

Toni Puranen

**VIRTUAALITODELLISUUDEN KÄYTTÖ  
KOULUTUKSESSA JA SEN VAIKUTUKSET  
OPPIMISEEN**



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO  
INFORMAATIOTEKNOLOGIAN TIEDEKUNTA  
2019

## TIIVISTELMÄ

Puranen, Toni

Virtuaalitodellisuuden käyttö koulutuksessa ja sen vaikutukset oppimiseen.

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2019, 31 s.

Tietojärjestelmätiede, Kandidatutkielma

Ohjaaja(t): Clements, Kati

Virtuaalitodellisuuden (VR) hyödyntäminen koulutuksessa mahdollistaa immersiiivisen ja vuorovaikutteisen oppimiskokemuksen, joka ei muilla tavoin olisi välttämättä mahdollista resurssi tai tilarajoitteiden puolesta. Virtuaalitodellisuutta opetukseen käyttävän koulutuksen laadullinen parantaminen on siksi tärkeää ja sen avulla virtuaalitodellisuuden hyödyntämistä voidaan laajentaa opetuksessa. On tärkeää ymmärtää virtuaalitodellisuuden haasteita, rajoitteita ja mahdollisuuksia virtuaalisten oppimisympäristöjen suunnittelussa ja toteutuksessa. Tulokset alan tutkimuksissa tukevat virtuaalitodellisuuden toimivan opetuksen työvälineenä muiden opetusmenetelmien avustamana. Virtuaalitodellisuuden on todettu parantavan aktiivioppimista hyödynnettäessä oppilaan motivaatiota immersion, osallistumisen ja tunteiden kautta. Lisäksi oppija saa paremman kontrollin oppimiseensa ja pystyy parempaan reflektioon. Multimediaoppimisen alueella oppilaille voidaan tarjota monimuotoisesti korostettuja esimerkkejä, joiden kautta oppija muodostaa mentaalisia linkkejä omaamiensa tietojen välille. Lisäksi virtuaalitodellisuuden on todettu olevan halvempi ja turvallisempi vaihtoehto monien alojen koulutuksessa, kuten lääketieteessä ja insinööriopinnoissa. Tämän kirjallisuuskatsauksen tarkoitus on tarkastella tämän hetkistä virtuaalitodellisuutta määritellen sen konseptit, virtuaalitodellisuuden avulla opettamista, määritellä oppimisen konseptin sekä keskeiset oppimismenetelmät, joihin VR vaikuttaa eniten. Kirjallisuuskatsauksessa hyödynnetään olemassa olevaa tutkimusta, jonka pohjalta virtuaalitodellisuuden hyödyntämistä tarkastellaan aktiivi- ja multimediaoppimisen näkökulmasta sekä esitetään kuinka tutkimusta voi hyödyntää VR-oppimisympäristöjen suunnittelussa.

Asiasanat: virtuaalitodellisuus, oppiminen, koulutus

## ABSTRACT

Puranen, Toni

Use of virtual reality in education and its effects on learning.

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2019, 31 p.

Information Systems, Bachelor's Thesis

Supervisor(s): Clements, Kati

Use of virtual reality (VR) in education allows for immersive and interactive learning experiences which might not otherwise be possible due resource or facility restrictions. Hence, improving the quality of virtual reality education is important and through better quality the VR can be utilized in a larger scale in education. It is important for the developers and teachers to understand the challenges, limitations, and opportunities VR can provide while designing or developing virtual reality learning environments. Results of the studies show that virtual reality is a viable teaching tool when combined with other teaching methods. Studies show that while using active learning methods the virtual reality improves student motivation through immersion, emotions, and engagement. Furthermore, the learner acquires better control over his learning process and becomes capable to better reflect the knowledge gained. Using multi-media learning with VR offers the learner more varied examples and types of media to form links with the knowledge the learner already possesses. Virtual reality is also cheaper and safer teaching method on many fields like medicine and engineering. This literary review will go through the current state of VR while defining basic concepts, defining learning and study methods affected most by VR, and utilization of VR in teaching. The literary review utilizes existing studies and research on the subject matter and examines the learning through active- and multi-media learning and presents how the results can be used in design of learning environments utilizing VR.

Keywords: virtual reality, learning, education

## **KUVIOT**

KUVIO 1 Sensorimotorisen häiriön syntyminen käyttäjän ja VR:n välillä .....	16
KUVIO 2 Aktiviteettien suunnitteluun vaikuttavat tulokset ja tavoitteet kehityksessä.....	24

## **TAULUKOT**

TAULUKKO 1 Virtuaalitodellisuuden vaikutukset.....	21
----------------------------------------------------	----

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	VIRTUAALITODELLISUUS .....	8
2.1	Virtuaalitodellisuuden määritelmä.....	10
2.2	Virtuaalitodellisuuslaitteistot.....	10
2.3	Virtuaalitodellisuus ohjelmistot ja ympäristöt.....	13
2.4	Virtuaalitodellisuuslaitteistojen hyödyt ja haitat.....	14
3	OPPIMINEN.....	17
3.1	Oppiminen.....	18
3.2	Kognitiivinen konstruktivismi ja oppimisen muodot.....	18
3.3	Immersion, motivaatio ja osallistuminen .....	19
4	VIRTUAALITODELLISUUDEN VAIKUTUKSET KOULUTUKSESSA.....	21
5	YHTEENVETO JA JATKOTUTKIMUS .....	26

# 1 Johdanto

Virtuaalitodellisuus on kehittynyt ja kasvattanut suosiota viime vuosien aikana viihdelaitteistona. Kaupallisia virtuaalitodellisuuslaitteita käytetään laajasti viihdekäytössä, kuten peleissä ja muissa vastaavissa immersiiivistä interaktiivisuutta vaativissa viihdemedian muodoissa (Devon Allcoat, 2018). Virtuaalitodellisuudella on kuitenkin paljon potentiaalia hyötykäytössä esimerkiksi suunnittelun ja opetuksen alalla (Berg, 2017; Shouq. Al Awadhi, 2018). Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen koulutuksen alalla mahdollistaa immersiiivisen-, innovatiivisen-, vuorovaikutteisen ja kustannustehokkaan koulutuksen, joka ei muilla tavoin olisi välttämättä mahdollista (Mayrose, 2012). Virtuaalitodellisuutta hyödyntävällä koulutuksella on kuitenkin vielä paljon ongelmia, kuten pahoinvointi, järjestelmien laadun ongelmat ja epäkypsät menetelmät. Pystyäkseen virtuaalitodellisuuden tehokkaaseen hyödyntämiseen on kehittäjien ja opettajien ymmärrettävä kuinka virtuaalitodellisuus vaikuttaa oppijoihin, sekä mitä VR opetusjärjestelmien kehittämisessä tulee ottaa huomioon.

Kirjallisuuskatsaus käsittelee virtuaalitodellisuuden hyödyntämistä koulutuksessa ja sen vaikutuksia oppimiseen sekä esittää mahdollisia hyödyntämistapoja tuloksille. Sen tutkimuskysymys on: kuinka virtuaalitodellisuus vaikuttaa koulutukseen ja oppimiseen sekä kuinka sitä voidaan hyödyntää opetuksen eri muotojen kanssa. Opettajat ja ohjelmistokehittäjät, jotka työskentelevät virtuaalitodellisuuden koulutusjärjestelmien kehityksen kanssa tarvitsevat tätä tietoa järjestelmien keskeisten opetusmenetelmien parantamisessa. Lisäksi on tarkasteltava, onko virtuaalitodellisuus kenties parempi vaihtoehto modernien oppimismenetelmien korvaajana.

Kehitys erilaisten virtuaalitodellisuusjärjestelmien teknologiassa on mahdollistanut tehokkaan virtuaalitodellisuuden käytön koulutuksessa ja uusien koulutusjärjestelmien luonnin laitteistojen yleistyessä luokkahuoneissa (Devon Allcoat, 2018; Mayrose, 2012; Ritz, 2016). Järjestelmät kuten monisuuntaiset juoksumatot, raajojen seuranta kameroilla ja liikkeentunnistimilla mahdollistavat immersion tuottamisen järjestelmissä ennennäkemättömällä tavalla. On kuitenkin huomioitava, että virtuaalitodellisuudella on useita fysiologisia ja käytettävyy-

ongelmia. Virtuaalitodellisuus laitteistojen ja järjestelmien keskeisiä ongelmia ei ole vielä ratkaistu kattavasti (Fuchs, 2017).

Virtuaalitodellisuus (VR) on korkean tason käyttöliittymä, joka hyödyntää useampaa ihmisen aistia tuottaakseen immersiiivisen kokemuksen (Alhalabi, 2016; Fuchs, 2017). Virtuaalitodellisuuden avulla käyttäjä pääsee tutkimaan tietokoneella simuloitua ympäristöä hyödyntäen aistejaan (Vesisenaho ym., 2019). Virtuaalitodellisuuden mahdollistavat laitteistot tarjoavat kyvyn tuottaa stereoskooppisia näkymiä pienten näyttöjen avulla ja tarjoavat usein lisäksi ärsykeitä kuulo- sekä kinesteettisille aisteille lisälaitteiden avulla (Serafin, 2018). Useampaa aistia käytettäessä mahdollistetaan käyttäjän syvempi uppoutuminen järjestelmän tarjoamaan virtuaaliseen ulottuvuuteen (Devon Allcoat, 2018; Fuchs, 2017). Koska laitteistot ovat keskeisiä virtuaalitodellisuuden hyödyntämisessä sen koulutuskäytössä käsittelee tämä kirjallisuuskatsaus lyhyesti laitteistojen toimintaperiaatteet sekä määrittelee, mikä on virtuaalitodellisuuden mahdollistava laitteisto.

Kirjallisuuskatsaus tarkastelee myös tutkimuksia ja löytöjä siitä, kuinka laitteistot vaikuttavat ihmisten oppimiseen ja kuinka virtuaalitodellisuutta käytetään koulutuksessa. Oppiminen ja sen määritelmä ovat tärkeitä käsitteitä tulosten määrittelylle. Lisäksi kirjallisuuskatsaus määrittelee kognitiivisen konstruktivismiin sekä sen kannalta tärkeitä oppimisen muotoja. Oppimismuodot, joita kirjallisuuskatsaus käsittelee ovat virtuaalitodellisuudelle tärkeimmät oppimisen muodot aktiivioppiminen sekä multimediaoppiminen. Aktiivioppiminen on virtuaalitodellisuuden koulutuskäytön tärkein oppimismuoto sen hyödyntämien menetelmien kautta. Aktiviteetit ovat yleisesti osa virtuaalitodellisuusjärjestelmien sisältöä. Multimediaoppiminen on luonnollisesti virtuaalitodellisuutta tehokkaasti hyödyntävä oppimismuoto. Virtuaalitodellisuus tarjoaa mahdollisuuden hyödyntää korostuksia ja median eri muotoja opetuksessa ennennäkemättömällä tavalla.

Lisäksi kirjallisuuskatsaus määrittelee immersion koska nykyinen kognitiotiede esittää sen yhtenä parhaista aktiivioppimisen menetelmistä (Kim, 2019; Lee, 2017). Immersion lisäksi on myös tarkasteltava motivaatiota ja osallistumista, joihin immersio vaikuttaa. Tutkielma on kirjallisuuskatsaus ja se käyttää olemassa olevaa kirjallisuutta sekä tutkimusta määritelmien ja johtopäätöksien tekemiseen.

Tietoa kirjallisuuskatsauksessa on hankittu hyödyntämällä tietokantoja kuten Scopus, EBSCO, sekä hakemalla artikkeleita hyödyntäen JYKDOK sekä Google Scholaria. Avainsanoina hauissa toimivat pääosin: virtual reality, virtuaalitodellisuus, virtuaalilaitteistot, VR, mixed reality, physical effects to, education, experience learning, didactive learning, active learning, passive learning, cognitive constructivism, immersion, immersion learning, learning, learning environment, learning programs, aktiivioppiminen, oppiminen ja opetus. Rajauksia hakuihin on tehty käyttäen NOT ja AND hakujehtoja. Hakuja on tehty 298 kappaletta ja tulokset rajattu on rajattu neljäänkymmeneenlähteeseen.

## 2 Virtuaalitodellisuus

Virtuaalitodellisuus tai VR mainittiin ensimmäisiä kertoja 1960-luvulla tieteellisissä tutkimuksissa ja sen määrittely on keskeistä puhuttaessa virtuaalitodellisuuden hyödyntämisestä sekä sen vaikutuksista oppimisessa (Alhalabi, 2016; Berg, 2017; Fuchs, 2017). Virtuaalitodellisuuden määritelmät eivät ole yksinkertaisia ja usein liittävät yhteen useita virtuaalitodellisuuden konsepteja riippuen lähteen virtuaalitodellisuuden käyttötarkoituksesta (Fuchs, 2017). Philippe Fuchs esittää kirjassaan *Virtual Reality Headsets – A Theoretical and Pragmatic Approach* (2017) että useat virtuaalitodellisuutta käsittelevät lähteet sekoittavat virtuaalitodellisuuden toiminnan, funktion, tekniikat ja järjestelmät virtuaalitodellisuuden määritelmään. Fuschin mukaan (2017) tämä rajoittaa tieteellisten ongelmien käsittelyä ihmisen ja virtuaalitodellisuuden ympäristöjen välillä. Kirjassaan hän esittää kolmikantaista määritelmää virtuaalitodellisuudelle, jossa yhdistyy päämäärät, tekniikat ja funktio (Fuchs, 2017).

Käytännössä virtuaalitodellisuutta hyödynnetään virtuaalilaitteistojen kautta, jotka ovat yleensä virtuaalilasien muodossa (Alhalabi, 2016; Fuchs, 2017). Suuremman immersion saavuttamiseksi virtuaalilasien lisänä käytetään usein äänentoistolaitteistoja, käsiohjaimia ja liikkeenseurantaa (Lee, 2017; Serafin, 2018). Laitteistot ovat yleistyneet hyöty- ja viihdekäytössä viime vuosien aikana (Devon Allcoat, 2018; Mayrose, 2012). Pohjimmiltaan nykyaikaiset päässä pidettävät virtuaalilasit (head mounted display, HMD) koostuvat lähelle silmää sijoitetuista näytöistä, jotka on liitetty niitä käyttäjään nähden paikallaan pitävään tukirankaan (Berg, 2017; Fuchs, 2017). Korkean resoluution omaavat näytöt mahdollistavat suuren kuvantarkkuuden lähietäisyydeltä linssien avulla. Linssit, jotka on sijoitettu näyttöjen ja silmien väliin, mahdollistavat silmän tarkentumisen näyttöihin tehokkaasti. Ilman linsejä silmän olisi vaikea kohdistaa katsetta näyttöihin tarvittavan tarkasti (Fuchs, 2017). Tilasensorit tarkastelevat pään liikettä ja näiden avulla voidaan seurata tarkasti käyttäjän näkymää virtuaaliympäristössä (Foxlin, 1998; Fuchs, 2017).

Ohjainpiirit hoitavat laitteen kommunikaation sitä hyödyntävän järjestelmän välillä (Fuchs, 2017). Virtuaalilaitteistot ovat yleensä kytkettynä tietokoneeseen, pelikonsoliin tai vastaavaan järjestelmään vaikkakin uudet kehittyvät teknologiat mahdollistavat erilaisten mobiiliratkaisujen hyödyntämisen virtuaalitodellisuuslasien saralla (Devon Allcoat, 2018).

Virtuaalitodellisuuslasit hyödyntävät ihmisen silmän ja aivojen yhteistyötä, joka tuottaa kolmiulotteisen maailman tunteen kaksiulotteisesta kuvasta käyttäen kahden näytön kautta silmille tarjottua perspektiiviä. Ihmisen aivot täten luovat kolmiulotteisen vaikutelman (Berg, 2017; Fuchs, 2017). Philippe Fuchs (2017) esittää kirjassaan, että virtuaalitodellisuuden laitteistot tarjoavat neljä etua tavallisiin näyttöihin verrattuna. Hänen esittämänsä ensimmäinen etu on se, että laitteistot tarjoavat suuren horisontaalisen ja vertikaalisen näkymän, joka vastaa silmien luonnollista näköaluetta. Tämän takia ohjelmistojen työskentelytilat eivät ole rajoitettuna näytön pinta-alaan vaan niiden suunnittelussa ja käytössä



voidaan keskittyä luovaan ilmaisuun ja käyttäjakeskeisten ratkaisujen luomiseen ilman tilarajoitteita. Seuraavana etuna Fusch (2017) esittää, että laitteistot tarjoavat stereoskooppisen näön koko binokulaarisessa näkökentässä. Tämä tarkoittaa, että ihminen voi aistia syvyysvaikutelman tarjotusta näkymästä. Tämä mahdollistaa pseudo-luonnollisten toimintojen intuitiivisen hyödyntämisen ohjausjärjestelmien käytössä. Kolmantena etuna Fuchs (2017) esittää laitteistojen korkean grafiikan resoluution, joka hyödyntää kaikkia ihmissilmän ominaisuuksia ja kyvykkyyksiä, joita tavallinen näyttö ei voi hyödyntää. Viimeisenä etuna Fuchs esittää katseen immersion virtuaalitodellisuudessa. Päänalueen seuranta hyödyntäviä laitteistoja käyttäessään ihminen voi kääntää katseensa 360 astetta ja nähdä alueen kokonaisuudessaan, jolloin se imitoi todellista kolmiulotteista avaruutta (Fuchs, 2017).

Virtuaalitodellisuuslaitteistoilla on kuitenkin vielä useita ongelmia (Berg, 2017; Fuchs, 2017). Fusch (2017) esittää, että ongelmat ovat hyvin samankaltaisia verrattuna normaaleihin työkaluihin. Virtuaalitodellisuus laitteistot vaativat immersion saavuttamiseksi ihmissilmien kapasiteettia vastaavan näkökentän ja tarkkuuden, joka on vaikea saavuttaa kahdella näytöllä ja linssillä. Lisäksi pseudo-luonnollisen immersion saavuttamiseksi vaaditaan ruumiillisten vasteiden saamista virtuaaliselta ympäristöltä (Lécuyer, 2017). Vastakohtaisesti, järjestelmien ja ympäristöjen on myös kyettävä ymmärtämään käyttäjän toimia ja tuottamaan toimintojen perusteella vasteita virtuaalimaailmassa (Berg, 2017; Fuchs, 2017). Lasien näkymän ja käyttäjän pään asennon on oltava tarkasti yhteensopivia, jotta immersiota häiritsevää siirtymää ei tapahdu ja jotta järjestelmä pystyy luomaan hyvää kuvanlaatua käyttäjälle. Täten sensorien tarkkuuden on oltava tarpeeksi suuri, jotta ongelmia pään liikkeen ja kuvan välillä ei pysty syntymään (Berg, 2017; Fuchs, 2017).

Ongelmallista on myös se, että silmien liikettä ei voida seurata tarkasti useissa laitteistoissa ja tämä rajoittaa näkökenttää. Silmänliikkeiden seuranta ei nykyään vieläkään pystytä tuottamaan ilman erillistä laitteistoa ja liikkeenseuranta rajoittuu suuressa osassa kaupallisia laitteistoja vain pään suunnan seurantaan (Fuchs, 2017). Silmää seuraavat tarkat laitteistot ja teknologiat nostaisivat virtuaalilasien hintaa ja tämän takia rajoittavat potentiaalista käyttäjäkuntaa (Fuchs, 2017; Vretos, 2019). Virtuaaliympäristöjen ongelmiksi muodostuvat myös käyttäjille ilmaantuvat fysiologiset oireet kuten pahoinvointi tai migreenit, joihin kaikenlainen viive, päivitysnopeuden ongelmat, vääränlainen liike kuvassa ja vasteissa vaikuttaa ratkaisevasti (Fuchs, 2017; Lee, 2017; Vesisenaho ym., 2019). Oireisiin voidaan vaikuttaa ympäristöjen suunnittelulla ja sopivilla ohjausmenetelmillä, kuten liikkeeseen perustuvilla menetelmillä tai kameran/silmien luonnollista liikettä simuloivien menetelmien kautta (Lee, 2017). Liikkeen ja sopivien ohjausmenetelmien ongelmiin on olemassa useantyyppisiä lisälaitteita, jotka mahdollistavat käyttäjän liikkeen seuraamisen ja jopa luonnollisen kävelemisen mahdollistamisen virtuaalitodellisuudessa. Monisuuntaiset juoksumatot, kävelyn simulointi ja raajojen seuranta mahdollistavat liikkeen seuraamisen ja simuloinnin virtuaalitodellisuudessa, mikä puolestaan rajoittaa joidenkin

fysiologisten oireiden ilmaantumisesta ja täten parantaa käyttäjän immersiota (Lécuyer, 2017; Lee, 2017).

## 2.1 Virtuaalitodellisuuden määritelmä

Virtuaalitodellisuuden määritelmä on kolmekantainen ja koostuu päämäärästä, funktiosta ja tekniikasta (Fuchs, 2017). Virtuaalitodellisuuden päämäärällä tarkoitetaan sensorimotoriset ja kognitiiviset toiminnot mahdollistavaa digitaalisesti luotua keinotekoisesta ympäristöstä, joka voi olla symbolinen, kuvitteellinen tai simulaatio todellisesta maailmasta, sen osasta tai ilmiöstä (Fuchs, 2017).

Virtuaalitodellisuuden funktionaaliseksi määritelmäksi voidaan sanoa ihmisen virtuaalista siirtymistä todellisuudesta virtuaaliseen aikaan, paikkaan ja toimintaan (Fuchs, 2017).

Tekniikkana virtuaalitodellisuudella tarkoitetaan tieteellistä ja teknistä aluetta, joka käyttää tietotekniikkaa ja käyttäytymisrajoituksia, joiden avulla simuloitetaan virtuaalista maailmaa ja sen entiteettejä, jotka toimivat toistensa kanssa ja yhden tai useamman käyttäjän kanssa, luoden pseudo-luonnollisen immersion sensorimotoristen kanavien kautta. (Fuchs, 2017)

Devon Allcoat ja Adrian von Mühlénen (2018) määrittelevät virtuaalitodellisuuden olevan järjestelmä, jonka kautta käyttäjä voi nähdä ja kuulla virtuaaliympäristön sekä vaikuttaa virtuaaliseen ympäristöön. Tämän kautta käyttäjät saavat totaalisen immersion tunteen ja fyysinen maailma korvataan väliaikaisesti virtuaalisella (Devon Allcoat, 2018).

J. M. Vance ja L. P. Berg (2017) esittävät että VR on osa immersivistä lasenteknologiaa, joka tarjoaa tavan toimia kasvavan digitaalisen maailman kanssa. Heidän mukaansa virtuaalitodellisuus antaa ihmisten uppoutua keinotekoiseen digitaaliseen maailmaan. Heidän määritelmänsä kuuluvat myös ydinteknologiat, jotka mahdollistavat siirtymisen virtuaalimaailmaan (Berg, 2017).

Tämä tutkielma keskittyy tarkastelemaan virtuaalitodellisuutta Devon Allcoat ja Adrian von Mühlénen (2018) funktionaalisen määritelmän mukaisesti, joka on sekoitus Fuchs:n (2017) määritelmien funktionaalista ja teknisestä määritelmästä. Heidän mukaansa VR teknologioiden on tarkoitus luoda immersio ja vaikutussuhde teknologisen ympäristön ja käyttäjän välille (Devon Allcoat, 2018).

## 2.2 Virtuaalitodellisuuslaitteistot

Virtuaalitodellisuuslaitteistoille ja niiden käytölle ihmisen näkökyky on aina tärkein ja keskeisin aisti. VR-ohjelmistot laitteistojen kanssa yhteistyössä mahdollistavat immersivisten kolmiulotteisten näkymien luomiseen huijaamalla ihmisen kognitiiviset järjestelmät tulkitsemaan niitä kuin ne olisivat todellisuutta (Berg,

2017; Kaphingst, 2009). Virtuaalilaitteistojen tarkoitus on tarjota käyttäjälle stereoskooppinen näkymä kahden tai useamman pienen näytön kautta. Täten luoden sensorimotorisen kehän käyttäjän kehon ja tarjotun näkymän välille (Fuchs, 2017). Fuchs Philippe (2017, s.55) toteaa kirjassaan, ettei ole olemassa ideaalia tai universaalia visuaalista rajapintaa mutta keskeinen tavoite kaikilla VR-laitteistoilla on olla visuaalinen rajapinta. Tämän visuaalisen rajapinnan tulee omata metrologisia piirteitä, jotka vastaavat ihmisen näkökyvyn maksimi kapasiteetteihin. Vaihtoehtoisesti voidaan hyödyntää projektoreita, jotka tarjoavat erityyppisen järjestelmän virtuaalitodellisuuden toteutukselle (Berg, 2017; Ritz, 2016). Tämä kirjallisuuskatsaus kuitenkin tarkastelee kuluttajalle luonnollisempia ja yleisempi virtuaalilaseja (Fuchs, 2017; Shouq. Al Awadhi, 2018).

Ihmissilmä muodostaa kuvaa aivojen kanssa yhteistyössä. Ihmisen molemmat silmät välittävät kuvaa aivoille, joka koostaa niistä yhtenäisen kuvan, josta voidaan hahmottaa syvyysvaikutelma (Fuchs, 2017; Kunz, 2009). Virtuaalitodellisuuden toimiessa pääasiallisesti näkökyvyn kautta voidaan todeta näyttöjen tuottaman kuvan olevan tärkein ulottuvuus pseudo-luonnollisen ympäristön tarkastelussa (Berg, 2017; Fuchs, 2017). Teoreettisesti tarkasteltuna ihmisen näkökenttä on 360 astetta kun huomioidaan ihmisen pään liike. Yksittäisen silmän näkökenttä on puolet tästä. Virtuaalilasien näkökenttä on rajoittuneempi, noin 100 astetta, ihmisen 180 asteen näkökenttään verrattuna (Fuchs, 2017). Tarkasteltaessa silmän toimintaa ja sen liikettä voidaan huomata, että silmä liikkuu ensin kohdetta päin ja pää seuraa liikettä, kunnes se on keskittynyt kohteeseen (Fuchs, 2017; Mazloumi Gavgani, 2018). Virtuaalilaseissa näkymä ei keskity täydellisesti, koska useimmat virtuaalilasit eivät ota huomioon silmien liikettä (Fuchs, 2017). Laitteistot tarvitsevat innovatiivisia menetelmiä näkökentän laajentamiseen, kuten näyttöjen klusterointia, leveitä näyttöjä ja silmien liikkeen seuranta (Fuchs, 2017; Vretos, 2019).

Näytöt, joita käytetään näkymän luomiseen ovat kiinnitettyinä tukikehikkoon, jota henkilö kantaa päässään. Laitteistot ovat kiinnitettyinä yleensä näyttönohjaimen HDMI-portteihin, joiden kautta ohjelmistot käsittelevät näytöille lähetettävää kuvaa. Näyttöjen laatu vaihtelee eri valmistajien laitteistoissa paljon riippuen laitteiston laadusta, hinnasta sekä käytetystä teknologiasta. Näyttöjen tarkkuuden laatuun vaikuttavat useat muuttujat. Keskeiset laadunmuodostumisen tekijät ovat: näytön resoluutio, luminenssi ja kontrasti tai luminenssin kontrasti (Fuchs, 2017; Sharples, 2008). Näytön resoluutiolla tarkoitetaan pikselien määrää näkymässä, joka esitetään horisontaalisten ja vertikaalisten pikselien määrän avulla. Silmälle luonnolliselta näyttävän näytöntarkkuuden saavuttamiseksi näytön olisi tarjottava 6000 pikseliä 100 asteen näkymässä. Koko horisontaalisen 210 asteen ja vertikaalisen 40 asteen näkymään pikseleitä tarvittaisiin jo 12600 x 8400 joka on mahdottomuus nykyaikaisilla kaupallisilla laitteistoilla (Fuchs, 2017). Näyttöjen laatuun resoluution ohella vaikuttaa luminenssi eli näytön kirkkaus. Luminenssilla tarkoitetaan näytön lähettämää tai heijastavaa valon määrää, joka mitataan kandeloissa per neliometri. Luonnollinen valo vaihtelee  $10^{-6}$  ja  $10^6$   $cd/m^2$  välillä ja ihmisen silmä pystyy aistimaan noin  $10^4 cd / m^2$  yhdellä silmäisyllä (Fuchs, 2017). Viimeinen laatuun vaikuttava muuttuja on

kontrasti tai luminenssi kontrasti, jolla tarkoitetaan havaittavaa alhaisen valon ja korkean valon määrän suhdetta. (Fuchs, 2017)

Laitteistovaatimukset rajaavat korkeatasoisen ja hyvä laatuksen kuvan tehokkaisuuteen pöytätietokoneisiin tai konsoleihin, joiden järjestelmät ovat suunniteltuja hyödyntämään VR-laitteistoja. Teknologian kehityksen kautta on myös kehitetty uusia mobiili järjestelmiä (Devon Allcoat, 2018). Mobiilijärjestelmät kuitenkin ovat rajoittuneita pääasiassa laitteistorajoitteiden takia. Mobiilijärjestelmiä rajoittavat erityisesti laskentateho sekä liikkeenseurannan sekä laitteen näytön tarkkuuden heikkous (Devon Allcoat, 2018; Fuchs, 2017). Mobiililaitteistojen hyödyllisyys eri käyttötarpeissa vaihtelee pitkältä käytössä olevan laitteiston mukaan. Esimerkkinä Google LLC:n lanseeraama Google Cardboard tai Oculus LLC:n Gear VR toimii parhaimmillaan vain 360-videoiden toistamiseen virtuaalitodellisuudessa (Fuchs, 2017). Kyseiset laitteet käyttävät modernia älypuhelin näytöinä ja puhelin asetetaan erilliseen tukikehikkoon. Laitteistot kuten edellä mainittu Google Cardboard ja Gear VR ovat niin sanottuja sekundäärisiä virtuaalilaseja, eli laitteistoja ei ole suunniteltu varta vasten toimimaan virtuaalilaseina. Niiden tehokkuus määrittyy laitteiston tehon kautta. Niiden kaltaisten laitteiden pääasiallisena hyötynä koulutuksessa voidaan nähdä niiden kustannusten määrä. Laitteistoja ei ole suunniteltu toimimaan ainoastaan virtuaalitodellisuuden parissa ja täten niiden hyöty työskentelyssä on yleisesti suurempi samoin kuin potentiaalinen käyttäjäkunta (Devon Allcoat, 2018; Repetto, 2013). Oppilaitoksilla on paremmat mahdollisuudet hyödyntää halvempia laitteistoja kuin kalliimpia järjestelmiä, jotka ovat suunniteltu yksinomaan virtuaalitodellisuuden esittämiseen.

Liikkeenseuranta on tärkeä osa pseudo-luonnollisen virtuaalitodellisuuden immersion tuottamisessa (Arkenbout, 2015; Berg, 2017). Virtuaalilaitteistojen liikkeenseurannalla tarkoitetaan laitteistoon integroitua sensoreita tai sen ulkopuolisia järjestelmään liitettyjä sensoreita, joiden on tarkoitus seurata käyttäjän päätä tai muiden ruumiinosien liikettä. Tämä liike prosessoidaan osaksi virtuaalitodellisuutta ja täten käyttäjä voi toimia vaikutussuhteessa näkymän ja ympäristön kanssa pseudo-luonnollisessa tilassa (Arkenbout, 2015; Berg, 2017; Fuchs, 2017). Liikkeentunnistusjärjestelmät seuraavat sensoreillaan referenssipisteitä, jotka ovat liitettyinä käyttäjään joko kameratunnistuksen kautta tai fyysisesti läsnä lisälaitteistossa. Sensori ei tunnista muuta kuin sen mittauksen aikaisen spatiaalisen sijainnin (Fuchs, 2017).

Referenssipisteet voivat olla sijoitettuna esimerkiksi käsiohjaimiin tai osaksi kallistus- ja liikesensoreita (Vretos, 2019). Järjestelmä liittää referenssipisteet keskeiseen objektiin kuten käyttäjän hahmoon virtuaalitodellisuudessa. Mittaamalla kuutta parametria voidaan seurata sensorien liikettä suhteessa objektiin (Fuchs, 2017). Kuusi mitattavaa pistettä koostuvat kolmesta kulmasta ja kolmesta etäisyydestä. Näitä kuutta muuttujaa kutsutaan termillä 6 degrees of freedom tai 6DOF. Nämä kuusi muuttujaa määritellään geometrinen muutosten matriisin kautta, jotka johdetaan ympäristössä olevan referenssipisteen ja objektin referenssipisteiden kautta. Tämän muutosmatriisi sisältää kaksi liikettä: kääntymisen ja rotaation. Mainittakoon, että laitteistoja rajoittaa sensoreiden hinta, koska

6DOF sensorit ovat erittäin kalliita sensorien ylittäessä reaaliaikaisten mittausten rajan, joka on noin 100 Hz. Kaupallisiin laitteistoihin on myös olemassa 3DOF sensoreita, jotka mittaavat vain kolmea muuttujaa, mutta tätä hyödyntävät laitteistot ovat epätarkkoja verrattuna 6DOF laitteistoihin. Hyötynä 3DOF laitteistoissa on niiden alhaisempi hinta. (Fuchs, 2017; Mitra, 2007)

Erilaisia liikkeentunnistus sensoreita on olemassa suuri määrä, mutta yleisimpiä mekaanisia sensorityyppejä ovat erilaiset kallistusmittarit, jotka mittaavat kulmaa verraten sitä gravitaatiosta saatavaan alas suuntaan. Gyroskoopit, jotka mittaavat rotaatiota tai kääntymistä. Kiihtyvyydsmittarit, jotka mittaavat liikettä massan tarjoamasta voimasta kiihdytyksen aikana. Laitteistot käyttävät yleisesti useita erilaisia sensoreita muodostaakseen kuvan liikkeestä (3DOF, 6DOF). Yksi sensori voi tarjota vain yhden vapauden asteen (1DOF) joten tarkkuuteen tarvitaan useita erilaisia sensoreita. (Arkenbout, 2015; Fuchs, 2017)

Optiset seurantajärjestelmät rajataan yleensä kahteen ryhmään niiden toimintasuunnan mukaisesti: sisältä ulos ja ulkoa sisään. Ulkoa sisään järjestelmillä tarkoitetaan, että laitteistojen sensorit ovat laitteen ulkopuolella ja seurantapistteet ovat kiinnitetty tai integroitu virtuaalilaseihin tai virtuaalilaitteistoihin (Arkenbout, 2015; Fuchs, 2017). Ongelmana tämän ryhmän laitteistoissa on se, että referenssipisteet liikkuvat vähemmän näin saaden aikaan epätarkempia mittaus tuloksia ja yleisesti heikomman tarkkuuden. Sisältä ulos järjestelmät toimivat täysin päinvastoin ja nämä järjestelmät hyödyntävät ulkoisia seurantapistteitä, jotka tarjoavat sensoreille tarkempia mittaus tuloksia ja täten tarkempaa liikkeen seurantaa. Sisältä ulos järjestelmät ovat yleensä käytössä mobiilisovelluksissa ja järjestelmissä, joissa ei ole ulkoisia johdollisia tai johdottomia laitteita mittaamassa referenssipisteiden sijaintia. (Fuchs, 2017)

Optiset mittausjärjestelmät voidaan myös luokitella käytettyjen perusteknologioiden kautta. Mittausjärjestelmät voivat käyttää näkyvää valonspektriä tai infrapunaspektriä tai mittausjärjestelmä voi käyttää passiivisia merkkejä tai aktiivisia merkkejä. Passiivisilla merkeillä tarkoitetaan yleensä heijastavia pintoja, jotka on sijoitettu niitä seuraavan kameran ympäristöön tiettyihin pisteisiin. Heijastavien pintojen näkyvyyttä laitteille voidaan parantaa liittämällä niihin valon lähde kuten LED-lamppu. Hyötynä passiivisilla merkeillä on niiden johdottomuus, mutta haittapuolena se, että passiiviset merkit tarvitsevat usein valon lähteen ja ulkopuolisen sähkövirran paristojen muodossa. (Arkenbout, 2015; Foxlin, 1998; Fuchs, 2017)

### 2.3 Virtuaalitodellisuus ohjelmistot ja ympäristöt

Virtuaalitodellisuuslaitteistoja hyödyntävät ohjelmistot ovat yleistyneet viimeisen kymmenen vuoden aikana sekä koulutus että viihdekäytössä (Mayrose, 2012). Ohjelmistot ja virtuaalitodellisuuden niille asettamat vaatimukset vaihtelevat niiden käyttötarkoituksen mukaisesti. Voidaan kuitenkin todeta, että media- ja viihdekäyttöön tarkoitettujen ohjelmistojen sekä koulutukseen tarkoitettujen ohjelmistojen ja ympäristöjen vaatimukset ovat

monin tavoin yhteneviä. Järjestelmät vaativat samankaltaista kehitystä käyttäen samoja kehitysympäristöjä, kuten Unity (Wang ym., 2010).

Virtuaalitodellisuusohjelmistot toimivat samalla periaatteella. Käyttäjä siirretään virtuaalitodellisuuteen ja immersion avulla käyttäjälle esitetään haluttu sisältö ja toiminnot, jotka on johdettu luonnollisen maailman ilmiöistä pseudo-luonnolliseen ympäristöön. Sisältö vaikuttaa käyttäjän immersion ja määrittelee järjestelmien tarkoituksen. Opetuskäytössä voidaan ympäristössä esimerkiksi esittää vaikeasti hahmotettavia käsitteitä helpommin ymmärrettävässä muodossa, esitellä suuria laitteistoja, osallistua 360° luennoille tai tutustua virtuaalimonumentteihin (Mayrose, 2012). Hyvänä esimerkkinä toimikoon A. Kaphingst ym., 2009 suorittama virtuaalitodellisuustutkimus, jossa käyttäjille opetettiin virtuaalitodellisuudessa genomien konsepteja (Kaphingst, 2009). Muina esimerkkeinä voidaan esittää S. Tan & R. Waughin (2013) molekyylibiologian opetusjärjestelmää, joka kokeellisesti hyödynsi biologian opetuksessa virtuaalitodellisuutta visualisoimalla molekyylibiologian taulukkoja ja malleja (Tan & Waugh, 2013). Käytännössä virtuaalitodellisuuden käyttökohteita ei rajoita kuin laskentateho, laitteiston ja seurannan tarkkuus, ja kehittäjien omat ympäristön sisällön rajaukset (Pan, 2006).

Virtuaalitodellisuutta hyödyntävien koulutusympäristöjen ja viihdekäyttöön tarkoitettujen ympäristöjen suunnittelua ja toteutusta tulee ohjata käyttäjälähtöisesti (Fuchs, 2017). Ympäristöjen ja sisällön tuottaminen on helppoa, mutta ilman käyttäjälähtöisyyttä toteutettavassa ympäristössä törmätään väistämättä fysiologisiin ongelmiin kuten pahoinvointiin. Kehittäjän on tarkasteltava järjestelmiä sen näkökulman kautta kuinka käyttäjät ottavat vastaan virtuaalijärjestelmän tuottamia vasteita. Käyttäjälähtöisen kehityksen mukaisesti loppukäyttäjiä on hyvä tuoda mukaan kehitysprojekteihin jotta järjestelmiä voidaan testata kattavasti. Testien ja vasteiden perusteella voidaan arvioida kuinka hyvin tuotetut ratkaisut toteuttavat halutut ominaisuudet ja rajoittaa ongelmien syntymistä (Fuchs, 2017). Opettajien ja oppilaiden on myös kyettävä korkeampaan oppimiskäyrään virtuaalitodellisuutta hyödynnettäessä ja järjestelmien kehittäjien tulee huomioida se (Huang, Backman, Backman, McGuire & Moore, 2019).

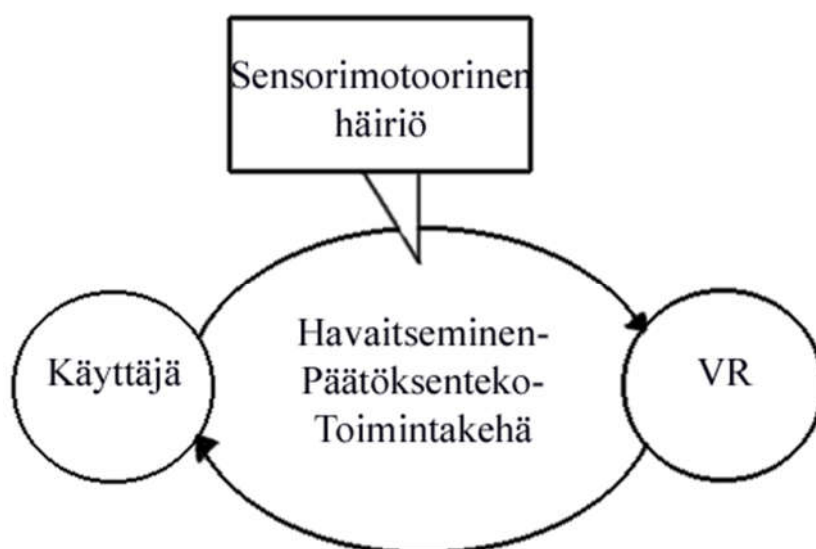
## 2.4 Virtuaalitodellisuuslaitteistojen hyödyt ja haitat

Virtuaalitodellisuuslaitteiston hyödyt koulutuskäytössä ovat moninaisia, mutta myös ongelmakohtia on havaittavissa useita. Useat keskeiset hyödyt ovat riippuvaisia virtuaalilaitteiston laadusta ja lisälaitteiden saatavuudesta tai tasosta (Devon Allcoat, 2018). On myös huomioitava, että järjestelmillä ja ohjelmistoympäristöllä on merkitystä erityisesti käyttäjäkokemuksen kannalta (Mayes, 1999). Hyödyt ovat myös riippuvaisia siitä, kuinka virtuaalilaitteistoja hyödynnetään opetuksessa tai muussa vastaavassa käytössä (Devon Allcoat, 2018). Positiiviset ja negatiiviset vaikutukset voivat olla myös henkilöstä riippuvia. Tan &

Waughin (2013) tutkimusten mukaan virtuaalitodellisuus ei korvaa, vaan täydentää perinteisiä oppimismenetelmiä (Tan & Waugh, 2013).

Fucsh (2017) toteaa kirjassaan virtuaalitodellisuuden käytettävyys ongelmien olevan samankaltaisia luonnollisen maailman työkalujen ongelmien kanssa (Fuchs, 2017). Käyttäjien on mahdollista hyvän liikkeenseurannan ja ympäristöjen omien fysiikka moottorien avulla tuottaa ratkaisuja käyttäen luovuuttaan ja luonnollisen maailman ymmärrystään. Luonnollisen maailman ratkaisut täten siirtyvät pseudo-luonnolliseen simuloituun maailmaan, mutta samalla luonnollisten ratkaisujen olettaen tuottaa rajoitteita järjestelmille ja ohjelmistoympäristöille (Fuchs, 2017). Liikkeenseurannan ollessa hyvälaatuista ja tuettuna esimerkiksi monisuuntaisella juoksumatolla tai vastaavalla kävelyn simuloinnilla voidaan olettaa luonnollisen liikkeen rajoittavan virtuaaliympäristössä liikkumisen yhteydessä käyttäjien yleisesti raportoimaa pahoinvointia (Mazloumi Gavgani, 2018; Sharples, 2008). Käyttäjien pahoinvointi on kuitenkin monisyinen ongelma ja siihen vaikuttavat useat fysiologiset ja teknologiset tekijät (Fuchs, 2017; Mazloumi Gavgani, 2018; Vesise-naho ym., 2019).

Luonnollisessa maailmassa ihmiset tuottavat oman representaationsa maailmasta käyttäen aistejaan. Kaikkien aistien yhteistoiminnasta muodostuu täten kokonaisuus, jonka kautta ihmiset toimivat vuorovaikutuksessa ympäristönsä kanssa. Virtuaalitodellisuudessa käyttäjät saavat kuitenkin aisteilleen ärsykeitä, jotka eivät ole yhteneväisiä muiden aistien aistituntemuksiin. Käyttäjä tällöin pyrkii tulkitsemaan aistimuksia todellisen maailman tuttujen lakien mukaan välittämättä kaikkien sensorimotooristen aistien syötteistä. Tämä aiheuttaa käyttäjälle sensorimotoorisen häiriötekijän muodostumisen, joka rikkoo käyttäjän ja virtuaalitodellisuuden havaitsemisen-, päätöksenteko-, ja toimintakehää. Ilman koherenttia kehää käyttäjän aivot pyrkivät täydellisen kehän muodostamiseen ja tämän epäonnistuessa vähintäänkin aistivat pahoinvointia (Fuchs, 2017; Mazloumi Gavgani, 2018).



KUVIO 1 Sensorimotorisen häiriön syntyminen käyttäjän ja VR:n välillä

Syyt sensorimotoristen häiriöiden muodostumiselle ovat moninaisia ja usein johtuvat useiden seikkojen yhteisvaikutuksesta. Käyttäjälle tärkeimpiä häiriöiden muodostumiseen vaikuttavia tekijöitä nykykäsityksen mukaan ovat aikaviive, alhainen ruudunpäivitysnopeus, ja vestibulaarisen järjestelmän epäyhteneväisyydet stereoskopisen näkymän kanssa (Fuchs, 2017; Mazloui Gavgani, 2018; Sharples, 2008). Kun käyttäjä liikkuu virtuaalitodellisuudessa, esimerkiksi kääntäessään pään asentoa, joutuu virtuaalilaitteisto ja sitä ohjaavat tietokonejärjestelmät käsittelemään ja tulkitsemaan tietoa. Täten käyttäjän toimintojen ja virtuaalilasien tarjoaman näkymän välillä on viive. Immersiivisessä tilanteessa käyttäjä tulkitsee näkemäänsä ja olettaa aina järjestelmän toimivan nopeammin kuin se oikeasti toimisi ja täten muodostaen sensorimotorisen häiriön (Fuchs, 2017). Näyttöjen päivitysnopeus voi vaikuttaa myös häiritsevästi käyttäjien näkymään. Vaikutus on pitkälti samankaltainen viiveen kanssa ja vaikuttaa samoin. Käyttäjän liikuessa immerssiivisessä virtuaalitodellisuudessa hyödyntäen esimerkiksi monisuuntaista juoksumattoa voi häiriö muodostua vain siksi että käyttäjän vestibulaarinen järjestelmä on näköaistilta, lihaksistolta, ja nivelten hermoilta saadun tiedon kanssa ristiriidassa (Fuchs, 2017; Mazloui Gavgani, 2018).



### 3 Oppiminen

Oppiminen on monimutkainen mentaalinen tapahtuma, jossa oppija käsittelee tietoa hyödyntäen erilaisia mentaalisia prosesseja tarkoituksenaan omaksua tietoja sekä taitoja reflektion kautta (Grabinger & Dunlap, 1995). Kognitiotiede käsittelee oppimista erilaisten oppimisteorioiden kautta. Tässä tutkielmassa keskitymme käsittelemään virtuaalitodellisuudelle tärkeitä oppimistapoja: aktiivioppimista sekä multimediaoppimista (Parong, 2018). Kaikki esiteltävät oppimistavat pohjaavat tavalla tai toisella teoriansa kognitiiviseen konstruktivismiin. Kognitiivinen konstruktivismi on lähes yleisesti hyväksytty teoria, joka pohjautuu Jean Piagetin 1960-luvulla julkaisemaan teoriaan. Teoria sisältää kognitiivisen kehityksen vaiheita ja toteaa että oppilaalle ei voida antaa tietoa vaan opetus on oppilaan yksilöllinen olemassa olevan tiedon päälle rakentava prosessi (Piaget, 2003). Täten merkityksellinen aktivoiva opetus on parempi laatuista ja tehokkaampaa uuden tiedon omaksumisessa oppilaan kehittäessä skeemoja (Mayrose, 2012). Oppimistapahtumaan ja oppimisen laatuun vaikuttavat useat eri muuttujat oppimistilanteesta oppimismateriaaleihin. Motivaatiolla, tunteilla, opetustavalla ja välineillä on erityinen vaikutus oppimistuloksiin (Ai-Lim Lee, 2010; Vesisenaho ym., 2019). Tämä kirjallisuuskatsaus esittelee motivaation, immersion sekä osallistumisen sillä virtuaalitodellisuuden on todettu olevan hyvä työkalu näiden muuttujien hyödyntämisessä opetuksessa (Ai-Lim Lee, 2010). Virtuaalitodellisuus on yleisesti hyväksytty tehokkaaksi välineeksi opettamisessa ja tieteellisen tiedon tutkimisen välineenä (Ai-Lim Lee, 2010; Devon Allcoat, 2018; Kaphingst, 2009; Mayrose, 2012).

Kolmiulotteisten oppimisympäristöjen (3-D learning environments) vaikutusta sekä tehokkuutta on tutkittu 1990-luvun puolivälistä 2000-luvulle suhteellisen paljon ja sen vaikutuksia ymmärretään kattavasti (Dalgarno, 2010). Teknologian hyödyntämisen vaikutusta oppimiseen on myös kattavasti tutkittu ala ja sen vaikutukset liittyvät virtuaalitodellisuuden hyödyntämiseen opetuksessa (Jain, 2002). Aiheesta tehdyt tutkimukset esittävät, että virtuaalitodellisuus soveltuu opettamiseen aktiivioppimisen ja multimediaoppimisen työkaluna muiden työkalujen sekä oppimismenetelmien lisänä (Devon Allcoat, 2018; Parong, 2018).

Virtuaalitodellisuuden hyödyntämisen vaikutuksista ei kuitenkaan ole täyttä varmuutta teknologian uutuuden takia. Devon Allcoat ja Adrian von Muhlenen (2018) esittävät itsekritiikin tutkimuksessaan että tutkimuksen havaitsema positiivinen vaikutus voi johtua teknologian soveltamisen uutuuden viehätystä. Heidän mukaansa opetettava saattaa muistaa tilanteen laitteiston outouden takia ja täten laitteistojen käytön yleistyessä ja laitteiden normalisoituessa hyödyt oppimiselle pienenevät. Lisäksi J. Parong ja E. Mayer (2018) kyseenalaistavat virtuaalitodellisuuden intuitiivista luonnetta oppimisessa ja vaativat lisätutkimusta virtuaali todellisuuden hyödyntämisestä heidän käsittelemällä tieteen opetuksenalalla (Parong, 2018).

### 3.1 Oppiminen

Oppiminen määritellään uusien tietojen ja taitojen omaksumiseksi. Se on jatkuva kognitiivinen prosessi, joka sisältää uuden informaation jäsentelyä, reflektointia, johteiden luomista vanhan ja uuden tiedon välillä sekä uusien tietorakennelmien luontia vanhojen pohjalta (Grabinger & Dunlap, 1995). Granbinger ja Dunlap (1995) antavat ymmärtää tutkimuksessaan, että oppija ei ole pelkkä tiedon passiivinen saaja vaan myös tiedon käsittelijä, jonka oppimistausta ja oletukset vaikuttavat oppimistapahtumaan. Täten prosessi on yksilöllinen. Lisäksi he esittävät, että taidot ja tiedot, jotka on opittu realistisessa kontekstissa, opitaan parhaiten. Virtuaalitodellisuus voi tarjota pseudo-realistista kontekstia ja parantaa oppimismotivaatiota pelillistämisen (Garris, 2002) ja muiden yhtä aikaisesti hyödynnettyjen opetusmenetelmien kautta (Kaphingst, 2009; Mayrose, 2012).

### 3.2 Kognitiivinen konstruktivismi ja oppimisen muodot

Kognitiivinen konstruktivismi on konseptina yleisesti hyväksytty ja hyödynnetty (Mayrose, 2012). Sen mukaan oppilas muodostaa tietämystä kokemuksistaan täten muodostaen mentaalimallin maailmasta eli skeeman yksilökohtaisessa prosessissa. Tämä prosessi pohjaa oppilaan rakentamiin tietorakennelmiin tai tietämykseen, joilla tarkoitetaan oppilaan aikaisemmin ymmärtämää ja valmiiksi prosessoimaa tietoa. Prosessoidulla tiedolla tarkoitetaan opittua tietoa, jota oppilas pystyy kontekstuaalisesti hyödyntämään (Powell & Kalina, 2009). Tietorakennelmia voidaan luoda kognitiivisen konstruktivismin mukaan luomalla oppilaille oppimistila, joka auttaa aktiiviteeteillaan ja opetusmuodoillaan tiedon sisäistämistä ja käsittelyä kokemusten kautta. Opetusmuodot kuten aktiivioppiminen ja motivaatio-oppiminen perustuvat tälle teorialle.

Aktiivioppiminen on oppimisen muoto, jossa oppilaalle tarjotaan mahdollisuus aktiivisesti osallistua, prosessoida ja soveltaa saamaansa informaatiota (Kim, 2019). Aktiivi oppiminen perustuu Jean Piagetin (1964) konstruktivistiseen oppimisteoriaan, joka esittää, että uutta tietoa luodaan vanhasta tiedosta reflektion kautta (Piaget, 2003). Tämä tapahtuu tarjoamalla oppilaalle säännöllisesti ja ohjatusti mahdollisuuksia ottaa osaa aktiivisesti omaan oppimistapahtumaansa. Tämä mahdollistaa oppilaan oman ymmärryksen sisäistämistä ja sitä seuraavan reflektion muodostumista. Sisäistetty tieto integroidaan jo ymmärrettyyn tietoon. (Kim, 2019; Piaget, 2003). Yleisesti hyväksytty opetusteoria tukee sitä, että aktiivioppiminen on passiivioppimista tai didaktiivista opetusta parempi opetustapa (Mayrose, 2012). Virtuaalitodellisuutta voidaan hyödyntää helposti aktiivioppimisen välineenä. Immersiivisen virtuaalitodellisuudessa suoritettujen aktiviteettien kautta voidaan oppilaalle opettaa aktiivioppimisen menetelmin lähes mitä tahansa riippuen käytetyn oppimisympäristön sisällöstä (Mayrose, 2012).

Multimedia oppimisella tarkoitetaan monen muotoisen median kuten kuvan, puheen ja videon hyödyntämistä oppimistapahtumassa (Parong, 2018).

Kuvia ja sanoja sisältävät materiaalit ja opetustapahtumat auttavat oppijaa sisäistämään tietoa, kun oppija luo viitteitä ja linkkejä verbaalisen ja kuvanmuotoisen informaation välillä sisäistä dialogia hyödyntäen (Andersen, 2016; Richter, 2018). Andersen, ym., (2016) esittävät että verbaalista ja kuvanmuotoista tietoa on hankala käsitellä ja sen käsittelyä tulisi tukea erilaisin signaalein kuten värikoodauksen tai korostuksen avulla (Andersen, 2016). Virtuaalitodellisuudessa voidaan verbaalisen viestin ja kuvan tai immerstiivisen tapahtuman kautta koostaa erittäin voimakkaasti korostettuja yhteyksiä, joita voidaan linkittää täten aikaisempaan tietoon, taitoon ja kokemuksiin (Andersen, 2016; Parong, 2018).

J. Mayrose (2012) toteaa tutkimuksessaan, että aktiivioppiminen, joka hyödyntää immersivisiä virtuaalilaitteistoja parantaa oppilaiden ymmärrystä esimerkiksi geometriassa, fysiikan ja matematiikan käsitteiden hahmottamisessa ja useassa muussa aiheessa. Tutkimuksessaan J. Mayrose (2012) käy läpi prototyypin tuottaman virtuaaliopetusjärjestelmän tuloksia muodostaen päätelmiä oppilaiden oppimisesta. Hän esittää, että tulokset johtuvat pitkälti oppilaiden paremmasta motivaatiosta immersivisessä ympäristössä verraten perinteisiin didaktivisiin opetusmenetelmiin (Mayrose, 2012).

### 3.3 Immersio, motivaatio ja osallistuminen

Immersiolla tarkoitetaan käyttäjän kokemaa uppoutumista tarjottuun kokeemukseen tai tilaan, jolloin he tuntevat olevansa läsnä tarjotussa tilassa (Lee, 2017). Virtuaalitodellisuuden yhteydessä voidaan immersiolla tarkoittaa visuaalista, äänen, haptista tai näiden yhdistelmän hyödyntämistä käyttäjän siirtämisessä pseudo-luonnolliseen virtuaalimaailmaan (Fuchs, 2017; Lee, 2017). Puhuttaessa immersioista virtuaalitodellisuuden ja koulutuksen yhteydessä voidaan keskittyä puhumana visuaalisesta tai multimedia immersioista sillä riippuen sen hyödyntämisen alasta immersio voidaan jakaa useaan jaotteluun. Esimerkiksi tarinan immersiolla tarkoitetaan vain käyttäjän uppoutumista tarjottuun tarinaan pois lukien käyttäjän muut mahdolliset immersion muodot. Riippuen käytetystä teknologiasta voidaan immersion eri muotoja hyödyntää myös opetuksen alalla. Immersio vaikuttaa käyttäjään fyysisesti, että mentaalisesti. Virtuaalitodellisuuden käyttäjä, jonka immersio häiriintyy voi aistia immersion katkeamisen jopa pahoinvointina. Jiwon Lee, Mingyu Kim ja Jinmo Kim (2017) toteavat tutkimuksessaan, että immersio on myös yhtenä syynä virtuaalitodellisuus pahoinvointiin (Lee, 2017).

Motivaatiota käsittelevät erilaiset motivaatioteoriat ja keskeisimmät motivaatioteoriat nykyään ovat Ryanin ja Decin (2017) itsemääräämisteoriat, Ecclerin (2004) odotusarvoteoria ja kolmas teoria on Dwecking (2006) tavoiteorientaatioteoria (Salo ym., 2018). Itsemääräämisteorissa oppilaat motivoituvat päästessään itse määräämään tekemisestään. Odotusarvoteorissa heidän odotusarvonsa asioissa pärjäämisestä määrittelee heidän motivaationsa. Tavoiteorientaatioteoriassa oppijat jakautuvat tehtäväsuuntautuneisiin ja minäsuuntautuneisiin (Salo ym., 2018). Motivaatiosta on tuotettu useita erilaisia malleja (Garris, 2002;

Schiefele, 1991). Garris (2002) toteaa, että motivaation mallit vaihtelevat riippuen mitä niillä yritetään korostaa sekä mitä niiden pohjalle rakennetaan. Garris toteaa tutkimuksessaan, että toiminta voi olla ulkoisesti tai sisäisesti motivoitua, mutta tutkimukset korostavat yleisesti sisäistä motivaatiota (Garris, 2002). Pelit hyödyntävät sisäistä motivaatiota, joka muodostuu haasteen, uteliaisuuden ja mielikuvituksen kautta (Garris, 2002; Malone, 1981). Motivaatioon vaikuttavat monet erilaiset muuttujat mukaan lukien oman oppimistapahtuman kontrolli, järjestelmien käytettävyys sekä immersion laatu (Ai-Lim Lee, 2010). Opetuspelit ovat pohjimmiltaan pelejä ja täten ne muodostaa motivaatio samoin kuin normaalit pelit. Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen opetusympäristössä tai opetuspeleissä täten hyödyntää samoja motivaation syntymisen ominaisuuksia (Garris, 2002; Malone, 1981).

Ai-Lim Lee (2010) toteaa, että motivaatio lasketaan oppimistapahtumassa yhdeksi oppimisen psykologisista muuttujista, joka vaikuttaa oppimisen tehokkuuteen. Motivaatio vaikuttaa Ai-Lim Leen (2010) mukaan oppijan keskittymiseen, työmäärään, laatuun sekä tuloksiin (Ai-Lim Lee, 2010). Motivaatio vaikuttaa myös oppijan sitoutumiseen ja täten oppimistuloksiin (Sansone, 2011). C. Sansone (2011) esittää, että huonon motivaation omaavat oppilaat eivät sitoudu tai osallistu opiskeluun oppimisympäristön kanssa ja täten vain selaavat materiaalin läpi prosessoimatta informaatiota ollenkaan (Sansone, 2011). Motivoitunut opiskelija käy läpi materiaalia ja on täten sitoutunut oppimisympäristöönsä paremmin (Sansone, 2011).

Sitoutumisella tai osallistumisella (engagement) tarkoitetaan opettamisen yhteydessä oppilaan tarkkaavaisuutta, uteliaisuutta sekä kiinnostusta opetettavaan aiheeseen (Vretos, 2019). N. Vretos (2019) esittää tutkimuksessaan, että osallistumiseen vaadittava tila syntyy vain, jos opiskelija ei ole tylsistynyt tai turhautunut. Vretos kommentoi väitteellään aikaisempia Csíkszentmihályi:n (2008) tuottamia tuloksia, joissa hän esittää optimaalisen psykologisen tilan olevan saatavissa riittävän immerstiivisen haasteen ja keskittymisen kautta (Vretos, 2019).

## 4 Virtuaalitodellisuuden vaikutukset koulutuksessa

Virtuaalitodellisuuden todetut vaikutukset ovat:

TAULUKKO 1 Virtuaalitodellisuuden vaikutukset

Virtuaalitodellisuuden vaikutukset opetuksessa	Vaikutuksen kuvaus:	Lähteet:
Immersio	<p>Tarjoaa realistisen kontekstin ja interaktiivisen ympäristön antaen mahdollisuuden käsitellä opittua.</p> <p>Immersio voi olla rajoittunutta riippuen laitteistoista, käyttäjäkokemuksesta ja opetukseen käytetyistä ympäristöistä.</p>	<p>(Ai-Lim Lee, 2010; Dalgarno, 2010; Devon Allcoat, 2018; Mayrose, 2012)</p> <p>(Devon Allcoat, 2018; Fuchs, 2017; Parong, 2018)</p>
Motivaatio	<p>Parantaa motivaatiota; oppilaiden osallistuminen parempaa, mahdollisuus tarjota erilaisia oppimismuotoja ja tapahtumia.</p> <p>Motivaation nousuun voi vaikuttaa oppimislaitteiston outous ja uutuuden tunne. Täten VR:n yleistyessä hyödyt laskevat.</p>	<p>(Ai-Lim Lee, 2010; Garris, Parong, 2018)</p> <p>(Devon Allcoat, 2018)</p>
Kontrolli	Oppijan päätöksen VR-ympäristössä avustavat motivaation syntymisessä, oppimisen sääntelyssä ja auttavat säätelemään oppijan oppimistahtia.	(Ai-Lim Lee, 2010)
Sitouttaminen/Osallistuminen(engagement)	Oppija osallistuu ja motivoituu paremmin virtuaalitodellisuutta hyödyntävässä opetuksessa.	(Dalgarno, 2010; Devon Allcoat, 2018; Parong, 2018)
Oppiminen, saavutukset ja tehokkuus	<p>VR auttaa parantamaan oppimistuloksia liitettynä muihin oppimismetodeihin. Oppimisen tehokkuus kasvaa.</p> <p>Oppiminen ei kuitenkaan aina yhtä tehokasta ja vaatii VR-järjestelmien ja oppimateriaalien kehitystä tai oppimismenetelmien yhdistämistä.</p>	<p>(Alhalabi, 2016; Ebert, 2019; Shouq. Al Awadhi, 2018)</p> <p>(Kaphingst, 2009; Parong, 2018; Vesisenaho ym., 2019)</p>
Tunteet	Positiivisuus opetukseen on korkeampaa kuin didaktiivisessa opetuksessa.	(Devon Allcoat, 2018)

Reflektointi	Refleктоiva ajattelu parantuu, oppija etsii oikeaa tietoa materiaalista ja pysyy linkittämään uutta tietoa vanhaan tietoon.	(Ai-Lim Lee, 2010; Vesisenaho ym., 2019)
Hyvinvointi	Joidenkin oppilaiden hyvinvointi on huonompaa (huimaus, huono-olo) VR:n käyttämisen jälkeen. Laitteistot aiheuttavat joillekin pahoinvointia.	(Fuchs, 2017; Lee, 2017; Mazloumi Gavgani, 2018)
Kustannukset ja turvallisuus	Koulutusta voidaan toteuttaa aiheista ja paikoista, joihin muuten ei oppilaitoksella olisi varaa, mahdollisuuksia, tai ne olisivat liian vaarallisia.	(Alhalabi, 2016; Bric, 2016; Fuchs, 2017; Shouq. Al Awadhi, 2018)

Virtuaaliodellisuuden vaikutukset oppimiseen ja sen opetusikäytön vaikutukset eivät ole yksiselitteisiä. Tutkijat eivät ole täysin yksimielisiä onko virtuaaliodellisuus oikeasti hyvä korvaava vaihtoehto opetustyökaluna, vaikka se tarjoaa osalle oppilaista heidän tarvitsemansa immersion, osallistumisen ja motivaation (Ai-Lim Lee, 2010; Devon Allcoat, 2018; Ebert, 2019). Tutkimukset toteavat lähes poikkeuksetta, että yksinään virtuaaliodellisuus ei välttämättä riitä kaikkien oppilaiden tehokkaaseen opettamiseen tai vastaa heidän oppimistarpeisiinsa (Kaphingst, 2009). Virtuaaliodellisuus toimii kuitenkin oppilaan apuna ja tarjoaa opettajalle mahdollisuuden havainnollistaa visuaalisesti, innovatiivisesti ja immersiota hyödyntäen vaikeita konsepteja. Konseptit ovat täten oppilaiden saavutettavissa ja he voivat kontrolloida oppimistaan ja tietorakenteidensa muodostumista reflektion ja järjestelmien tarjoaman välittömän palautteen avulla. Ai-Lim Lee (2010) toteaa että aktiivioppimisessa oppimistapahtuman hallinnalla on tärkeä osavaikutus oppimiseen ja virtuaaliodellisuudella voidaan tarjota oppilaalle mahdollisuuden hallita oppimisprosessia (Ai-Lim Lee, 2010).

Devon Allcoat, ym. (2018) esittää että VR voi replikoida tai avustaa perinteisiä oppimismenetelmiä (Devon Allcoat, 2018). Opettajien ja kehittäjien tulee kuitenkin huomioida, että virtuaaliodellisuuden vaikutus oppimiseen riippuu siitä, onnistutaanko sen haasteisiin vastaamaan oikein ja tehokkaasti. Kehitettäessä oppimiseen sopivia virtuaaliympäristöjä on huomioitava käytettävyysongelmat, fyysiset ongelmat kuten pahoinvoinnin ilmaantuminen, oppimismuodot ja mitkä niistä sopivat oppijoille parhaiten (Huang ym., 2019; Vesisenaho ym., 2019).

Immersion on tärkeä piirre virtuaaliodellisuuden opetukseen hyödyntämisessä. Sen saavuttaminen vaatii kuitenkin laadukasta laitteistoa, joka soveltuu myös ohjelmistoiltaan opetukseen. Huonot tai epäsoyvät laitteistot huonontavat tai estävät immersion saavuttamista (Fuchs, 2017; Parong, 2018). Virtuaaliodellisuutta hyödyntävät opetustilanteet, jotka saavuttavat immersion näyttävät toimivan tehokkaammin opetuksessa (Dalgarno, 2010; Mayrose, 2012; Parong, 2018). Immersion hyödyntäminen aktiivi oppimisessa keskittyy oppilaalle tarjottun sisällön esittämiseen mahdollisimman realistisessa kontekstissa ja ympäristössä antaen oppijalle mahdollisuuden ottaa osaa kokemukseen (Kim, 2019; Mayrose, 2012). Virtuaaliodellisuutta hyödyntäen tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi antamalla oppijalle mahdollisuus tarkastella aktiviteettinsa tuloksia

saaden palautetta järjestelmältä. Esimerkkinä toimii J. Mayrosen (2012) suorittama tutkimus jossa tuotettiin työkalu, jonka avulla ohjelmoitiin virtuaalitodellisuutta hyödyntävä fysiikan oppimateriaali, jossa oppilaat pääsivät kokeilemaan voimien vaikutusta objekteihin (Mayrose, 2012).

Motivaatio on myös tärkeä muuttuja tehokkaan oppimistilan tuottamisessa. Virtuaalitodellisuus näyttää motivoivan oppilaita paremmin kuin normaali didaktiivinen oppiminen (Parong, 2018). J. Parong ja Mayer (2018) toteavat tutkimuksessaan, että virtuaalitodellisuutta hyödyntäneet oppilaat olivat vähemmän tylsistyneitä, motivoituneempia ja tyytyväisempiä kuin perinteisemmin opetetut oppilaat (Parong, 2018). Motivaatioon vaikuttavat myös oppilaiden tunteet, joidenka on todettu olevan virtuaalitodellisuutta hyödyntävässä opetuksessa positiivisempia (Devon Allcoat, 2018).

Aktiivioppimisen tavoite on saada oppija, aktiviteettien ja osallistumisen kautta, refleктоimaan oppimaansa (Kim, 2019). Refleктоiva ajattelu perustuu oppilaan mielenkiintoon hankkia uutta tietoa selventävää tai tukevaa tietoa oppimastaan hyödyntäen materiaalia ja/ tai aikaisempaa osaamistaan. Virtuaalitodellisuus tarjoaa aktiviteettien ja immersiiivisen kokemuksen kautta mahdollisuuksia reflektionon sillä reflektion on todettu muodostuvan parhaiten realististen esimerkkien kautta (Mayrose, 2012).

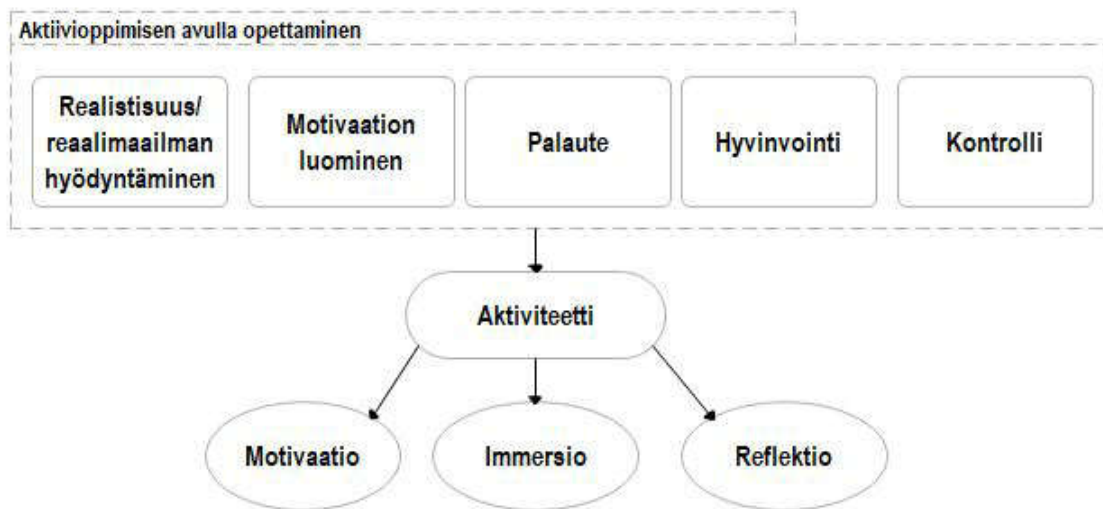
Hyvinvointi vaikuttaa oppilaiden motivaatioon ja haluun käyttää virtuaalitodellisuutta opetuksessa. Virtuaalitodellisuuden on todettu aiheuttavan kyberpahoinvointia ja muita fyysisiä ongelmia kuten päänsärkyä. Täten kehittäjien ja opettajien tulee ottaa huomioon erilaiset ratkaisut pahoinvoinnin estämisessä ja ymmärtää niiden syntymisen syyt sekä vaikutukset (Fuchs, 2017; Lee, 2017; Mazloumi Gavgani, 2018; Vesisenaho ym., 2019).

Virtuaalitodellisuuden vaikutukset kustannuksiin ja turvallisuuteen kattavat mahdollisuuden tuottaa halvempia ja turvallisempia opetustilanteita. Kustannustehokkuuteen päästään, kun materiaalien tai arvokkaiden opetuskoneiden rakentamiselta vältytään. Esimerkiksi lääkärit voivat harjoitella robottileikkauksia virtuaalitodellisuus simulaattoreita hyödyntäen, insinöörit voivat harjoitella laitteistojen käyttöä tai rakentamista. Laitteistojen hinnat tulevat tippumaan tulevaisuudessa ja ne ovat jo yksityishenkilöiden saavutettavissa hintojensa perusteella (Alhalabi, 2016; Bric, 2016; Fuchs, 2017).

Tarkasteltaessa virtuaalitodellisuusjärjestelmien kehitystyötä havaittujen vaikutusten kautta on huomioitava oppilaiden tarpeet, sekä valittava järjestelmälle sopiva oppimismuoto. Ensimmäisten järjestelmänkehityspäätösten tulisi olla riippuvaisia näistä seikoista. Keskeisen kysymyksen tulisi olla: ketä opetetaan ja kuinka opetusta halutaan tarjota virtuaalitodellisuudessa. Valittaessa oppimismuotoa virtuaalitodellisuusjärjestelmälle tärkeimmät oppimismuodot ovat aktiivioppiminen ja multimediaoppiminen, koska ne hyödyntävät virtuaalitodellisuuden keskeisiä vahvuuksia.

Aktiivioppimista hyödyntävässä VR-koulutusjärjestelmässä suoritettavien aktiviteettien tulee olla kehitystyön keskiössä. Kehittäjien on valittava ja pystytävä tuottamaan tarpeeksi immersiiivisiä ja reaali maailmaan kytkettyjä aktiviteetteja, joiden kautta oppija voi prosessoida tietoa. Tämä tieto tulee esittää oppijalle

aktiviteetissa ja tukea aktiviteetin jälkeisen palautteen muodossa. Palaute voidaan antaa automaattisesti järjestelmän puolesta. Esimerkiksi oppilaan aktiviteetista voidaan antaa palautetta pelillistämisen kautta pisteyttämällä ja antamalla oppilaalle mahdollisuus tuottaa parempia tuloksia oivallustensa kautta. Oppilaalla tulee olla mahdollisuus käsitellä uutta tietoa edeltävien aktiviteettien pohjalta. Aktiviteetit voidaan myös suorittaa opetettavan asian visualisoimiseksi. Oppilaalle tulee antaa mahdollisuus tarkastella visualisointia eri näkökulmista, koska oppijan kontrolli oppimisprosessissa tulee säilyttää. Oppilasta voidaan lisäksi motivoida pelillistämisen keinoin tai tekemällä aktiviteetista tarpeeksi mielenkiintoinen ja vaativa vaikeusasteeltaan. Kehittäjiä on myös pyrittävä tuottamaan mahdollisimman hyvälaatuisia ratkaisuja, jotta häiritsevää pahoinvointia ja ristiriitoja ei syntyisi. Aktiviteettien suunnittelun tulisi näillä huomioilla pyrkiä tuottamaan aktiviteetti, joka on motivoiva, immerstiivinen ja antaa reflektion mahdollisuuden oppijalle.



KUVIO 2 Aktiviteettien suunnitteluun vaikuttavat tulokset ja tavoitteet kehityksessä.

Multimediaoppimista hyödyntävän järjestelmän kehitystyön tulisi keskittyä tarjoamaan oppilaalle korostuksia ja avustaa mentaalisten linkkien luomista verbaalisten viestien ja kuvan välille. Lisäksi multimediaoppimista hyödyntävien järjestelmien tulisi keskittyä tarjoamaan oppijalle seurattava luento tai vastaava tiedonvälityksen sekvenssi aktiviteettien sijaan. Virtuaalitodellisuus tarjoaa mahdollisuuden uppoutua ympäristöön, jossa ei ole liikaa häiritseviä tekijöitä, sekä jonka avulla voidaan esittää erittäin korostetusti haluttuja asioita. Korostuksena voidaan hyödyntää väriä, ääntä tai muita tehosteita. Esimerkiksi virtuaaliluennon aikana luento voidaan keskeyttää hetkellisesti ja haluttu yksityiskohta eristää muusta ympäristöstä hyödyntäen värillistä korostusta ja ääntä tai muiden yksityiskohtien häivytyä. Parong ja Mayer (2018) väittävät että liialliset korostukset tai tehosteet voivat haitata oppijan kognitiivista prosessia kuormittamalla oppijan käsittelykykyä liikaa (Parong, 2018). On kuitenkin täysin



mahdollista, että korostuksen aikana voidaan tiettyjä muita huomiota vaativia kohteita sulkea pois oppijalta. Täten oppija keskittyy korostuksen aikana ainoastaan yhteen erityisesti esiin nostettuun yksityiskohtaan. Aihe vaatii kuitenkin lisää tutkimusta ja multimediaoppimisen menetelmien tutkimista virtuaalitodellisuuden näkökulmasta.

## 5 Yhteenveto ja jatkotutkimus

Kirjallisuuskatsauksessa tarkasteltiin, kuinka virtuaalitodellisuutta voidaan hyödyntää oppimisessa ja kuinka se vaikuttaa oppimiseen. Virtuaalitodellisuus on uusi teknologia opetuksen alalla ja sen vaikutukset oppimiseen ovat vielä vajaavaisesti tutkittuja. Viimeisen 10 vuoden aikana on kuitenkin tehty useita tutkimuksia, jotka tutkivat ja selittävät virtuaalitodellisuuden opetushyödyntämisen ilmiöitä. Näiden tutkimusten pohjalta voidaan VR:n hyödyntämisen hyötyjä ja haittoja tutkia lisää ja tiedettyjä ominaisuuksia voidaan hyödyntää olemassa olevien opetusjärjestelmien kehittämiseen. Tästä kirjallisuuskatsauksesta voidaan lukea tutkimusten koottuja tuloksia ja täten käyttää niitä hyödyksi opetusjärjestelmien suunnittelussa tai tuotannossa.

Tutkimukset ovat huomanneet, että tulokset paranevat aktiivioppimisen muodossa toteutetussa opetuksessa, jossa oppimista avustetaan virtuaalitodellisuudella. Opiskelijoiden motivaatio on parempaa ja täten heidän kiinnostuksensa aiheeseen kasvaa ja he refleктоivat oppimaansa enemmän. Oppijat saadaan suorittamaan aktiviteetteja täten sitouttaen heidät opiskeluun paremmin ja lisäksi heidät saadaan oppimaan pseudo-luonnollisessa kontekstissa. Multimediaoppimisessa voidaan opiskelijalle tarjota lisää tärkeän tiedon korostusta avustamaan linkkien luomista kuvan ja verbaalisen viestin tai äänen välillä. Lisäksi kuvan, äänen ja videon hyödyntäminen on erittäin helppoa virtuaalitodellisuudessa.

On kuitenkin huomioitava, että kaikki tutkimukset eivät ole keskenään samaa mieltä. Tutkimuksista huomattava osa esittää virtuaalitodellisuuden parantavan oppimistuloksia ja tehokkuutta mutta osa tuloksista on päinvastaisia. Tutkimuksista lähes kaikki totesivat, että virtuaalitodellisuuden hyödyntämisellä on positiivisia vaikutuksia. Osa kuitenkin esittää virtuaalitodellisuuden hyötyjen olevan pieni tai vaikutusten olevan haittaavia verrattuna perinteiseen didaktiiviseen opetukseen. Tutkimusten kautta voidaan kuitenkin päätellä, että virtuaalitodellisuudella on vaikutus oppilaiden oppimiseen motivaation, osallistumisen kautta ja sen mahdollistaman reflektion kautta. Tutkimuksissa virtuaalitodellisuus todetaan hyväksi lisätyökaluksi opetuksessa muiden opetusmenetelmien lisänä.

Virtuaalisten opetusjärjestelmien suunnittelussa tulee ottaa huomioon oppimismenetelmien vaatimukset ja niiden erityispiirteet. Virtuaalitodellisuutta hyödyntävien aktiivioppimisjärjestelmien tulisi keskittyä suunnittelussaan aktiviteettien tuotantoon, sillä ne ovat oppimismuodolle keskeisiä. Aktiviteettien tulee olla motivoivia, immersiiivisiä sekä sisältää palautteen ja säilyttää oppijan oppimistapahtuman kontrollin. Multimediaoppimisessa tulee oppimistapahtumassa esittää rajatuilla korostuksilla tietoa sulkien pois ylimääräiset häiriötekijät, jotta oppija ei kuormitu kognitiivisesti liikaa.

Lisätutkimuksen avulla on selvitettävä mikä aiheuttaa oppimistehokkuuden pienenemisen negatiivisissa tutkimustuloksissa ja tarkasteltava kuinka niiden aiheuttamiin ongelmia voidaan minimoida. Laitteistojen hyödyntämistä

vaikeuttaa vielä käytettävyysongelmat sekä ympäristöjen hankala ylläpito ja ohjelmointi. Multimediaoppimisen hyödyntämistä virtuaalitodellisuuden avulla on tutkittava lisää. On selvitettävä aiheuttaako kuormituksen rajaaminen samalla tavalla kognitiivista kuormitusta kuin pelkkä normaali tiedon korostaminen oppimistapahtuman päälle. Lisäksi olisi hyvä tarkastella virtuaalitodellisuuden hyödyntämisen pitkäaikaisia vaikutuksia oppilaiden oppimisessa ja etenkin motivaation ylläpitämisessä. Lisäksi on selvitettävä, onko oppilaiden motivaation nousu vain uuden laitteiston aiheuttamaa vai onko kyseessä oikeasti pitkällä aikavälillä oppilaille mieluisampi oppimismenetelmä.

## LÄHTEET

- Ai-Lim Lee, E. (2010). How does desktop virtual reality enhance learning outcomes? A structural equation modeling approach. *Computers & Education*, 55(4), 1424-1442. doi:10.1016/j.compedu.2010.06.006
- Alhalabi, W. (2016). Virtual reality systems enhance students' achievements in engineering education. *Behaviour & Information Technology*, 35(11), 919-925. doi:10.1080/0144929X.2016.1212931
- Andersen, S. A. W. (2016). Cognitive load in distributed and massed practice in virtual reality mastoidectomy simulation. *Laryngoscope*, 126(2), E74-E79. Retrieved from <https://ju.finna.fi/PrimoRecord/pci.wj10.1002%2Flary.25449>
- Arkenbout, E. A. (2015). Robust hand motion tracking through data fusion of 5DT data glove and nimble VR kinect camera measurements. *Sensors* 2015, 15(12), 31644-31671, (12), 31644-31671;. Retrieved from <https://ju.finna.fi/PrimoRecord/pci.narcistud:oai:tudelft.nl:uuid:75bd8b41-2bb2-4cd3-aa40-bbb7c8414d6f>
- Berg, L. (2017). Industry use of virtual reality in product design and manufacturing: A survey. *Virtual Reality*, 21(1), 1-17. doi:10.1007/s10055-016-0293-9
- Bric, J. (2016). Current state of virtual reality simulation in robotic surgery training: A review. *Surgical Endoscopy*, 30(6), 2169-2178. doi:10.1007/s00464-015-4517-y
- Dalgarno, B. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10-32. doi:10.1111/j.1467-8535.2009.01038.x
- Devon Allcoat. (2018). Learning in virtual reality: Effects on performance, emotion and engagement. *Research in Learning Technology*, 26, 1-13. Retrieved from [https://ju.finna.fi/PrimoRecord/pci.doaj\\_soai\\_doaj\\_org\\_article\\_aef7b718d80f4bd1b9641c64ab266225](https://ju.finna.fi/PrimoRecord/pci.doaj_soai_doaj_org_article_aef7b718d80f4bd1b9641c64ab266225)
- Ebert, J. (2019). Virtual reality objects improve learning efficiency and retention of diagnostic ability in fetal ultrasound. *Ultrasound in Obstetrics and Gynaecology*, 53(4), 525. doi:10.1002/uog.19177
- Foxlin, E. (1998). Constellation: A wide-range wireless motion-tracking system for augmented reality and virtual set applications. Paper presented at the doi:10.1145/280814.280937 Retrieved from <https://ju.finna.fi/PrimoRecord/pci.acm280937>

- Fuchs, P. (2017). *Virtual reality headsets-a theoretical and pragmatic approach* CRC Press.
- Garris, R. (2002). Games, motivation, and learning: A research and practice model. *Simulation & Gaming*, , 441-472. Retrieved from <https://jyu.finna.fi/PrimoRecord/pci.proquest230338536>
- Grabinger, R. S., & Dunlap, J. C. (1995). Rich environments for active learning: A definition. *Alt-J*, 3(2), 5-34. doi:10.1080/0968776950030202
- Huang, Y., Backman, S. J., Backman, K. F., McGuire, F. A., & Moore, D. (2019). An investigation of motivation and experience in virtual learning environments: A self-determination theory. *Education and Information Technologies*, 24(1), 591-611.
- Jain, L. C. (2002). *Virtual environments for teaching & learning* World Scientific.
- Kaphingst, K. A. (2009). Testing the effects of educational strategies on comprehension of a genomic concept using virtual reality technology. *Patient Education and Counseling*, 77(2), 224-230. Retrieved from [https://jyu.finna.fi/PrimoRecord/pci.sciversesciencedirect\\_elsevierS0738-3991\(09\)00149-9](https://jyu.finna.fi/PrimoRecord/pci.sciversesciencedirect_elsevierS0738-3991(09)00149-9)
- Kim, A. M. (2019). Barriers and strategies: Implementing active learning in biomedical science lectures. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 47(1), 29. doi:10.1002/bmb.21190
- Kunz, B. R. (2009). Revisiting the effect of quality of graphics on distance judgments in virtual environments: A comparison of verbal reports and blind walking. *Attention, Perception & Psychophysics*, 71(6), 1284. doi:10.3758/APP.71.6.1284
- Lécuyer, A. (2017). Playing with senses in VR: Alternate perceptions combining vision and touch. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 37(1), 20-26. doi:10.1109/MCG.2017.14
- Lee, J. (2017). A study on immersion and VR sickness in walking interaction for immersive virtual reality applications. *Symmetry*, 9(5), 78. doi:10.3390/sym9050078
- Malone, T. W. (1981). What makes computer games fun? *Byte*, 6, 258. Retrieved from [https://jyu.finna.fi/PrimoRecord/pci.gale\\_ofa2125177](https://jyu.finna.fi/PrimoRecord/pci.gale_ofa2125177)
- Mathieu, J. E. (1992). Influences of individual and situational characteristics on measures of training effectiveness. *The Academy of Management Journal*, 35(4), 828-847. doi:10.2307/256317

- Mayes, J. (1999). Learning technology and usability: A framework for understanding courseware. *Interacting with Computers*, 11(5), 485-497. Retrieved from <https://jyu.finna.fi/PrimoRecord/pci.wos000081147800003>
- Mayrose, J. (2012). Active learning through the use of virtual environments. *American Journal of Engineering Education*, 3(1), 13. doi:10.19030/ajee.v3i1.6885
- Mazloumi Gavvani, A. (2018). A comparative study of cybersickness during exposure to virtual reality and "classic" motion sickness: Are they different? *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 125(6) doi:10.1152/jappphysiol.00338.2018
- Minocha, S. (2015). The state of virtual reality in education –Shape of things to come. *International Journal of Engineering Research*, 4(11), 596-598. doi:10.17950/ijer/v4s11/1104
- Mitra, S. (2007). Gesture recognition: A survey. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 37(3), 311-324. doi:10.1109/TSMCC.2007.893280
- Pan, Z. (2006). Virtual reality and mixed reality for virtual learning environments. *Computers & Graphics*, 30(1), 20-28. doi:10.1016/j.cag.2005.10.004
- Parong, J. (2018). Learning science in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology*, 110(6), 785-797. doi:10.1037/edu0000241
- Piaget, J. (2003). Part I: Cognitive development in children--piaget development and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(S1) doi:10.1002/tea.10090
- Powell, K. C., & Kalina, C. J. (2009). Cognitive and social constructivism: Developing tools for an effective classrooms. *Education*, 130(2), 241-250.
- Repetto, C. (2013). Virtual reality and mobile phones in the treatment of generalized anxiety disorders: A phase-2 clinical trial. *Personal and Ubiquitous Computing*, 17(2), 253-260. doi:10.1007/s00779-011-0467-0
- Richter, J. (2018). Signaling Text–Picture relations in multimedia learning: The influence of prior knowledge. *Journal of Educational Psychology*, 110(4), 544-560. doi:10.1037/edu0000220
- Ritz, L. (2016). A framework for aligning instructional design strategies with affordances of CAVE immersive virtual reality systems. *TechTrends*, 60(6), 549-556. doi:10.1007/s11528-016-0085-9

- Salo, A., Salo, A., Kajamies, A., Vauras, M., Salmela-Aro, K., & Aunola, K. (2018). *Motivaatio ja oppiminen*. Jyväskylä: PS-kustannus. Retrieved from <https://www.ellibslibrary.com/jyu/978-952-451-874-1>
- Sansone, C. (2011). Self-regulation of motivation when learning online: The importance of who, why and how. *Educational Technology Research and Development*, 59(2), 199-212. doi:10.1007/s11423-011-9193-6
- Schiefele, U. (1991). Interest, learning, and motivation. *Educational Psychologist*, 26(3-4), 299-323. doi:10.1080/00461520.1991.9653136
- Serafin, S. (2018). Sonic interactions in virtual reality: State of the art, current challenges, and future directions. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 38(2), 31-43. doi:10.1109/MCG.2018.193142628
- Sharples, S. (2008). Virtual reality induced symptoms and effects (VRISE): Comparison of head mounted display (HMD), desktop and projection display systems. *Displays*, 29(2), 58-69. doi:10.1016/j.displa.2007.09.005
- Shouq. Al Awadhi. (2018). Interactive virtual reality educational application. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems*, 3(4), 72-82. doi:10.25046/aj030409
- Tan, S., & Waugh, R. (2013). Use of virtual-reality in teaching and learning molecular biology. *3D immersive and interactive learning* (pp. 17-43) Springer.
- Vesisenaho, M., Koulutuksen tutkimuslaitos, Opettajankoulutuslaitos, Psykologian laitos, Finnish Institute for Educational Research, Department of Teacher Education, . . . Psykologia. (2019). Virtual reality in education : Focus on the role of emotions and physiological reactivity. Retrieved from <https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/62925> <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:jyu-201902111469>
- Vretos, N. (2019). Exploiting sensing devices availability in AR/VR deployments to foster engagement.(report). *Virtual Reality*, 23(4), 399. doi:10.1007/s10055-018-0357-0
- Wang, S., Mao, Z., Zeng, C., Gong, H., Li, S., & Chen, B. (2010). A new method of virtual reality based on Unity3D. Paper presented at the 2010 18th International Conference on Geoinformatics, 1-5.