tällöin myös jo hyödynnetään graafista ohjelmointiympäristöä ohjelmien teossa ja tavoitteena onkin, että oppilas osaa ohjelmoida lopulta toimivan ohjelman tällaisessa koululla käytössä olevassa ohjelmointiympäristössä. Lisäksi tutustutaan käsitöissä toimintoihin, jotka on saatu aikaan ohjelmoinnilla (esimerkiksi robotiikkaan ja automaatioon). [2]

Yläasteella ohjelmoinnin opetus jatkuu eri oppiaineisiin sisällytettynä. Tavoitteena on kehittää algoritmista ajattelua ja ongelmanratkaisukykyä soveltaen matematiikkaa ja ohjelmointia. Yläasteella opetetaan hyviä ohjelmointikäytäntöjä ja ohjelmoidaan yksinkertaisia ohjelmia. Käsitöissä opetellaan sulautettuja järjestelmiä. [2]

Koska ohjelmointia ei ole aikaisemmin opetettu peruskoulussa, ei myöskään ole monia opettajia, jotka osaisivat opettaa ohjelmointia. Opettajat ovat joutuneet, joko itsenäisesti tai kurssien avulla, opettelemaan ohjelmointia ja miettimään, miten aloittavat ohjelmoinnin opettamisen oppilailleen. Tätä helpottamassa ovat onneksi monet internetistä löytyvät sivustot, jotka auttavat ilmaiseksi. Lisäksi on paljon ilmaisia työkaluja, kuten ohjelmointiympäristöjä, sovelluksia ja ohjelmointikieliä, joiden avulla ohjelmointia voidaan

opetella ja opettaa. Näitä myös opettajille hyödyllisiä työkaluja käsitellään seuraavissa luvuissa.

Opettajat kokevat opetussuunnitelman joustavana, mikä on hyvä asia siinä suhteessa, että erilaisia opetusmetodeja uskalletaan käyttää. Opettaminen voi olla sekä opettajajohtoista että opettajaohjaavaa. Molemmissa opetustavoissa on tilaa leikkisyydelle. [3]

2.2 Mistä asioista ohjelmoinnin opetus aloitetaan?

Ohjelmoinnissa on tärkeää osata pilkkoa ongelma osiin ja antaa tietokoneelle yksikäsitteisiä komentoja. Ohjelmoijan tulee myös ymmärtää, millä komennoilla ongelma saadaan ratkaistua ja missä järjestyksessä komennot ratkaisevat ongelman. [4] Kun ohjelmointia opetellaan, kohdataan usein ongelmia muun muassa algoritmien kehittämisessä ja ohjelmointirakenteiden käytössä sekä siinä, miten ongelmanratkaisutaitoja voidaan hyödyntää ohjelmoinnissa. Ennen itse ohjelman suunnittelemista ja ohjelmoimista, ohjelmoijan tulisi kuitenkin ymmärtää, miten ohjelma tai tietokone ratkaisee sille annetun ongelman. Ohjelmoijan tulisi tietää, missä järjestyksessä tietokone suorittaa ohjelman käskyjä, jotta ohjelmoija osaisi korjata ohjelmaa, jos se ei toimi halutulla tavalla. [5]

On esitetty, että ohjelmoinnin peruseriaatteita opetettaisiin jo lapsille, jotta heillä olisi aikaa kehittää ongelmanratkaisutaitojaan ja loogista ajatteluaan. Piaget'n kognitiivisen kehityksen teorian mukaan lapset alkavat kehittyä loogisessa ajattelussa ja ongelmanratkaisutaidoissa ala-asteiässä. Lapset pystyvät tässä iässä usein ratkaisemaan vain sellaisia ongelmia, jotka liittyvät oikeaan maailmaan tai joihin he voivat samaistua. [6]

Lapsille ohjelmointia opetettaessa ei keskitytä niinkään minkään tietyn ohjelmointikielen ja sen syntaksin opetteluun. Sen sijaan opetetaan yleisiä ohjelmoinnin peruseriaatteita leikkien ja pelien avulla. Lapsille opetetaan esimerkiksi sitä, kuinka tietokone on riippuvainen ihmisen antamista komennoista ja, kuinka ilman näitä komentoja tietokone ei osaa ratkaista sille annettuja ongelmia. [6]

Kouluikäiset lapset ymmärtävät jo, että leikit ja pelit onnistuvat, jos kaikki noudattavat sääntöjä. Kannattaa kuitenkin muistaa, että mitä nuorempia lapset ovat, sitä yksinkertaisempia sääntöjen tulee olla. Myös mielikuvitukselle tulee antaa tilaa peleissä ja leikeissä. Kun lapsi saa käyttää omaa mielikuvitustaan ja kokeilla itse erilaisia asioita, hän oppii asiat paremmin. Erilaiset kysymykset ja ongelmanratkaisutehtävät ovat hyviä tapoja saada lapset oivaltamaan asioita itse. [1]

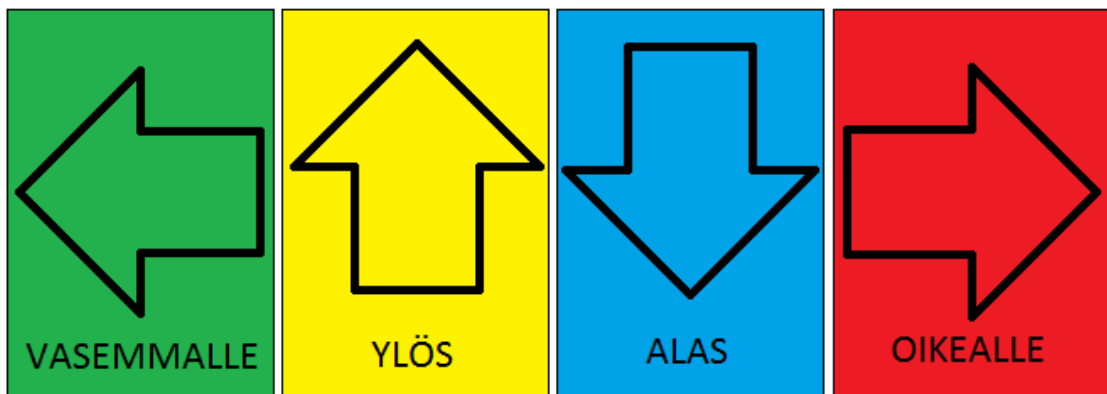
2.3 Opetusmenetelmät

Ohjelmoinnin opetus voidaan aloittaa esimerkiksi tutustumalla lasten kanssa siihen, mikä on robotti ja miten robottia ohjataan. Tavoitteena on saada lapset ymmärtämään, että he pystyvät kontrolloimaan, mitä robotti tekee. [6] Tätä ideaa voidaan opettaa myös

esimerkiksi perinteisellä Kapteeni käskee -leikillä. Kapteeni käskee -leikissä lasten tulee noudattaa vain ohjeita, jotka alkavat sanoilla Kapteeni käskee. Leikissä lapset esittävät tietokoneita, jotka voivat noudattaa vain annettuja käskyjä.

Artikkelissaan *Introducing basic Programming Concepts to Elementary School Children* Zaharija et al. [6] kertovat opetusmenetelmästä, jossa he opettivat lapsille, kuinka robotin saa ohjelmoitua niin, että se osaa kulkea labyrintin läpi. Opetus tapahtui neljässä eri vaiheessa. Näistä ensimmäisessä keskusteltiin ryhmässä lasten kanssa robotin toiminnasta. Tavoitteena oli oppia tämän luvun edellisessä kappaleessa mainittuja asioita eli muun muassa robotin ohjaamiseen liittyviä asioita. [6]

Toisessa vaiheessa lapsille esiteltiin säännöt siitä, miten robottia voi ohjata. Lapsilla oli käytössään kortteja, joissa luki ylös, alas, vasemmalle tai oikealle. Kuva 1 on havainnekuva tällaisista korteista. Näitä kortteja heidän tuli järjestää niin, että robotti kykenisi korttien ohjeita noudattamalla kulkemaan labyrintin läpi. Tällä tavoin pyrittiin opettamaan lapsille, että ohjelma ohjelmoidaan pienistä osista, jotka yhdessä muodostavat koko ohjelman. Tässä vaiheessa voitaisiin myös huomata, kuinka joitain käskyjä tai käskyjen ryhmää voidaan toistaa. Näin opittaisiin myös, kuinka ohjelmoinnissa voidaan käyttää silmukoita. [6]



***Kuva 1.** Esimerkki korteista, joilla lapset voivat antaa ohjeita robotille. Kuva perustuu lähteeseen [6].*

Kolmannessa vaiheessa robotin liikkeitä simuloitiin tietokoneen avulla. Robotti laitettiin liikkumaan simuloidussa ympäristössä lasten tekemien ohjeiden mukaan. Tässä lasten oli tarkoitus huomata yhteys oikean maailman ja simuloitun ympäristön välillä. Kolmannessa vaiheessa lapset saivat myös muuttaa seuraavaa käskyään ennen kuin se oli ajettu, jos he huomasivat korjattavaa käskyissään. Tämän avulla pyrittiin opettamaan debugauksen perusideaa ja sitä, että tavoitteena on saada lopputuloksesta paras mahdollinen. [6]

Neljännessä vaiheessa lasten kehittämä käskyjen jono lähetetään fyysiselle robotille suoritettavaksi. Näin lapsille realisoituu oikean ja simuloidun maailman yhteys ja he näkevät tekemänsä ohjelman käytössä. [6]

Edellä esitetyn kaltaista yksinkertaista ohjelmointia voisi myös harjoitella pienemmillä resursseilla. Lapsi voisi ohjeistaa toista lasta, joka esittäisi robottia tai tietokonetta, piirtämään reitin labyrintin läpi. Samalla tavoin kuin edellä esitetyssä artikkelissa, lapsi järjestäisi käskyt ylös, alas, vasemmalle ja oikealle mielestään parhaaseen mahdolliseen järjestykseen, jotta käskyt toteuttava lapsi pystyisi piirtämään reitin labyrintin läpi.

Ohjelman suorituksen vaiheiden visualisointi on hyödyllistä siinä vaiheessa, kun opetellaan, miten tietokone lukee ohjelmaa ja toteuttaa ohjelman antamia käskyjä. Tämän opetelemiseen voidaan hyödyntää esimerkiksi Alice-nimistä interaktiivista ja graafista ohjelmointiympäristöä, jossa voi tehdä helposti 3D-ympäristöjä sekä eläimiä, esineitä ja asioita. Alice on hyvä ohjelmointikieli aloittelijoille, koska siinä näkee heti, kuinka animoitu ohjelma toimii. Toisin sanoen sen avulla voi ymmärtää, kuinka ohjelman osa liittyy näytöllä näkyvään animaatioon. [5]

Lapsille on myös tehty ohjelmointia opettavia kirjoja. Näistä yksi on Linda Liukkaan kirjoittama Hello Ruby [4]. Hello Ruby -kirja on suunnattu alle kouluikäisille ja on tarkoitettu vanhemman kanssa yhdessä luettavaksi. Kirja on satukirja, johon on yhdistetty ohjelmoinnillista ajattelua kehittäviä tehtäviä. Kirjassa ohjelmoinnin peruskäsitteistä tutuksi tulevat muun muassa ohjelma, funktiot, muuttujat, toistorakenne ja totuusarvo. [4]

2.4 Ohjelmoinnin opettelua varten suunnitellut sovellukset ja ohjelmointikielet

Ohjelmoinnin opettelua varten on suunniteltu monia ohjelmointikieliä jo 1960-luvulta lähtien. Dartmouth Collegessa kehitettiin vuonna 1964 ohjelmointikieli, jonka tarkoituksena oli opettaa ohjelmointia myös sellaisille opiskelijoille, joilla ei ollut matemaattisluonnontieteellistä opiskelutaustaa. Kielen nimi on BASIC ja se tulee sanoista Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code. [7] Yksi ensimmäisistä lapsille suunnatuista ohjelmointikielistä oli LOGO, joka kehitettiin 1970-luvulla. Siinä liikutetaan kilpikonaa näytöllä yksinkertaisten komentojen avulla. Kilpikonna piirtää liikkueessaan viivaa näytölle, joten näytölle voi piirtää kuvia ohjaamalla kilpikonaa. [8]

Nykyään ohjelmoinnin opettaminen aloitetaan usein graafisten ohjelmointikielien kanssa. Esimerkiksi Code.org-sivustolla [9] voi opetella ohjelmointia graafisten käyttöliittymien avulla. Sivuilla on paljon tehtäviä, jotka opettavat ohjelmointia, osa enemmän ja osa vähemmän pelillisin keinoin. Kuvassa 2 on esimerkki siitä, kuinka ohjelma rakennetaan osista. Tehtävistä on tehty lapsille mielenkiintoisia tutujen hahmojen ja äänien avulla. Sivuilla on muun muassa Star Wars, Minecraft, Frozen, Angry Birds ja Flappy Bird -teemaisia tehtäviä.



Kuva 2. Kuvankaappaus Code.org-sivustolla olevasta harjoituksesta. [9]

Scratch on ohjelmointikieli, joka on tarkoitettu erityisesti 8–16 vuotiaille. Sen avulla voi ohjelmoida tarinoita, animaatioita ja pelejä. [10] Myös Scratchissä on graafinen käyttöliittymä, jossa raahataan koodin paloja tietyille alueelle halutussa järjestyksessä. Tämä on hyvä ohjelmoinnin aloittelijalle, koska ohjelmaa tehdessä ei tarvitse osata tiettyä ohjelmointikieltä. Scratchissä pystyy myös helposti kokeilemaan ja tutkimaan sen eri toimintoja ja funktioita. [6] Koululaisen ohjelmointikirjaan [11] on myös kerätty ohjeita, kuinka aloittaa ohjelmointi Scratchillä.

Scratch ohjelmointikielen innoittamana on kehitetty ScratchJr 5–7 vuotiaille lapsille. ScratchJr on tablettitietokoneelle ladattava ohjelma, jonka avulla lapset voivat tehdä tarinoita ja pelejä. Oman projektin eli tarinan tai pelin ohjelmointi tapahtuu liittämällä yhteen graafisia ohjelmointilaatikoita. Näiden laatikoiden avulla projektissa olevan hahmon saa liikkumaan, hyppäämään, tanssimaan ja laulamaan. [12] ScratchJr ei vaadi lapselta vielä paljon osaamista, koska sitä käyttäessä ei esimerkiksi tarvitse vielä osata lukea. Koska ScratchJr-sovellusta käyttäessä ei tarvitse lukea mitään, se ei myöskään vaadi minkään kielen osaamista. Tämän vuoksi se sopii hyvin myös kansainväliseen opetukseen.

Python on esimerkki yksinkertaisesta ohjelmointikielestä, jota käytetään sekä teollisuudessa että ohjelmoinnin opettamisessa. Esimerkiksi jo edellä mainitussa Koululaisen ohjelmointikirjassa [11] opetetaan myös Pythonin perusteita.

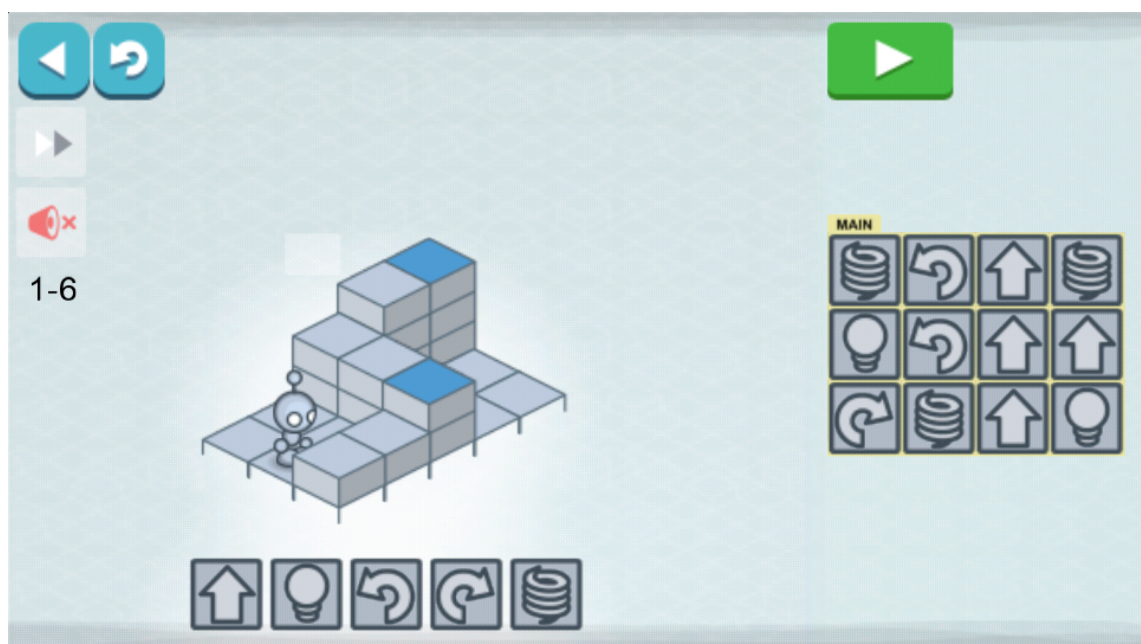
Ohjelmoinnin opettelua varten suunnitellut sovellukset ovat usein keskittyneet visuaaliseen ilmeeseen. Tämä on täysin perusteltua, kun otetaan huomioon, minkä ikäisille sovellukset on tarkoitettu. Toinen tärkeä ominaisuus näillä sovelluksilla on helppokäyttöisyys. Ala-asteikäisille lapsille suunnatuissa sovelluksissa ei saisi olla liikaa komentovaihtoehtoja, jotta lasten ei tarvitsisi muistaa liian suurta joukkoa komentoja. [6]

2.5 Pelit ohjelmoinnin opettamisessa

Kouluissa opetetaan nykypäivänä paljon asioita pelien avulla. Monelle lapselle jollakin tavalla normaalista poikkeava opetustapahtuma auttaa opetettavan asian muistamisessa. [13] Tästä syystä pelit ovat hyvä tapa opettaa asioita. Pelien pelaaminen on myös ihmiselle luonnollista ja innostavaa toimintaa [14]. Esimerkiksi matemaattisten taitojen kertaaminen pelien avulla voi olla lapsille mielenkiintoisempaa kuin luokassa paperille laskeminen. Pelien avulla jokaiselle lapselle voidaan myös helpommin yksilöidä lapsen omalle kehitystasolle sopivia sekä tarpeeksi haastavia tehtäviä. Tällä tavoin voidaan välttyä turhautumiselta, kun tehtävät eivät ole liian helppoja tai liian vaikeita. [3]

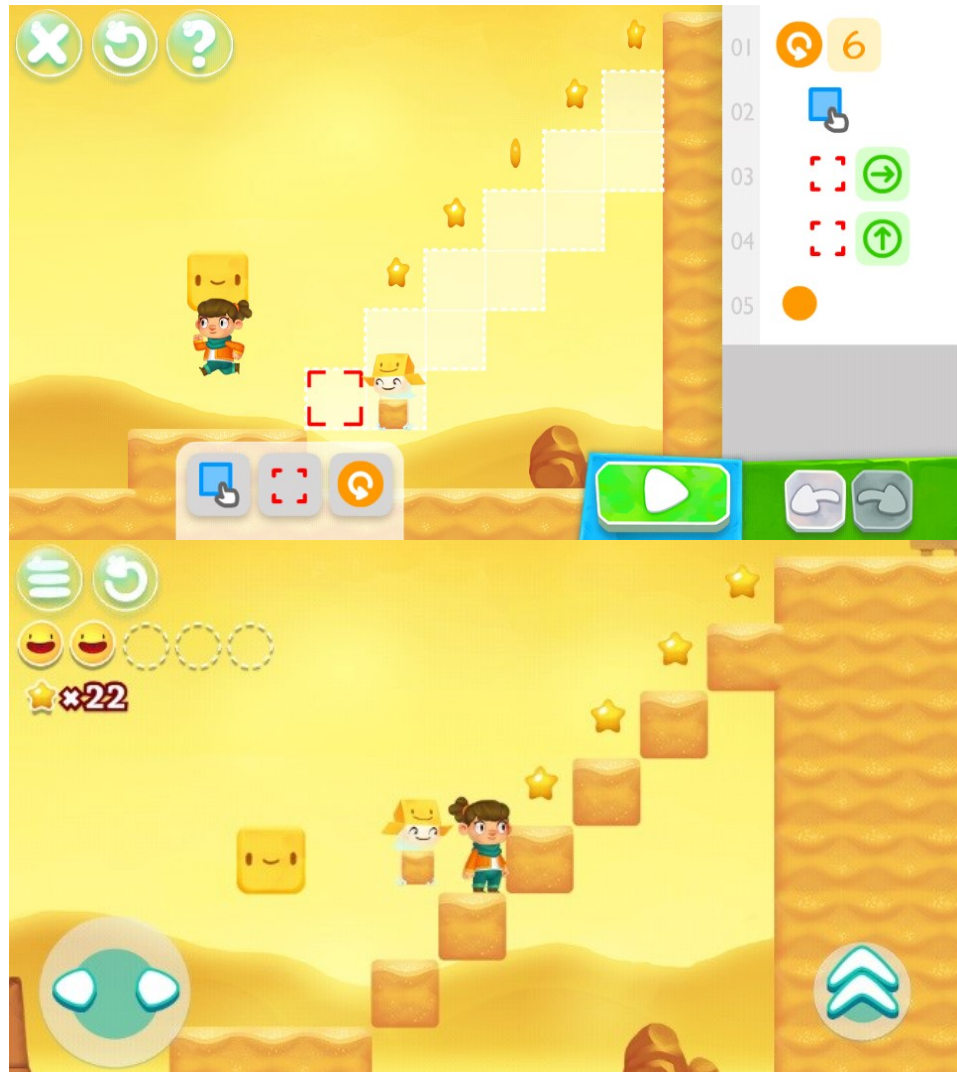
Peruskouluissa pelejä käytetään hyvin vaihtelevasti opetuksessa, sillä opettajilla on hyvin erilaisia käsityksiä siitä, mikä on paras tapa opettaa. Yleensä opettajat ovat sitä mieltä, että oppimistilanteisiin kuuluu leikkisyyttä ja pelejä. Tästä huolimatta jotkut opettajat eivät kuitenkaan aina löydä leikeille ja peleille paikkaa opetuksessa. [3]

LightBot [15] on pulmapeli, jossa samalla, lähes huomaamatta, oppii ohjelmoinnin loogiikkaa. LightBot on ladattavissa iOS- ja Android-käyttöjärjestelmille ilmaiseksi. Pelin idea on läpäistä tasoja ohjaamalla robotti pelialueella tietyn värisille ruuduille ja sytyttää näihin ruutuihin valo. Robotin liikuttaminen ja valon sytyttäminen tapahtuu yksinkertaisten käskyjen, kuten eteenpäin, oikealle, vasemmalle, hyppää ja sytytä valo, avulla. Käskyille on omat symbolinsa ja näitä symboleita peräkkäin järjestämällä tehdään robotille ohjeet, joiden avulla se saa kyseisen tason tehtävän suoritettua. Robotti suorittaa sille annetut käskyt järjestyksessä yksi kerrallaan. Kuva 3 esittää yhden tason LightBot-pelistä.



Kuva 3. Kuvankaappaus yhdestä LightBot-pelin tasosta.

LightBot-pelin tekijöiltä on ilmestynyt myös toinen peli, joka on nimeltään SpriteBox [16]. Myös tämä peli on ladattavissa iOS- ja Android-käyttöjärjestelmille ilmaiseksi ja lisäksi pelistä on myös web-sovellus. SpriteBox-pelissä on yhdistetty tasohyppelypeli ja ohjelmoinnin opettelu. Tasoissa on kohtia, joissa tasoa pitää täydentää itse ohjelmoimalla, jotta tasossa pääsee etenemään. Kuvassa 4 on esimerkki tällaisesta kohdasta. Samaan tapaan kuin LightBot-pelissä myös SpriteBoxissa ohjelmointi tapahtuu symbolikuvien avulla. SpriteBoxin avulla opetellaan muun muassa perusalgoritmeja, parametrien käyttöä, silmukoita ja debuggausta.



Kuva 4. Esimerkki kuvankaappaukset SpriteBox-pelin ohjelmointikohdasta.

Kodu Game Lab [13] on lapsille suunnattu ohjelma, jonka tarkoituksena on opettaa lapsille ohjelmointia pelien avulla. Kodu-ohjelman avulla ohjelmoidaan visuaalisella ohjelmointikielillä tietokonepelejä ja myös itse ohjelmointi on pelillistä. Tämä visuaalinen ohjelmointikieli koostuu erilaisista kuvakkeista, joten lapsen ei tarvitse osata mitään ohjelmointikieltä tai edes vielä lukea. Tästä syystä Kodun avulla ohjelmointia voidaan

opetella jo ensimmäisiltä koulun luokka-asteilta lähtien. Lisäksi ohjelma on hyvin mukautuva ja antaa lapselle mahdollisuuden käyttää mielikuvitustaan. [13]

Kodu opettaa ohjelmoinnin perusteita lapsille askel kerrallaan. Näin itse pelin tekemisestä on tehty peli. Pelin tekemisessä pääsee aina etenemään vaikeamman asian ohjelmoimiseen peliin. Pelikokemusta on myös lisätty sillä, että hiiren ja näppäimistön lisäksi Kodua voi käyttää Xbox-ohjaimella tai kosketusnäytöllä. [13]

Kodu on hyödyllinen apuväline koulussa käytettäväksi. Se ei vaadi paljoa perehtymistä opettajalta ja sen käyttöön voidaan yhdistää monen oppiaineen opettelua. Oppilaille voidaan esimerkiksi antaa tehtäväksi tehdä opettavainen peli jostakin opetetusta aiheesta. Oppilaat voivat myös ohjelmoida pelejä pareittain yhdessä nuorempien oppilaiden kanssa. Nuorempi suunnittelee pelimaailman ja ohjelmoi suunnitellun pelin yhdessä vanhemman oppilaan kanssa. [13]

3. LIIKUNTA JA OPPIMINEN

Tämän luvun on tarkoitus selventää, miksi liikuntaa kannattaa yhdistää muihin oppimistapahtumiin. Alussa kerrotaan liikunnan vaikutuksista oppimiseen ja liikunnan avulla opettamisen hyötyjä. Seuraavaksi tässä luvussa käsitellään sitä, miten liikunnan voi yhdistää uuden asian opetteluun ja erityisesti tässä työssä kiinnostuksen kohteena olevaan ohjelmoinnin opetteluun. Luvun lopussa pohditaan, millaisia uusia opetustapoja voisi kehittää ohjelmoinnin opettamiseen lapsille liikunnan avulla.

3.1 Liikunnan vaikutus työkykyyn ja oppimiseen

Liikunta käsitteenä tarkoittaa fyysistä aktiivisuutta, joka on tarkoituksellista. Liikunnassa lihakset tekevät töitä niin, että energian kulutus kasvaa. Suomessa liikunnalla on yhteiskunnassa tärkeä rooli. Liikunnan avulla säilytetään fyysinen toiminta- ja työkyky, mikä on länsimaisessa yhteiskunnassa muodostunut haasteeksi. Liian vähäinen liikunta aiheuttaa vuosittain satojen miljoonien eurojen kustannuksia valtiolle. Toisaalta työelämässä liikuntaa harrastavilla vaikutukset ovat positiivisia. Liikuntaa harrastavat ovat yleisesti vähemmän poissa sairauksien takia, eivät jää työkyvyttömyyseläkkeelle ja ovat työssään tuottavampia. Liikunta vaikuttaa parhaimmillaan myös elämänlaadun kokonaisvaltaiseen paranemiseen. Näin ollen lapsille suunnatussa liikunnan opettamisessa tulisi pyrkiä siihen, että liikuntaharrastus jatkuisi läpi koko elämän. [1]

Jopa nuorilla kipuoireet voivat johtua liian vähäisestä liikunnasta. Esimerkiksi selkä- ja niska-hartiaseudun kivut voidaan ennaltaehkäistä ja hoitaa liikunnan avulla. Pahimmassa tapauksessa hoitamattomat oireet voivat johtaa työkyvyttömyyteen. Liikuntakasvatuksessa tulisi pyrkiä monipuolisuuteen ja positiivisiin kokemuksiin, jotta lapset innostuisivat harrastamaan liikuntaa, sillä lapset eivät osaa vielä ajatella liikuntaa sairauksia ennaltaehkäisevänä toimintana. Lapsille liikunnan tulee olla osa päivittäistä elämää, mukavaa yhdessäoloa kavereiden kanssa, sekä innostavaa ja viihdyttävää toimintaa. Näin liikunta tukee lapsen elämää monella eri osa-alueella. [1]

Kehon hyvinvointi on yhteydessä mielen hyvinvointiin. Monet tutkimukset ovat osoittaneet, että fyysisesti aktiiviset ihmiset suoriutuvat kognitiivisista tehtävistä paremmin kuin vähemmän aktiiviset ihmiset. [14] Liikunta aktivoi aivot toimintaa ja siten edistää oppimista [1]. Liikunta myös auttaa asioiden konkretisoimisessa. Abstraktien asioiden tuominen omalla keholla näkyväksi helpottaa asioiden ymmärtämistä. [3]

3.2 Liikunnan avulla opettaminen

Liikunnan avulla koulussa voidaan edistää monia kasvatustavoitteita, kuten sosiaalisia ja eettisiä taitoja. Lisäksi liikunnan avulla voidaan mahdollistaa inhimillistä kasvua ja

edistää kognitiivista oppimista. Liikunta auttaa monia lapsia omaksumaan tietoja ja oppimistottumuksia. Lapselle pelkästään teoreettiseen opiskeluun keskittyminen saattaa olla vaikeaa. Liikunnan avulla lapsille voidaan opettaa muun muassa pitkäjänteisyyttä. [1]

Jokaisella lapsella on hieman erilainen tapa oppia asioita. Lisäämällä liikkeen mukaan opettamiseen, saadaan paremmin opetettua suurempaa osaa oppilaista. Liikkeen avulla saadaan lapset keskittymään ja viihtymään oppimistilanteen aikana. Aktiivinen tapa opettaa antaa lapsille myös mahdollisuuden olla vuorovaikutuksessa ja tutkia opetettavaa asiaa. Tämä on monelle tehokas tapa oppia. [17] Liikunnan avulla opettaminen on myös erityisen hyvä tapa opettaa lapsia, joilla on kielellisiä vaikeuksia. Liikunnalla, sekä erityisesti eri aistien käytöllä ja leikkillisyydellä, on huomattu olevan positiivisia vaikutuksia oppimiseen. [3]

Fyysinen esitys edistää oppimista erityisesti lapsilla. Samoin tekevät aineelliset ja interaktiiviset esineet, kun niitä hyödynnetään opetuksessa. [18] Hyödyntämällä fyysisesti koettavia esineitä, opetukseen on helppo yhdistää liikuntaa. Liikuntaa voi tulla opetustilanteeseen jopa huomaamatta, sillä fyysinen ympäristö aiheuttaa yleensä ainakin vähän liikettä oppilaissa.

3.3 Liikunnalliset pelit ja leikit

Leikit ja pelit ovat luonnollinen osa lasten elämää. Lisäksi lapset ovat luonnostaan kiinnostuneita toiminnasta, joka on heille uutta. Tämä selittää hyvin sitä, että lapset ovat kiinnostuneita peleistä, joissa on tarpeeksi haastetta heille. Pelin tarvitsee kuitenkin olla lapselle myös mielenkiintoinen ja nautittava. [3]

Lasten oma-aloitteisissa leikeissä on mukana myös matemaattista ympäristön tarkkailua. Kun lähdetään opettamaan matemaattisia taitoja, nämä lasten omat oivallukset matematiikasta tulisi ottaa huomioon ja opetuksen tulisi alkaa niiden pohjalta. Konkreettisuus on matematiikan perusopetuksessa tärkeää ja tästä syystä fyysinen ja liikunnallinen opetus sopii matematiikan opetukseen erittäin hyvin. Kun liikunnallisiin tapoihin opettaa matematiikkaa yhdistetään vielä teknologian käyttö, erilaiset opetusmahdollisuudet ja opetustilanteiden monipuolisuus lisääntyvät. [3] Teknologia voi esimerkiksi mahdollistaa ohjelmoinnin opettamisen liikunnan avulla.

Tekniikkaa on jo pitkään hyödynnetty liikunnallisten sovellusten kehittämiseen. Konsolipelien maailmaan on kehitetty pelejä kuten Nintendo Wii, jossa voi pelaamalla harrastaa monia eri liikuntalajeja. Wiissä voi tutustua muun muassa golfiin, jousiammuntaan, melontaan, tanssiin, joogaan ja moneen muuhun. Mobiilisovelluksia on myös kehitetty älypuhelimien ja tablettitietokoneiden yleistyttyä. Viimeisimpiä onnistuneita sovelluksia on Pokemon Go, joka on innostanut kaiken ikäisiä ihmisiä liikkumaan ympäri kaupunkia metsästäen pokemoneja.

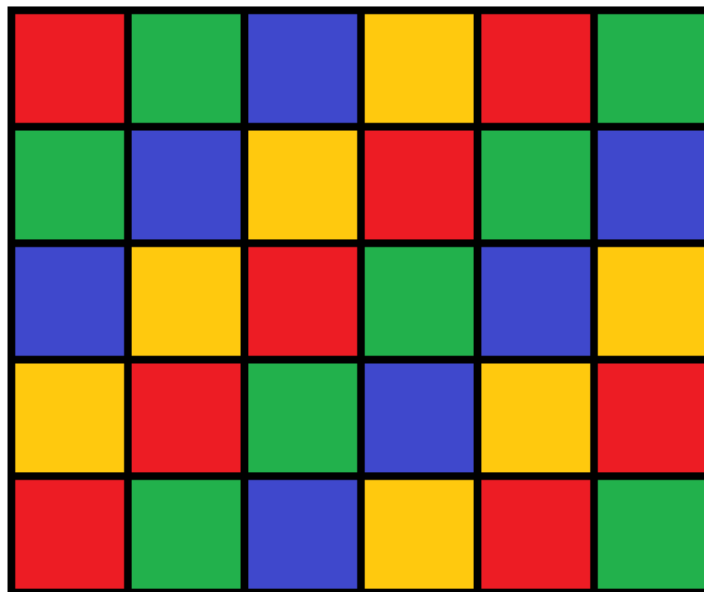
Perinteiset hiiri ja näppäimistö, joita yleensä tarvitaan tietokoneen käyttöön, eivät ole kovin hyvin lapsen käteen sopivia [3]. Näin ollen esimerkiksi Wii-pelikonsolin tapaisia, lapsen liikkeeseen perustuvia tietokoneen ohjaustapoja olisi hyvä hyödyntää.

3.4 Ohjelmoinnin opettaminen liikunnan avulla

Ohjelmoidessa työvälineenä yleensä toimii tietokone ja tietokonetta käytettäessä yleensä istutaan pöydän ääressä. Tämä ei kuitenkaan ole välttämättä pakollista siinä vaiheessa, kun ohjelmoinnin periaatteita opetellaan. [18] Varsinkaan lasten opetuksessa tietokonetta ei aina tarvita, sillä lapsille ei yleensä opeteta mitään tiettyä ohjelmointikieltä. Ohjelmoinnin periaatteita opetellessa lasten ei siis välttämättä tarvitse olla edes lukutaitoisia. Muun muassa näistä syistä tässä työssä esitetään ideoita siihen, miten ohjelmointia olisi mahdollista opettaa liikunnan avulla.

Liikunnallisella tavalla ohjelmointia lapsille opettavat Owen et al. [17] tutkimuksessa Tanssiva tietokone (the Dancing Computer). Tutkimuksen lähtökohta ohjelmoinnin opettamisessa oli se, että kuten lukemisen ja kirjoittamisen kohdalla, ensin opetellaan lukemaan tekstiä, niin myös ohjelmoinnissa ensin opetellaan lukemaan ohjelmaa. Kun ohjelmaa osataan lukea ja ymmärtää, niin myös itse ohjelman kirjoittamisen opettelusta tulee helpompaa. [17]

Tanssiva tietokone -tutkimuksessa tanssialustana toimi erivärisistä neliöistä koostuva matto, jolla piti tanssia tablettitietokoneen ohjeiden mukaan. Kuvassa 5 on esitettyä tällainen tanssialusta. Tablettitietokoneelta lapset saivat rivi kerrallaan ohjeita, joita he suorittivat kuten tietokoneet. [17]



Kuva 5. Havainnekuva tanssialustasta, jolla lapset suorittavat käskyjä. Kuva perustuu lähteeseen [17].

Tanssiva tietokone -tutkimuksen tavoitteena oli lisätä ymmärrystä siitä, mitä tietokone tekee, mitä tietokoneohjelma tekee ja miten ohjelmat etenevät askel kerrallaan. Tutkimuksen avulla pyrittiin opettamaan alkeita muuttujista, rinnakkaisuudesta, viestin viemisestä ja siitä kuinka ohjelma etenee osissa. Kokeen jälkeen osa lapsista ymmärsi tietokoneen olevan riippuvainen ihmisen antamista käskyistä. Osa osasi myös tehdä oman tanssiohjelman muistaen ohjelman käyttämät ohjeet. Voidaan siis sanoa, että tutkimuksessa käytetty opetustapa oli toimiva, koska lapset oppivat uusia asioita ohjelmoinnista. [17]

Tätä Tanssiva tietokone -opetustapaa testattiin vuonna 2016 kuudella eri paikkakunnalla noin 250 oppilaalla. Kohderyhmänä olivat 8–10-vuotiaat lapset. Tutkimuksessa huomattiin kuitenkin myös se, että samantyylinen opetustapa oli mielekäs myös vanhemmille oppilaille. Tulevaisuudessa samalla idealla voitaisiin myös opettaa haastavampiakin ohjelmoinnin periaatteita. [17]

Tanssiva tietokone -tutkimuksen tapaista opetustapaa voitaisiin käyttää myös Suomen peruskouluissa hieman soveltaen. Lapset saisivat opettajalta lapun, jossa on käskyt rivi kerrallaan ja lapset noudattaisivat käskyjä eli tanssisivat ohjelmoidun ohjelman. Lapset voisivat myös kirjoittaa tanssit toisillensa paperille rivi kerrallaan. Tämän tyylinen opetustapa ei vaatisi isoja resursseja. Tietenkin teknologiaa kannattaa hyödyntää, jos sitä koululla on käytettävissä, mutta se ei ole aina välttämätöntä.

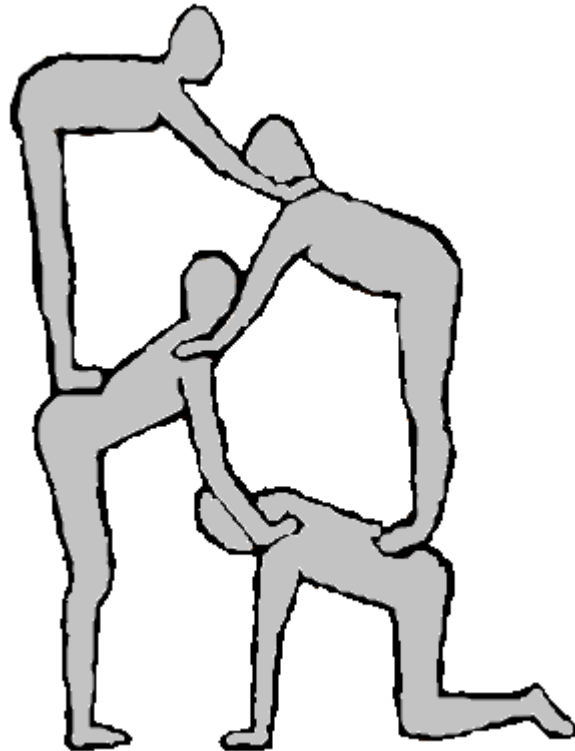
Liikunnan avulla ohjelmointia opettaessa teknologiaa on hyvä hyödyntää varsinkin siinä vaiheessa, kun on jo opeteltu joitain ohjelmoinnin periaatteita. Hyviä vaihtoehtoja perinteiselle tietokoneelle ovat robottien ja puettavien tietokoneiden käyttö opetuksessa. Näitä voidaan hyödyntää esimerkiksi käsityön ja samalla ohjelmoinnin opetuksessa. [18]

Liikuntaa saa hyvin yhdistettyä moneen opettavaiseen peliin ja leikkiin, kun käyttää hieman mielikuvitusta. Esimerkiksi luvussa 2.3 kerrotusta Kapteeni käskee -leikistä saa helposti liikunnallisen, yksinkertaisesti antamalla käskyjä erilaisista liikkumistavoista. Lasten kanssa Kapteeni käskee -leikistä tulee lähes huomaamatta liikunnallinen, kun lapset käskevät toisiaan muun muassa hyppimään ja pyörimään.

Käskyjen antaminen ja niiden noudattaminen toistuu monessa tässä työssä esitetyssä opetustavassa. Tätä opetustyyliä voi helposti soveltaa erilaisten liikunnallisten leikkien muodossa. Toinen lapsi voi kirjoittaa yksittäisiä käskyjä sisältävät ohjeet, joilla luokkaan tai liikuntasaliin rakennetun labyrintin voi selvittää ja toinen lapsi yrittää kulkea labyrintin läpi noudattaen näitä ohjeita.

Pyramidin rakentamiseen liikuntatunnilla saa yhdistettyä ohjelmoinnin opettamisen, kun lapset kirjoittavat käskyt, joiden avulla toisen ryhmän tulisi muodostaa halutun muotoinen pyramidi tai kuvio lattialle kehoillaan. Esimerkki lasten muodostamasta pyramidista on kuvassa 6. Pyramidin muodostamisessa voitaisiin opetella myös rinnakkaisuutta, kun pohjakerroksen lapset voisivat suorittaa käskyjä yhtä aikaa. Tässä tehtävässä tulee myös

hyvin opittua, kuinka tärkeää on, että käskyt suoritetaan tietyssä järjestyksessä. Pyramidin huippua ei voida tehdä ennen pohjan rakentamista.



Kuva 6. Esimerkki pyramidista, jonka lapset voisivat rakentaa. Kuva on muokattu lähteestä [19].

Luvussa 2.5 esitetty LightBot-peli muuntuu myös liikuntasalissa tai leikkikentällä pelattavaksi peliksi. Käytävissä olevalle alueelle rakennetaan pelialue, johon merkitään ruudut, joihin tulee sytyttää valo. Tämän jälkeen lapset voivat kirjoittaa toisilleen käskyjä, joita noudattamalla pelialueen valot saa sytytettyä. Valon sytyttämisen voi korvata esimerkiksi pallon laittamisella laatikkoon tai jonkun pelialueella olevan merkin kääntämisellä toisin päin. Yksinkertaisimmillaan pelin alue voi olla vain hiekkaan piirrettyjä ruutuja. Liikunnallisesti haastetta voitaisiin lisätä niin, että käskyissä kerrotaisiin myös kummalla jalalla ruutuun tulee hypätä.

4. YHTEENVETO

Lapsille opetetaan ohjelmoinnillista ajattelutapaa ja ongelmanratkaisukykyä, ei niinkään mitään yksittäistä ohjelmointikieltä. Näin ollen ohjelmointia opeteltaessa ei yleensä olla sidottuna siihen, että kirjoitettaisiin ohjelmaa tietokoneen äärellä. Tästä syystä liikunnan avulla ohjelmoinnin opettaminen on mahdollista.

Ohjelmointia opetetaan lapsille muun muassa kirjojen, graafisten ohjelmointikielien, erilaisten sovellusten ja pelien avulla. Näistä pelit nousivat työssä erityisesti esille, koska peleistä voisi olla helppo kehittää myös liikunnallisia, joko teknologiaa hyödyntäen tai ilman teknologiaa. Pelit ovat innostavia ja tehokkaita opetuksen apuvälineitä ja ohjelmoinnin opettamiseen on kehitetty paljon pelejä. Lapsille leikit ja pelit ovat luonnollista toimintaa ja niitä tulisikin hyödyntää mahdollisimman paljon lasten opetuksessa. Osaan peleistä lapset saattavat myös huomaamattaan lisätä liikuntaa, sillä monet lasten leikeistäänkin ovat ainakin vähän liikunnallisia.

Liikunnan avulla opettaminen on innostavaa ja saa monet lapset keskittymään sekä oppimaan asioita paremmin. Fyysisyys ja konkreettisuus opetustilanteessa auttaa monia lapsia ymmärtämään abstrakteja asioita. Liikunta opetustilanteessa edistää siis oppimista monella lapsella.

Tanssiva tietokone -tutkimus on onnistunut esimerkki siitä, että liikuntaa voi yhdistää ohjelmoinnin opettamiseen. Tutkimuksen ideaa ohjelmoinnin opettamisesta lapsille voisi hyödyntää myös Suomen peruskouluissa. Mielikuvituksen ansiosta kallista laitteistoa ei aina tarvita. Mielikuvitus auttaa myös uusien ohjelmoinnin opetustapojen kehittämisessä.

Työssä onnistuttiin käymään hyvin läpi erilaisia opetustapoja. Erilaisia pelejä, sovelluksia ja ohjelmointikieliä on olemassa paljon enemmän kuin työssä pystyttiin käsittelemään. Näitä olisi toki ollut mielenkiintoista esitellä työssä enemmän, mutta ne eivät välttämättä olisi tuoneet lisäarvoa työhön. Samoin liikunnan vaikutuksista oppimiseen löytyy paljon enemmän tietoa kuin työssä tuotiin esille, mutta tässä työssä aika rajoitti asian perusteellisempaa tutkimista.

Työssä esitettiin ideoita siihen, miten ohjelmointia voisi opettaa liikunnan avulla. Tässä suhteessa työssä onnistuttiin kohtuullisen hyvin. Työn onnistumista on hieman vaikea arvioida, sillä onnistuminen riippuu siitä, mitä mieltä kasvatusalan ammattilaiset ovat työstä. Tästä työstä voisi jatkaa siihen, että kehittäisi jotain liikunnallista ohjelmoinnin opetustapaa eteenpäin ja tutkisi lapsiryhmällä toteutetun opetuksen onnistumista.

LÄHTEET

- [1] P. Heikinaro-Johansson, T. Huovinen, L. Laakso, T. Lintunen, A. Sääkslahti, H. Nupponen, R. Telama, M. Hirvensalo, T. Häyrynen, M. Rasinaho, V. Varstala, U. Kle-mola, J. Liukkonen, T. Jaakkola, M. Soini, E. Rovio, P. Rintala, V. Eloranta, T. Kalaja, S. Kalaja, M. Siljamäki, M. Vasunta, P. Nieminen, A. Penttinen, E. Tervo, M. Pehko-nen, P. Lumela, I. Keskinen, T. Prittinen, S. Palomäki, P. Huotari, A. Laine, Näkökul-mia liikuntapedagogiikkaan, WSOY Oppimateriaalit, Helsinki, 2007, 451 s.
- [2] Opetushallitus, Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014. Saatavissa (viitattu 21.1.2018): http://www.oph.fi/download/163777_perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2014.pdf
- [3] P. Hyvönen, M. Kangas, A. Kultima, S. Latva, Let's play! : tutkimuksia leikillisistä oppimisympäristöistä, Lapin yliopisto, kasvatustieteiden tiedekunta, mediapedagogiik-kakeskus, Rovaniemi, 2007, 367 s.
- [4] L. Liukas, K. Myllyrinne, Hello Ruby, Otava, Helsinki, 2015, 111 s.
- [5] S. Cooper, W. Dann, R. Pausch, Alice: a 3-D tool for introductory programming concepts, *Journal of Computing Sciences in Colleges*, Vol. 15, Iss. 5, 2000, pp. 107–116. Saatavissa (viitattu 21.1.2018): [https://dl-acm-org.libproxy.tut.fi/cita-tion.cfm?id=364161](https://dl-acm-org.libproxy.tut.fi/citation.cfm?id=364161)
- [6] G. Zaharija, S. Mladenović, I. Boljat, Introducing basic Programming Concepts to Elementary School Children, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2013, pp. 1576–1584. Saatavissa (viitattu 21.1.2018): [http://www.sciencedirect.com/science/arti-cle/pii/S1877042813048015](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042813048015)
- [7] J.G. Kemeny, T.E. Kurtz, BASIC, 1964. Saatavissa (viitattu 21.1.2018): [http://bitsa-vers.trailing-edge.com/pdf/dartmouth/BASIC_Oct64.pdf](http://bitsavers.trailing-edge.com/pdf/dartmouth/BASIC_Oct64.pdf)
- [8] S. Papert, C.J. Solomon, A Case Study of a Young Child Doing Turtle Graphics in LOGO, 1976. Saatavissa (viitattu 21.1.2018): <http://hdl.handle.net/1721.1/6252>
- [9] Code.org. Saatavissa (viitattu 21.1.2018): <https://code.org/>
- [10] Scratch. Saatavissa (viitattu 21.1.2018): <https://scratch.mit.edu/>
- [11] C. Vorderman, J. Woodcock, S. McManus, C. Steele, C. Quigley, D. McCafferty, V. Ketola, Koululaisen ohjelmointikirja : ohjelmointi on helppoa!, 2017, 224 s.
- [12] About ScratchJr. Saatavissa (viitattu 21.1.2018): <https://www.scratchjr.org/about/info>
- [13] L. Krokfors, M. Kangas, K. Kopisto, Oppiminen pelissä: pelit, pelillisuus ja leikil-lisyys opetuksessa, Vastapaino, Tampere, 2014.

- [14] F. Edvardsen, F. Edvardsen, H. Kulle, Educational games : design, learning and applications, Nova Science Publishers, New York, 2010, 385 p.
- [15] LightBot. Saatavissa (viitattu 21.1.2018): <http://lightbot.com/>
- [16] SpriteBox Teacher's Guide. Saatavissa (viitattu 20.2.2018): <http://spritebox.com/SpriteBox%20-%20Teacher's%20Guide.pdf>
- [17] C.B. Owen, L. Dillon, A. Dobbins, M. Rhodes, M. Levinson, N. Keppers, Computer literacy through dance: the dancing computer project, International Journal of Pervasive Computing and Communications, Vol. 13, Iss. 1, 2017, pp. 26. Saatavissa (viitattu 21.1.2018): <http://www.emeraldinsight.com.libproxy.tut.fi/doi/full/10.1108/IJPC-02-2017-0012>
- [18] A. Merkouris, K. Chorianopoulos, A. Kameas, Teaching Programming in Secondary Education Through Embodied Computing Platforms, ACM Transactions on Computing Education (TOCE), Vol. 17, Iss. 2, 2017, pp. 1–22. Saatavissa (viitattu 20.2.2018): <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=3025013>
- [19] Edu.fi. Saatavissa (viitattu 20.2.2018): http://www.edu.fi/perusopetus/liikunta/opusmateriaalit_eri_lajeista/sirkustelu_ja_akrobatia