

Juho-Matti Härmä

VIRTUAALITODELLISUUSLASIEN HYÖ- DYNTÄMINEN TEKNILLISESSÄ OPE- TUKSESSA

Kandidaatintutkielma
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Tarkastaja: Mikko Salmenperä
Huhtikuu 2021

TIIVISTELMÄ

Juho-Matti Härmä: Virtuaalitodellisuuslasien hyödyntäminen teknillisessä opetuksessa
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Teknisten tieteiden kandidaattiohjelma, Automaatiotekniikka
Huhtikuu 2021

Perinteinen opetus kohtaa haasteita opiskelijoiden kiinnostuksen ylläpitämisessä. Perinteinen luento ja kynä-paperi-opetus voi johtaa passiivisiin epäkiinnostuneisiin opiskelijoihin ja huonontuneisiin oppimistuloksiin. Virtuaalitodellisuudella voidaan parantaa käyttäjän kiinnostuneisuutta ja aktiivisuutta sekä auttaa hahmotusta vaativissa tehtävissä immersion ja interaktiivisuuden kautta.

Kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena on selvittää, miten virtuaalitodellisuuslaseja voidaan hyödyntää teknillisessä opetuksessa. Katsauksen kohteena on kokonaan näkökentän peittävät virtuaalitodellisuuslasit eli HMD (eng. head-mounted-display) VR (eng. virtual reality). Tutkielmassa tarkastellaan millä tavoin virtuaalitodellisuuslasit voivat auttaa oppimisessa sekä mitä muita hyötyjä virtuaalitodellisuudesta voi olla opetuksessa.

Virtuaalitodellisuuden käytännönläheinen, interaktiivinen ja syventävä kokemus tuottaa uudenlaisen tavan oppia. VR-järjestelmien on todettu parantavan oppilaiden suoriutumista mitä syventävämpiä virtuaalitodellisuuden tarjoamat kokemukset ovat olleet. Virtuaalitodellisuus tarjoaa mahdollisuuden toimia halvempaan ja turvallisempaan vaihtoehtona todellisille laboratorioille. Virtuaalitodellisuus voi auttaa ryhmien keskinäisessä kommunikaatiossa ja yhteistyössä. Vertailtaessa muihin opetusmetodeihin tulokset virtuaalitodellisuuden tarjoamista oppimishyödyistä ovat myös osin ristiriitaisia. Useimmat tutkimustulokset kuitenkin osoittavat virtuaalitodellisuuden vähentävän yhtä hyväksi tai paremmaksi opetuskeinoksi.

HMD VR on edelleen nopeasti kehittyvä teknologia ja sen yksi suurimmista haasteista opetuksessa on tuotetun sisällön vähäinen määrä. Sisällön tuottaminen on kallista ja usein opetustilanteissa joudutaan luottamaan jo tuotettuihin ohjelmiin. Jotta VR olisi käytännöllinen työkalu, tulisi oman sisällön tuottaminen tai muokkaaminen olla helpompaa. Virtuaalitodellisuuden käyttö opetuksessa saattaa olla toistaiseksi myös työlästä niin opettajille kuin opiskelijoille sen uutuuden ja monimutkaisuuden vuoksi. Aihe vaatii vielä lisätutkimusta eri opetusmetodien vertailussa ja myös saavutetun osaamisen laadussa. Myös laajempi vertailu virtuaalitodellisuuden ja laboratorioympäristöjen välillä on tarpeellista.

Avainsanat: Virtuaalitodellisuus, teknillinen opetus, HMD, VR, virtuaalitodellisuuslasit

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. KESKEISET KÄSITTEET JA VIRTUAALITODELLISUUDEN ESITTELY	3
2.1 Virtuaalitodellisuuden määritelmä.....	3
2.2 Virtuaalitodellisuuden käsitteet.....	4
2.3 Virtuaalitodellisuuden hyödyntämisen alkujat	4
2.4 Kaupallisen laitteiston esittelyä	5
2.5 Virtuaalitodellisuuslasien heikkoudet.....	6
3. VIRTUAALITODELLISUUDEN HYÖDYNTÄMINEN TEKNILLISESSÄ OPETUKSESSA.....	7
3.1 Perinteisen opetuksen ongelmat	7
3.2 Teknillinen opetus	7
3.3 Virtuaalitodellisuuden tarjoamat mahdollisuudet.....	8
3.4 Hahmotus ja visualisointi.....	8
3.5 Laboratorioympäristöjen korvaaja	10
3.6 Immersion tason vaikutus oppimiseen	10
3.7 Haasteet opetuksessa.....	11
3.8 Virtuaalitodellisuus muilla aloilla.....	12
4. VIRTUAALITODELLISUUS TULEVAISUUDESSA.....	13
4.1 Teknologian kehitys	13
4.2 VR:n ja AR:n markkinoiden ennuste.....	13
4.3 Tulevaisuus tekniikan alalla.....	14
4.4 Tulevaisuus opetuksessa	15
5. YHTEENVETO.....	16
5.1 Johtopäätökset.....	16
5.2 Jatkotutkimuskysymykset.....	17
5.3 Työn arviointi.....	17
LÄHTEET.....	19

KUVALUETTELO

Kuva 1.	<i>Vas. ylä. Oculus Rift -lasit vuodelta 2016 (Amos 2017), Oik. ylä. Samsung Gear VR (Pesce 2014), Alarivissä Oculus Quest 2 (Oculus 2021)</i>	<i>5</i>
Kuva 2.	<i>Kuvankaappaus tutkimuksessa käytetystä VR-ohjelmasta Artheasta Oculus Riftin lasilla (Caro ym. 2019)</i>	<i>9</i>
Kuva 3.	<i>VR- ja AR-aplikaatioiden markkina-alojen ennuste vuodelle 2025 (mukaillen Bellini ym. 2016)</i>	<i>14</i>

LYHENTEET JA MERKINNÄT

VR	Virtual reality
AR	Augmented reality
MR	Mixed reality
ER	Extended reality
HMD	Head-mounted display
CCS	Corner cave system
CAM	Computer-aided-manufacturing
CAD	Computer-aided-design
ym.	Ynnä muut
3D	3-dimensional

1. JOHDANTO

Digitaalisen vallankumouksen myötä epäformaali ja formaali oppiminen on siirtynyt opettajien johtamasta yhden muotin mentaliteetista informaatioajan malliin. Nyt tiedonsaannilla ja määrällä on korkein prioriteetti ja perinteisen opetuksen on vaikea pysyä perässä. (Hu-Au & Lee 2017.) Formaali perinteinen opetus kohtaakin haasteita. Vanhat menetit kuten luennot voivat johtaa passiivisiin ja epäkiinnostuneisiin oppilaisiin. Onnistuneiden oppimistilanteiden luonti myös vaatii monia eri tekijöitä, joita voi olla vaikea tai jopa mahdotonta saavuttaa perinteisillä tavoilla. (Capps & Crawford 2013.)

On todisteita siitä, että virtuaalitodellisuus eli VR voi ratkaista yllä mainittuja pedagogisia ongelmakohtia. Virtuaalitodellisuuden avulla voidaan parantaa immersiota, interaktiivisuutta ja käyttäjän osallistumista opetustilanteeseen ja sen narratiiviin. (Freina & Ott 2015.) Niiden kautta virtuaalitodellisuus voi kasvattaa oppilaiden kiinnostuneisuutta ja aktiivisuutta sekä kasvattaa oppimiskokemuksien autenttisuutta ja luovuutta (Hu-Au & Lee 2017).

Kolmiulotteisia virtuaalitodellisuuslaitteistoja on laajasti saatavilla melko yksinkertaisista hyvinkin teknologisesti kehittyneisiin. Tutkielman tavoitteena on luoda mahdollisimman ajantasainen kuva siitä, miten HMD VR:ää (eng. head-mounted-display virtual reality) on yritetty hyödyntää tai hyödynnetään teknillisessä opetuksessa. HMD VR:ssä käyttäjän näkökenttä peittyy täysin. Tavoitteena on myös tutkia VR-tekniikan haasteita ja tulevaisuuden näkymiä. Aihe on rajattu HMD VR:ään, koska VR:n uskotaan menestyvän AR:ää (eng. augmented reality) paremmin sen nopeamman teknologisen kehityksen ja momentin vuoksi (Bellini ym. 2016). Aihe on ajankohtainen ja VR-tekniikan sovellukset nykyään ja tulevaisuudessa ovat laajat. Suurimmassa osassa tilanteita, kun tekstissä puhutaan VR:stä, tarkoitetaan sillä päähän asetettavia laseja, jossa kuva heijastetaan käyttäjän silmille. Pienessä osassa tuloksia on myös otettu mukaan toisenlaista järjestelmää, mikäli se nähtiin suoraan verrannollisena teknologiana VR:ään.

Johdannon jälkeen tutkielman toisessa osassa kerrotaan virtuaalitodellisuuden historiasta ja teknologiasta yleisesti. Kappaleessa myös paneudutaan jo itse aihepiiriin eli virtuaalitodellisuuden hyödyntämiseen opetusympäristönä. Osiossa esitellään myös tämänhetkistä kaupallista laitteistoa sekä virtuaalitodellisuuden käyttämisen vaikeuksia.

Kolmannessa osiossa esitetään perinteisen opetuksen kohtaamia ongelmia. Kappaleessa kuvataan virtuaalitodellisuuden hyödyntämistä teknillisessä opetuksessa. Osiossa pyritään selvittämään, miten eri tavoin virtuaalitodellisuusteknologia voi auttaa teknillisessä opetuksessa ja mitkä ovat sen haasteita. Lisäksi kappaleessa tarkastellaan virtuaalitodellisuuden soveltuvuutta muille aloille.

Neljäs osio keskittyy VR-teknologian tulevaisuuden näkymiin ja ennusteisiin sen hyödyntämisestä ja markkinakoosta eri aloilla. Lopuksi kerrotaan omat johtopäätökset ja päätelmät tutkielmasta sekä arvioidaan sen luotettavuutta, mahdollisia parannuskohteita ja mahdollisia jatkotutkimuskysymyksiä.

2. KESKEISET KÄSITTEET JA VIRTUAALITODELLISUUDEN ESITTELY

2.1 Virtuaalitodellisuuden määritelmä

Virtuaalitodellisuus on uusi teknologian kehityksen mukana kehittynyt ilmaisuväline, minkä parissa on tällä hetkellä käynnissä paljon kokeilua ja testailua, jotta löydettäisiin uusia käytännön sovelluksia ja ilmaisukeinoja. Virtuaalitodellisuus kokemuksena koostuu viidestä eri avainelementistä. Ensimmäinen ja toinen näistä ovat virtuaalitodellisuuden kokijat ja sen luojat. Virtuaalitodellisuuden toista elementtiä voisi kutsua sen luojiksi tai kehittäjiksi. He luovat applikaation tai spesifin koodin, konseptin ja mallit, jotka auttavat kokijoita kokemuksessaan. Virtuaalitodellisuuden kokemus on siis näiden kahden elementin yhteistyön tulos. (Sherman & Craig 2018, 5–16.)

Kolmantena elementtinä toimii virtuaalimaailma. Virtuaalimaailma voi itsessään olla olemassa ilman sen esitystä missään VR-systeemissä esimerkiksi vain luojansa mielessä. Se on voitu myös tuoda julki niin, että se voidaan jakaa esimerkiksi kirjan muodossa. (Sherman & Craig 2018, 5–16.)

Neljäs elementti on virtuaalimaailmaan syventyminen tai immersio. Immersio tarkoittaa tunnetta, jossa henkilö tuntee olevansa jossain ympäristössä. Immersoiva teknologia vaihtaa ihmisen aisteille saapuvia syötteitä digitaalisiin, kuten kuviin ja ääniin. Immersoituneen henkilön aivot reagoivat digitaalisiin syötteisiin samalla tavalla kuin oikean maailman tilanteisiin. Fyysinen immersio on yksi virtuaalitodellisuuden määrittävistä ominaisuuksista. (Freina & Ott 2015; Sherman & Craig 2018, 5–16.)

Viides ja viimeinen elementti on interaktiivisuus. Jotta virtuaalitodellisuus olisi aidon tuntuinen, sen pitää vastata kokijan toimintaan. Interaktiivisia toimia ovat esimerkiksi kyky vaihtaa näkökulmaa, kyky liikutella maailmassa olevia objekteja tai vaihtaa sijaintia maailman sisällä. (Sherman & Craig 2018, 5–16.)

Kun kaikki elementit tuodaan yhteen, voidaan virtuaalitodellisuus määritellä seuraavalla tavalla. Se on systeemi, joka koostuu interaktiivisista tietokonesimulaatioista, jotka havaitsevat osanottajan sijainnin tai toiminnot ja korvaavat tai muokkaavat palautetta yhteen tai useampaan aistiin luoden tunteen immersioista simulaation eli virtuaalimaailman. (Sherman & Craig 2018, 5–16.)

2.2 Virtuaalitodellisuuden käsitteet

AR (eng. augmented reality) eli lisätty todellisuus lisää reaaliajassa digitaalista informaatiota fyysikaalisen maailman päälle niin, että ne esitetään olevan samassa tilassa yhtäläisissä mittasuhteissa (Sherman & Craig 2018, 23). VR (eng. virtual reality) eli virtuaalitodellisuus immersoi käyttäjänsä täydellisesti digitaaliseen virtuaalimaailmaan ja sulkee todellisuuden kokonaan ulkopuolelle. MR (eng. mixed reality) eli sekoitettu todellisuus yhdistää elementtejä AR:stä ja VR:stä. MR:ssä oikean maailman objektit ja digitaaliset objektit vuorovaikuttavat keskenään. MR siis yhdistää AR:n digitaaliset elementit ja VR:n fyysiset vuorovaikutusmahdollisuudet digitaalisten elementtien kanssa. Mixed reality on teknologioista vähiten kehitetty. ER (eng. extended reality) eli laajennettu todellisuus on sateenvarjotermi, mikä kattaa kaikki edellä mainitut teknologiat. (Gupton 2017.)

HMD (eng. head-mounted-display) tarkoittaa päähän kiinnitettävää näyttöä. VR:n yhteydessä HMD on useimmiten remmeillä kiinnitettävä kypärätyyppinen ratkaisu, jossa silmien eteen asettuu näyttö, joka heijastetaan sopivaksi muotoiltujen linssien läpi. HMD VR-ratkaisuja esitellään kappaleessa 2.4 kuvan 1 yhteydessä. (Oculus 2021; Vergara, Rubio & Lorenzo 2017.)

2.3 Virtuaalitodellisuuden hyödyntämisen alkuajat

Ensimmäiset HMD VR-lasit kehitettiin jo 1980-luvulla, mutta silloin resoluution ja ruudunpäivitysnopeus olivat suuria rajoittavia tekijöitä immersoivan kokemuksen saavuttamiseksi (Vergara ym. 2017). Ajatus virtuaalitodellisuuden hyödyntämisestä opetusympäristönä juontaa juurensa jo kuitenkin sen alkuajoille 1990-luvulle, jolloin sen ennustettiin tarjoavan huomattavia hyötyjä perinteisten opetusmenetelmien yli. Kuitenkaan vielä silloin virtuaalitodellisuus ei päässyt kovin pitkälle, vaan rajoittui pääasiassa sotilas- ja teollisuuskäyttöön, kuten taisteluharjoitteluun ja 3D-visualisointiin. (Hu-Au & Lee 2017; Olasky ym. 2015.)

Interaktiivinen virtuaalitodellisuus pysyi pitkään yliopistojen ja yritysten yksittäisinä kalliina projekteina. Vielä 2010-luvun alkupuolella virtuaalitodellisuus sai osakseen vähäistä huomiota. Vuonna 2013 joukkorahoituskampanjan myötä kuluttajamarkkinoille toimitettiin ensimmäisen sukupolven Oculus Rift -lasit. Projekti sai alkunsa opiskelijaryhmästä Etelä-Kalifornian yliopistossa. Vuonna 2014 virtuaalitodellisuus osoitti merkkejä laajaan kaupallistumiseen ja Facebook osti Oculus VR:n 2 miljardilla dollarilla. (Sherman & Craig 2018.) Vuonna 2016 virtuaalitodellisuutta kehitti ainakin 230 eri yritystä, joihin kuului muun muassa Amazon, Apple, Facebook, Google, Microsoft, Sony ja Samsung, joilla kaikilla oli VR:lle ja AR:lle omistetut osastot. (Kelly 2016.)

2.4 Kaupallisen laitteiston esittelyä

HMD virtuaalitodellisuutta on tarjolla eri tasoisina ratkaisuina. Riippuen applikaation tavoitteesta voidaan realismiin ja interaktiivisuuden kannalta valita erilaisia ratkaisuja. Tässä kappaleessa esitellään kolme erilaista HMD VR:ää. Älypuhelin VR sekä sidottu että itsenäinen HMD VR.

Älypuhelin VR tarjoaa matalan kynnyksen virtuaalitodellisuutta. Tarjolla on laitteistoa muun muassa Samsungilta ja Googlelta ja ne sopivat lähes poikkeuksetta kaikkien Android- ja iPhone-puhelimien kanssa, kunhan ne vain mahtuvat laseihin. Älypuhelin VR tarjoaa riisuttua ja matalan tason virtuaalitodellisuutta. Laitteisto onkin käytännössä vain linseillä varustettu kotelo älypuhelimelle ja se luottaa täysin älypuhelimien ja ohjelmiston voimaan. (Noble 2021.) Korkealaatuisia HMD VR-systeemejä on kahdenlaisia. Sidottuja ja itsenäisiä. Ne myös sisältävät ohjaimet, joilla voidaan vuorovaikuttaa virtuaalimaailman kanssa. (Oculus 2021.)



Kuva 1. Vas. ylä. Oculus Rift -lasit vuodelta 2016 (Amos 2017), Oik. ylä. Samsung Gear VR (Pesce 2014), Alarivissä Oculus Quest 2 (Oculus 2021)

Sidottu VR-järjestelmä toimii vain yhteistyössä tietokoneen kanssa. Lasit yhdistetään tietokoneeseen tai kannettavaan tietokoneeseen kaapelilla. Uusimmat järjestelmät eivät edellytä ulkoisia antureita. Vanhemmat lasit ja ohjaimet tarvitsivat ulkoisia antureita, jotka

seurasivat käyttäjän liikkeitä 3D:nä. Sidotut järjestelmät hyödyntävät kytketyn tietokoneen prosessointivoimaa, minkä ansiosta ne ovat tämän hetken tehokkaimpia VR-järjestelmiä. (Aniwaa 2021; Oculus 2021.)

Itsenäinen VR-järjestelmä tai all-in-one on uusi teknologinen askel VR-maailmassa. Järjestelmät eivät tarvitse tietokonetta tai puhelinta tuottaakseen virtuaalimaailman. Itsenäinen järjestelmä sisältää oman prosessorin, näytönohjaimen, akun ja kaiken muun tarvittavan. Ne eivät myöskään käytä yhtään kaapeleita antaen suuremman vapauden liikkumisen ja tilankäytön suhteen. Itsenäiset järjestelmät ovat vähemmän tehokkaita kuin sidotut järjestelmät, mutta kuitenkin paljon tehokkaampia kuin älypuhelimien VR-ratkaisut. (Aniwaa 2021.)

2.5 Virtuaalitodellisuuslasien heikkoudet

Immersion luoma paikalla olon tunne on yksi päämotivaatioista virtuaalitodellisuuden käyttämiseen. Tätä rajoittaviksi ja rikkoviksi tekijöiksi on todettu grafiikan rajoitukset. Heikkoutena on myös se, että lasia käyttävän henkilön istuminen ja ulkopuolisten ihmisten läsnäolo tai vuorovaikutus rikkoo tilanteeseen syventymistä. Myös ihmisten persoonallisuuksilla on huomattu olevan vaikutusta VR:n tehokkuuteen. Henkilöillä, jotka ovat varautuneempia ja ahdistuneisuuteen taipuvaisempia, on havaittu olevan negatiivisempi ja vähemmän immersoiva kokemus VR:stä. Voidaan siis todeta, että tiettyjä piirteitä omaavat ihmiset saavat vähemmän hyötyä virtuaalitodellisuuden käyttämisestä. (Jensen & Konradsen 2018.)

Sidottujen järjestelmien tapauksessa Reiners, Wood ja Gregory (2014) toteavat kaapeleiden olevan suurin este vapaalle liikkumiselle. Heidän toteuttamiensa kokeiden aikana noin kolmasosa koehenkilöistä sotkeutui kaapeleihin kääntyillessään ohjelman aikana.

Liikepahoinvointia eli pahanolon tunnetta virtuaalitodellisuuden käyttämisestä on havaittu vaihtelevasti. Pahoinvointi, esimerkiksi vatsan sekaisuus ja päänsärky ovat yleisimpiä oireita (Alves Fernandes ym. 2016). Pahoinvointi aiheutuu, kun ihmisen näkemä ja kokema liike eivät ole synkronoituja. Eli jos järjestelmässä on pienäkin viivettä jollakin hetkellä tai se ei seuraa käyttäjän pään liikettä tarpeeksi tarkkaan voi pahoinvointia aiheutua heti. (Jensen & Konradsen 2018.) Eniten pahoinvointia on esiintynyt iäkkäämmillä henkilöillä ja vähiten erityisesti nuorilla, joilla on aikaisempaa kokemusta 3D-peleistä. Pahoinvointi vaikuttaa negatiivisesti kokijan asenteeseen ja oppimistuloksiin. (Jensen & Konradsen 2018.) Iso osa kuitenkin Reinersin ym. (2014) koehenkilöistä uskoi tottuvansa virtuaalitodellisuuskokemukseen useammin käytettäessä.

3. VIRTUAALITODELLISUUDEN HYÖDYNTÄMINEN TEKNILLISESSÄ OPETUKSESSA

3.1 Perinteisen opetuksen ongelmat

Tavanomainen ongelma perinteisissä luentopohjaisissa opetusmetodeissa on niiden passiivisuus. Oppilaiden aktiivinen osallistuminen ja aiheesta kiinnostuminen voi osoittautua hyvin hankalaksi. Passivoituminen ja tylsistyminen on yksi isoimmista syistä oppilaiden tyytymättömyyteen ja negatiiviseen kokemukseen. (Hu-Au & Lee 2017.) Aktiivinen, kysymyksiä ja ongelmia esittävä opettaminen on yhdistetty akateemisen lukutaidon kasvattamiseen sekä tieteen konseptuaaliseen ymmärtämiseen (Capps & Crawford 2013). Jos oppilaiden aktiivinen osallistuminen ja kiinnostus akateemisiin aktiviteetteihin kasvaa, seuraa oppiminen ja henkilökohtainen kehitys perässä. VR tarjoaa mahdollisuuksia, jotka voivat täydentää perinteistä opetustyyliä. (Hu-Au & Lee 2017.)

Ihmiset eroavat toisistaan visuaalisessa mielikuvituksessa, kuten mielikuvien luonnissa ja kappaleiden kuvitteellisessa kääntämisessä. Monilla eri tieteenaloilla visuaalisen hahmotuskyvyn on huomattu olevan hyvin tärkeä osa-alue menestymisen kannalta. Visualisointikyvyn puuttumisella on todettu olevan negatiivisia vaikutuksia oppilaan mahdollisuuksiin oppia itsenäisesti ja suoriutua tilanhahmotustaitoja vaativilla tieteenaloilla. (Safadel & White 2020.)

3.2 Teknillinen opetus

Teknisten tieteiden opetukseen kuuluu perusopintoina kaikille matematiikkaa, fysiikkaa ja kieliopintoja. Opetuksen tavoitteisiin kuuluu materiaalien, energian ja reaali maailman järjestelmien toiminnan ja rakenteen ymmärtäminen ja niiden analysointi. Tieteenalaan sisältyy myös laskenta- ja suunnittelutyökalujen hyödyntäminen sekä ohjelmointi. Myös erityyppisten järjestelmien simuloiminen ja optimoiminen kuuluu teknisten tieteiden osaamiseen. Teknillisten opintojen aikana tehdään myös projekti- ja ryhmätöitä viestintä- ja yhteistyötaitojen kehittämiseksi. (Tampereen yliopisto 2021.)

Virtuaalitodellisuutta voidaan hyödyntää tehokkaasti erilaisessa opetuksessa ja se on halpa ja turvallinen vaihtoehto oikeille laboratorioille ja laitteille. Virtuaalitodellisuudessa voidaan esimerkiksi simuloida systeemiä tai vaikka kokonaista tehdasprosessia reaali ajassa turvallisesti ilman laitteisto- ja henkilövahinkojen riskiä. (Vergara ym. 2017.) Virtuaalitodellisuus tarjoaa ideaalisen tavan oppia niille, jotka suosivat visuaalista ja auditiiivista tai kinesteettistä oppimista (Cardoso 2020).

3.3 Virtuaalitodellisuuden tarjoamat mahdollisuudet

Virtuaalitodellisuuden käytännönläheinen, interaktiivinen ja syventävä kokemus tuottaa uudenlaisen tavan oppia. Virtuaalitodellisuus saattaa olla jotain mitä oppilas ei ole vielä ennen päässyt kokemaan. Esimerkiksi *Google Expeditions* mahdollistaa vierailun Marssiin, meren pohjaan ja monia muita tilanteita, jotka voivat herättää uudenlaista kiinnostusta eri aihealueisiin. Uudenlaiset kokemukset synnyttävät ainutlaatuisia oppimistilanteita, jotka voivat kääntää tylsänkin aiheen mielenkiintoa herättäväksi. Mahdollisuus simuloida ympäristöjä ja kasvattaa oppilaan läsnäolon ja konkreettisuuden tunnetta passiivisuuden ja abstraktiuden sijasta on yksi virtuaalitodellisuuden tärkeimmistä mahdollisuuksista luoda parempia oppimistilaisuuksia. (Hu-Au & Lee 2017.)

Verrattaessa VR:ää, video-opetusta ja kirjallisuuden lukua kasvisolujen opiskelussa VR:llä huomattiin olevan vaikutusta etenkin opiskelijoiden motivaatioon ja mielenkiintoon opiskeltavaa asiaa kohtaan. Lisäksi VR:ää käyttäneet opiskelijat muistivat parhaiten opiskelemaansa asiat. (Allcoat & von Mühlänen 2018.)

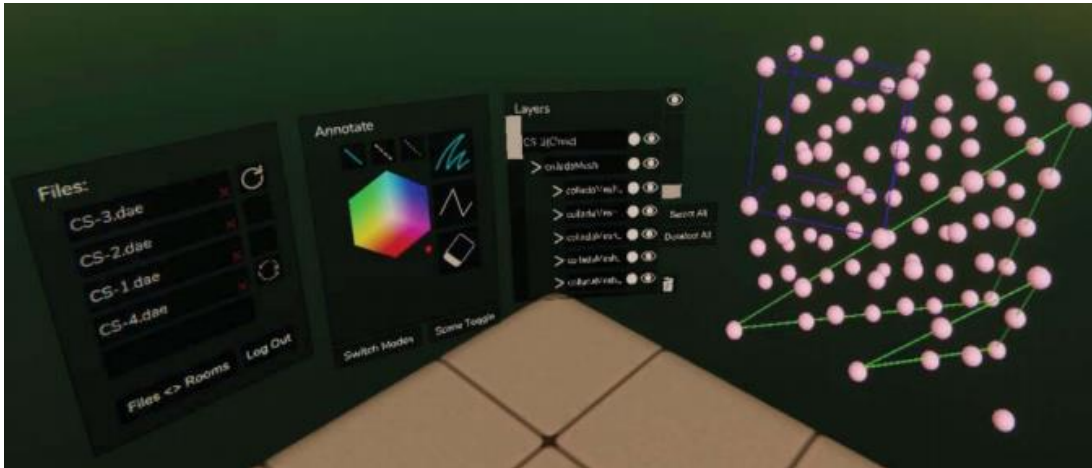
Sen lisäksi, että virtuaalitodellisuus helpottaa eri tilanteisiin syventymistä sekä eläytymistä, se auttaa myös hahmottamaan vaikeita konsepteja. Virtuaaliympäristössä on helppompaa ymmärtää ja demonstroida abstrakteja mielikuvia. (Hu-Au & Lee 2017.) Googlen *Tiltbrush*-ohjelmalla käyttäjä voi luoda kolmiulotteisia objekteja ja maisemia oikeassa mittakaavassa (Faaborg 2015). Myös matematiikassa VR auttaa hahmottamaan vaikeasti visualisoitavia monimutkaisia konsepteja. Pinta-alojen ja komposiittikappaleiden opiskelussa oppilaat, jotka hyödynsivät virtuaalitodellisuutta, menestyivät paremmin. VR:n käytöllä oli erityisen iso vaikutus matalan- ja keskitason matematiikan opiskelijoihin. Tätä selittää mahdollisesti konkreettisempi ja reagoiva ympäristö, jotka kompensoivat rajoittuneempia oppimiskykyjä. (Yao-Ting, Pao-Chen & Kuo-En 2015.)

Virtuaalitodellisuus voi auttaa myös tiimien keskinäisessä kommunikaatiossa ja yhteistyössä. Warwickin yliopistossa käytetty teknologia auttoi opiskelijoiden formulan rakennustiiimin yhteistyötä, sekä itsenäisen ongelmaratkaisun kehittämistä. Yhteistyötä tuki kompleksisen teknisen tiedon jakamisen helppous ja uusien ratkaisujen ehdottamisen kynnyksen madaltuminen. Järjestelmä myös rohkaisi tehokkaaseen kommunikointiin tiimin jäsenien välillä. (Abulrub, Attridge & Williams 2011.)

3.4 Hahmotus ja visualisointi

Michiganin yliopistossa toteutetussa tutkimuksessa vertailtiin perinteisen kynä-paperi-opetuksen ja virtuaalitodellisuudessa toteutetun opetuksen eroja materiaali- ja tekniikassa. Hyvien tilanhahmotuskykyjen tiedetään suoraan korreloivan hyvien arvosanojen kanssa

insinöörialoilla, ja tutkimuksen tavoitteena oli selvittää voisiko VR:stä olla hyötyä oppilaille tilanhahmotuksen ja visualisoinnin ymmärtämisessä. Toinen tavoite oli myös määrittää, onko virtuaalitodellisuuden implementoiminen opetukseen kustannustehokasta. Materiaalitekniikassa materiaalien rakenteen ymmärtäminen on alan perusperiaate, koska se auttaa ymmärtämään materiaalien käyttäytymisen. Yksi tärkeimmistä rakenteista on solidien kristallirakenne eli atomien järjestys 3D-ympäristössä ja tutkimuksen kohteena olikin sen ymmärtäminen. (Caro, Carter, Dagli, Schissler & Millunchick 2019.)



Kuva 2. Kuvankaappaus tutkimuksessa käytetystä VR-ohjelmasta Artheasta Oculus Riftin lasella (Caro ym. 2019)

Kynä-paperi-opetuksella oppineet oppilaat vastasivat kysymyksiin muistamalla opittua tietoa. Havaittiin, että VR-ympäristöä käyttäneet oppilaat taas yrittivät päätellä visualisoinnin perusteella oikean vastauksen. Virtuaalitodellisuus koettiin helpoksi ja mukavaksi aktiviteetiksi. Eräs koehenkilöistä kuitenkin myös kyseenalaisti VR-lasien hyödyn pelkkään tietokoneruutuun verrattuna. (Caro ym. 2019.) Useissa HMD-virtuaalitodellisuutta ja 2D-videota vertailevissa tutkimuksissa ei olekaan toistaiseksi löydetty merkittäviä hyötyeroja testituloksien perusteella. Hyvin vähän on kuitenkin päinvastaisia tuloksia, että virtuaalitodellisuusopetus olisi tuottanut huonompia testituloksia verrattaessa johonkin muuhun opetusmetodiin. (Hamilton, McKechnie, Edgerton, & Wilson 2020.)

Warwicken yliopiston opiskelijoiden formulan rakennustiimi käytti hyödykseen HMD VR:ään verrattavaa teknologiaa. Warwicken yliopistolla suunnitellussa järjestelmässä kaksi projektoria valaisee korkearesoluutioisen kuvan seinälle. Käyttäjät hyödyntävät 3D-laseja, jotta kuva nähdään halutulla tavalla. Eli kyseessä on virtual CAVE-järjestelmä. Järjestelmään sisältyi myös infrapunakameroihin pohjautuvan liikkeen seurannan. Hyödyksi todettiin, että simulaatiossa pääse paikkoihin, joita muuten olisi mahdoton tarkkailla

ja objektien tarkastelu lähietäisyydeltä auttoi oppilaita ongelmanratkaisussa. (Abulrub ym. 2011)

3D-mallinnus on yksi olennainen osa joidenkin teknillisten alojen osaamista. 3D on pakollista, jotta voidaan täysin esittää avaruudellista todellisuutta ja poissulkea siihen liittyvät epäselvyydet (De Cambray 1993). Pinta-alojen ja komposiittikappaleiden opiskelussa oppilaat, jotka hyödynsivät virtuaalitodellisuutta, menestyivät paremmin (Yao-Ting ym. 2015). 3D-skannaus työkalujen eli laitteiden, jotka mallintavat ympäristöä tarkasti, kehittyminen ja halpeneminen asettaa odotukset näiden kahden teknologian yhteiskäytölle. Teknologioiden yhteiskäyttö avaisi monia mahdollisuuksia useammille aloille hyödyllisenä työkaluna. (Cardoso 2020; Colmenero Fdez 2017.)

3.5 Laboratorioympäristöjen korvaaja

Laboratorioympäristöt ovat tehokkaita pedagogisia ympäristöjä esittää teoriassa opittuja asioita käytännössä. Kokeiden suorittaminen oikeassa elämässä on kuitenkin kallista, aikaa vievää ja laitteiston ylläpito on vaikeaa. Virtuaalitodellisuus on osoittanut voimakkaaksi työkaluksi tämän ongelman ratkaisemiseksi. (Román-Ibáñez, Pujol-López, Mora-Mora, Pertegal-Felices & Jimeno-Morenilla 2018.)

Teknisten alojen laboratorio-opetuksessa käsiteltävät kalliit ja monimutkaiset laitteistot vievät paljon tilaa, maksavat paljon ja vaativat turvallisuuskäytäntöjä. Vaikka koulutusinstituutilla olisi muutamia robottikäsiä opiskelijoiden käytettäväksi on oppilaita kuitenkin enemmän. On siis mahdotonta tarjota yhtäläinen mahdollisuus jokaiselle työskennellä laitteiden parissa. Virtuaalitodellisuus-laitteistoa voi hankkia huomattavasti enemmän, mikä mahdollistaa tasa-arvoisen opetuksen suuremmalle määrälle oppilaita. (Román-Ibáñez ym. 2018; Hashemipour, Manesh & Bal 2011.)

Warwickin yliopiston formulatiimille isoja hyötyjä olivat myös madaltuneet kustannukset ja oikean maailman laitteiston hankkimisen tarpeen puute. Myös vaarallisten aineiden puute simulaatiossa poistaa niiden aiheuttamat riskit. (Abulrub ym. 2011.) Simuloimalla laboratorioympäristöjä vältetään siis myös mahdolliset henkilö- ja laitteistovahingot (Román-Ibáñez ym. 2018).

3.6 Immersion tason vaikutus oppimiseen

Tietotekniikan laitoksella Jeddahin yliopistossa Saudi-Arabiassa toteutetussa tutkimuksessa vertailtiin eri virtuaalitodellisuuden tasoja normaaliin opetukseen. Vertailut tasot olivat ilman VR:ää, Corner Cave System (CCS), HMD pelkällä pään liikkeillä ja HMD

xyz-tason liikkeen seurannalla. Neljä kahdentoista opiskelijan ryhmää käyttivät eri järjestelmiä. Käytön jälkeen ryhmät tekivät neljä eri testiä liittyen opittuun tietoon, kognitiivisiin taitoihin, matematiikkaan sekä graafeihin ja kuvioihin. Opiskelijat, jotka käyttivät HMD:tä xyz-tason liikkeen seurannalla, selviytyivät kokeista parhaiten 93,5% tuloksella. Sitä seurasi CCS-järjestelmä 86%:lla, HMD pelkällä pään liikkeillä 77%:lla ja ilman VR:ää 70%. (Alhalabi 2016.)

Tutkimuksessa todettiin VR-systeemin parantavan opiskelijoiden suoritusta huomattavasti mitä syventävämpi kokemus se oli. Tutkimuksen mukaan mitä syventyneempiä opiskelijat olivat oppimisympäristöönsä, sitä enemmän he saavuttivat. Artikkelin johtopäätöksessä todetaan tutkimuksen mahdollisista parannuskohteista, mutta se tarjoaa laadullisia todisteita VR:n vaikutuksesta perinteisen opetuksen yli. (Alhalabi 2016.)

3.7 Haasteet opetuksessa

Vaikka VR-tekniikan hyödyt ovat moninaiset, on sen käyttämisessä silti haasteensa ja hyödyissä epävarmuutensa. Tekniikan käyttöönotto vaatii nykyisellään paljon teknistä lisäosaamista. Myös virtuaalitodellisuuden käyttäminen itsessään vaatii teknisiä taitoja ja täten ohjeistusta ja teknistä tukea, mikä tekee sen käytöstä vaikeaa. (Román-Ibáñez ym. 2018.) Tekniikan tuoreudesta johtuen myös sen uutuudella ja vieraudella on todettu olevan mahdollisia negatiivisia vaikutuksia oppimistuloksiin (Hamilton ym. 2020). Toisaalta Allcoat ja von Mühlenen (2018) mukaan verrattaessa VR-tekniikkaa video-opetukseen sekä perinteiseen kirjallisuuden lukemiseen, VR-tekniikkaa käyttäneet opiskelijat muistivat parhaiten opiskellut asiat. Allcoat ja von Mühlenen kuitenkin näkevät tuloksessa mahdollisena selityksenä VR-tekniikan uutuuden viehätyksen ja kyseenalaistavat virtuaalitodellisuuden hyödyn verrattuna muihin oppimismenetelmiin VR:n tullessa tutummaksi opiskelijoille.

Tämän hetken haaste VR-tekniikan käytössä on tuotetun sisällön määrä. Toistaiseksi tekniikkaa on käytetty pääasiassa viihdetarkoituksiin. Sisällön eli ohjelmien tuottaminen on hyvin kallista, joten opetustilanteissa joudutaan luottamaan jo-tuotettuihin ei-räätälöityihin ohjelmiin. Myöskin sisältö, joka on tuotettu opetustarkoituksiin, on suunnattu pääasiassa itseoppimiseen. Jotta virtuaalitodellisuus olisi käytännöllinen työkalu opettajille, pitäisi oman sisällön tuottaminen tai muokkaaminen olla mahdollista. 360-asteen videokuva on kuitenkin jo askel helpompaan ja itsenäisemmän sisällön tuottamisen suuntaan. Tässä ympäristössä VR:ää käytettäisiin 360-asteen videon katsomiseen ja se voisi luoda pohjan uusille opetustilanteille. (Jensen & Konradsen 2018.)

Toinen haaste on myös teknologian nopea kehitys ja sen tekninen monimutkaisuus, joka vaikuttaa myös olennaisesti tuotettuun sisältöön. Tällä hetkellä teknologia vastaanottaa jatkuvasti päivityksiä niin laite- kuin ohjelmistopuolella, joten ajan tasalla pysyminen on vaivalloista. Teknologia ei myöskään vielä ole helppokäyttöisimmästä päästä. Teknologia voisi osoittautua liian työlääksi hallita monille opettajille ja ohjaajille ja käyttö vaatii kouluttautumista ja osaamista. (Jensen & Konradsen 2018.)

3.8 Virtuaalitodellisuus muilla aloilla

Virtuaalitodellisuudessa toteutetuista simulaatioista opitut taidot on todettu kääntyvän oikeisiin operatiivisiin tilanteisiin. Se tarjoaa turvallisen, eettisen ja tehokkaan tavan oppia ennen oikeaan tilanteeseen menemistä. (Dawe ym. 2014.) Virtuaalitodellisuutta hyödynnetäänkin laajasti erityisesti lääke- ja hoitotieteen aloilla muun muassa kirurgisten toimenpiteiden opetukseen. Kyselyt virtuaalitodellisuuden hyödyntämisestä lääketieteellisessä koulutuksessa ja opetuksessa kertovat teknologian tukevan kommunikaatiota, kirurgisia simulaatioita ja useampia terapioita ja kuntoutuksia. VR:n onkin jo todistettu olevan tehokas työkalu esimerkiksi fobioiden ja mielenterveyden hoidossa ja sitä hyödynnetään potilaiden kanssa, esimerkiksi suuhygienian opetuksessa ja terapian yhteydessä. (Freina & Ott 2015; Hamilton ym. 2020.)

4. VIRTUAALITODELLISUUS TULEVAISUUDESSA

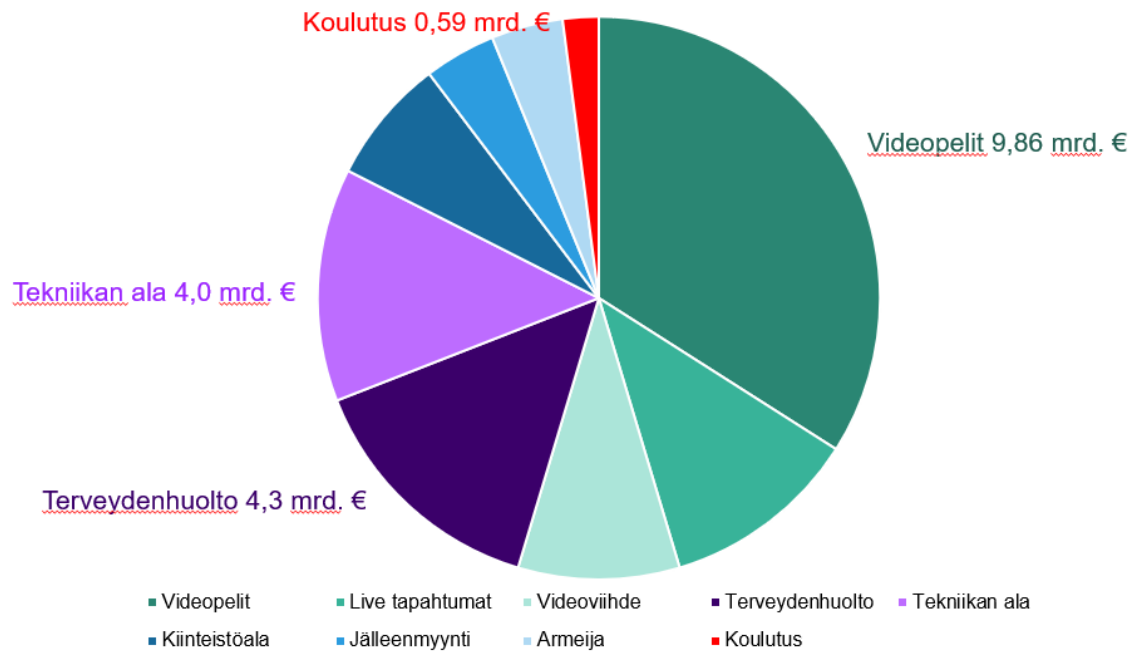
4.1 Teknologian kehitys

Kirjassa *The Singularity Is Near*, Kurzweil (2010) esittää teknologian kehityksen kiihtyvän tahdin ja sen aiheuttamat voimat. Muun muassa teknologian tehokkuuden kasvaessa myös kiinnostus teknologiaa kohtaan kasvaa. Tämä suuntaa entisestään resursseja teknologian kehitystä kohtaan. Bellinin ym. (2016) mukaan virtuaalitodellisuuden kehittyessä se halpenee ja applikaatioiden määrän odotetaan kasvavan. Virtuaalitodellisuuden ennustetaan mullistavan eri aloja ja kasvavan monen miljardin dollarin alaksi.

360-asteen videokuvan sekä uusien skannausteknologioiden, kuten fotogrammetrian yhdistäminen HMD VR-teknologian kanssa voi olla tehokas työkalujen yhdistelmä tulevaisuudessa. Se madaltaisi oman sisällön tuottamisen kynnyistä kaikessa käytössä. (Jensen & Konradsen 2018; Colmenero Fdez 2017.)

4.2 VR:n ja AR:n markkinoiden ennuste

VR- ja AR-applikaatioiden markkinat ovat hyvin monialaiset ja laajat. Kun virtuaalitodellisuusteknologia jatkaa kehitystään ja sen hinta laskee, uskotaan sen synnyttävän monen miljardin euron markkinat. Merkityksellisemmät markkina-alat ovat videopelit, video-viihde, terveydenhuolto, kiinteistöala, jälleenmyynti, koulutus, tekniikan ala ja armeija. Seuraavassa kuvaajassa on kuvattuna VR- ja AR-applikaatioiden markkina-alojen ennuste näille aloille vuodelle 2025. (Bellini ym. 2016.)



Kuva 3. VR- ja AR-aplikaatioiden markkina-alojen ennuste vuodelle 2025 (mukaillen Bellini ym. 2016)

VR:n uskotaan menestyvän AR:ää paremmin sen nopeamman teknologisen kehityksen ja momentin vuoksi. VR:n taakse on muodostunut jo laaja ekosysteemi myyjiä ja kumppaneita. AR-tekniikalla on vielä isompia esteitä edessään esimerkiksi näyttötekniikan ja fyysisen maailman reaaliaikaseurannan ja kalibroinnin kannalta. (Bellini ym. 2016.)

4.3 Tulevaisuus tekniikan alalla

VR-tekniikan nähdään muuttavan CAM- ja CAD-aloja. Tuotekehityksessä virtuaaliteollisuus mahdollistaa insinöörejä testaamaan ja esittelemään tilanteita sekä malleja ennen kuin tuotteita on vielä tehty. Se kasvattaa tuottavuutta ja ajaa kuluja alas. Suunnitteluohjelmia pitää kuitenkin kehittää alakohtaisesti ja niiden käyttöönotto voi viedä aikaa, kun ohjelmia opitaan käyttämään ja työtekniikoita sopeutetaan uuteen teknologiaan. (Bellini ym. 2016.)

Rivière, Bougaa, Bornhofen ja Kadima (2015) määrittelivät ja luokittelivat Euroopan komission ja kolmen Euroopan maan esittämiä haasteita ja suosituksia ja päättelivät kaikilla olevan sama näkemys tulevaisuuden tehtaista. Korostettuna tarkasteluna oli virtuaaliteollisuuden käyttö tulevaisuuden tehtaissa. Tutkimuksen mukaan paras lähesty-

mistapa virtuaalitodellisuuden käyttämiselle täyttääkseen mahdollisimman monia suosituksia olisi integroida sen käyttäminen järjestelmätekniikan prosessien tasolla. Heidän mukaansa virtuaalitodellisuutta voitaisiin myös hyödyntää tehtaissa opetuslustoana tai tehokkaana visualisointityökaluna kuten massadatassa tai monitoroinnissa.

4.4 Tulevaisuus opetuksessa

Nykyinen tutkimus osoittaa jo sen, että virtuaalitodellisuudella on potentiaalia opetustyökaluna. Tällä hetkellä virtuaalitodellisuus on vielä monelle vieras kokemus ja myös se voi vaikuttaa negatiivisesti oppimiskokemuksiin. Tulevaisuudessa teknologia olisi todennäköisesti monelle tutumpi eikä sen käyttämiseen liittyisi epävarmuutta tai uutuuden hienouden sekoittavaa tekijää. Teknologian kehitys ja kasvavat virtuaalitodellisuuskokemusten luomismahdollisuudet nostavat virtuaalitodellisuuden potentiaalia opetustyökaluna. (Hamilton ym. 2020.)

5. YHTEENVETO

Katsauksessa tutkittiin VR-tekniikan mahdollisuuksia ja hyötyjä opetusmuotona. Pää-tutkimuskysymyksenä oli selvittää, miten virtuaalitodellisuutta on hyödynnetty teknillisessä opetuksessa sekä sen hyödyntämisen mahdollisuuksia.

5.1 Johtopäätökset

Virtuaalitodellisuustekniikka on nopeasti kehittyvää ja sille on muodostunut jo laaja kaupallinen ekosysteemi. Tekniikka tarjoaa houkuttelevan vaihtoehdon perinteiselle opetukselle. Virtuaalitodellisuus koetaan mielenkiintoiseksi ja hyödylliseksi opetusympäristöksi ja vertailuissa sitä käyttäneet oppilaat ovat useimmiten menestyneet paremmin kuin perinteistä opetusta saaneet oppilaat. Myös eri immersion tasoja vertailtaessa on todettu, että mitä syventävämpi virtuaalitodellisuuskokemus on, sitä tehokkaammin se toimii opetustyökaluna.

Virtuaalitodellisuus tarjoaa halvan, mutta todentuntuisen ja -mukaisen vaihtoehdon laboratorioympäristölle opetuksessa. Virtuaalitodellisuutta käytettäessä säästetään rahaa ja tilaa, sekä vältetään tapaturmavahingot ja oikean maailman laitteiston ylläpito.

Tekniikan kohtaamia haasteita teknillisessä opetuksessa ovat tällä hetkellä applikaatioiden vähyys ja tekniikan nopea kehittyminen. Tekniikan nopea kehitys aiheuttaa sen, että ajan tasalla pysyminen on työlästä ja se vaatisi jatkuvasti työtä ja opetushenkilökunnan koulutusta. Omien applikaatioiden luominen on myös tällä hetkellä kallista, joten opetus on pääosin kolmannen osapuolen applikaatioiden armoilla.

Virtuaalilasien käyttöä myös haittaa joidenkin käyttäjien kokema pahoinvointi. Pahoinvointi johtuu siitä, jos käyttäjän kokema ja näkemä liike eivät ole täysin samanaikaisia eli järjestelmässä on pientä viivettä. Pahoinvointia myös aiheuttaa tottumattomuus 3D-peleihin ja ympäristöihin. Pahoinvointia on todettu eniten iäkkäämmillä henkilöillä ja vähiten nuorilla, joilla on taustaa 3D-pelien kanssa. Moni on kuitenkin uskonut tottuvansa lasien käyttämiseen.

VR-tekniikan mahdollisuuksia opiskelukäytössä tarkastelevat tutkimukset näkevät useita mahdollisuuksia VR-tekniikassa ja tekniikan tulevaisuus vaikuttaa lupaavalta. Sosiaaliset hyödyt sekä motivaation ja oppimisen innostavuus ovat myös virtuaalitodellisuudesta todettuja hyötypuolia. Yhteistyön parantuminen ja tehokkaampi kommunikointi ovat esimerkkejä käyttäjien kokemuksista. Opetuksen kiinnostavuuden kasvun

kannalta herää kuitenkin kysymys, että onko kyse ainoastaan uutuuden hienoudesta ja tuleeko tämä vahvuus häviämään ajan kanssa.

Oikean laitteiston korvaajaksi virtuaalitodellisuus sopii hyvin teknillisessä opetuksessa. VR voi hyvinkin laajasti korvata oikeassa maailmassa oppilaiden tekemät laboratorioko-keet ja -työt. Kun applikaatiot lisääntyvät, niin itse HMD VR-laitteiston hankkiminen on halpaa.

Tutkielman aikana esiin tulleet haasteet kuten applikaatioiden vähyys ja teknologian ke-hityksen tasaantuminen tulevat todennäköisesti ratkeamaan lähitulevaisuudessa. Kun saavutetaan kriittinen piste eikä teknologia kehity enää samalla vauhdilla, tulee applikaa-tioiden määrä nousemaan ja käyttökokemus olemaan helpompi.

5.2 Jatkotutkimuskysymykset

Virtuaalitodellisuuden oppimishyödyistä on kohtuullisesti tutkimuksia, mutta erityisesti teknilliseen opetukseen keskittyviä tutkimuksia on vähän. Koska tulokset ovat myös osin ristiriitaisia virtuaalitodellisuuden tarjoamista oppimishyödyistä, aihe kaipaa lisätutki-musta.

Monet tutkimustulokset keskittyivät testituloksien vertailuun. Osassa tutkimuksista kui-tenkin tuotiin esille esimerkiksi opitun asian erilainen ymmärtäminen. Tästä esimerkkinä on virtuaalitodellisuuden avulla asian parempi visuaalinen hahmottaminen ja oppimis-tehtävässä visuaalinen päättely ulkoa muistamisen sijaan. Tätä näkökulmaa olisi hyvä tutkia lisää, koska myös opetuksesta saavutetun osaamisen laadulla on merkitystä, kun pohditaan mihin opetukseen virtuaalitodellisuutta olisi hyvä hyödyntää.

Virtuaalitodellisuus laboratorioympäristöjen korvaajana tai niiden halvempänä vaihtoeh-tona oli yksi tutkielman aikana esille tulleista hyödyistä. Virtuaalitodellisuuden ja oikeiden laboratorioympäristöjen laajempi vertailu olisi tarpeellista. Myös mahdollisten pedagogis-ten sekä taloudellisten hyötyjen tai haittojen laajempi havainnointi auttaisi koulutustiloja valitsemaan virtuaalitodellisuuden ja oikean laitteiston välillä. Aiheen tutkimus vaatii kui-tenkin saatavilla olevan sopivan applikaation tai niiden kustannustehokkaamman luomi-sen.

5.3 Työn arviointi

Koska teknologian ja virtuaalitodellisuuden kehitys on hyvin nopeaa, pyrittiin katsauk-sessa käyttämään mahdollisimman tuoretta tutkimusaineistoa. Tutkielma toteutettiin kir-jallisuuskatsauksena, eli tutkimusmenetelmänä oli aiheeseen liittyvien aineistojen tutki-muksiin ja tuloksiin perehtymistä ja niiden analysoimista sekä tulosten yhteen tuomista.

Tutkimuksessa hyödynnettiin tieteellisten julkaisujen ohella monipuolisesti myös muita lähteitä, kuten verkkojulkaisuja, sillä aihe kehitty nopeasti ja tutkimuksia aiheesta on joltain osin niukasti.

Aiheeseen liittyvän aineiston löytäminen osoittautui paikoin hankalaksi ja vanhentuneeksi juuri edellä mainitun nopean teknologisen kehityksen vuoksi. Tästä syystä osassa tuloksista käytettiin myös HMD VR:ään verrattavaa CAVE-teknologiaa. Koin, että tutkimuksista saadut tulokset kääntyvät suoraan vertailukelpoisiksi teknologioiden samankaltaisuuden vuoksi, sillä molempien tarkoituksena on immersoida käyttäjänsä täysin virtuaalimaailmaan. Laajempia ja uudempia tutkimuksia eri opetusmuotojen välillä teknillisessä opetuksessa on niukasti saatavilla ja tutkimustulokset ovat voineet mahdollisesti vääristyä VR-teknologian eduksi. Aihe rajattiin pelkkään HMD VR:ään, koska AR-tekniologiasta saatava kokemus eroaa huomattavasti HMD:n täysin immersoivasta kokemuksesta, johon tässä tutkielmassa haluttiin keskittyä.

VR-teknologian hyödyntämisessä nähdään useita mahdollisuuksia opetustyökaluna, mutta vertailua esimerkiksi oppimistuloksissa eri menetelmien välillä tulee vielä tehdä lisää. Tämä tutkielma tarjosi ajankohtaisen kuvan VR-teknologian käytöstä tarkastellen erityisesti teknillistä opetusta.

LÄHTEET

- Abulrub, A., Attridge, A., & Williams, M. (2011). Virtual reality in engineering education: The future of creative learning. 2011 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 751–757. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2011.5773223>
- Alhalabi, W. (2016). Virtual reality systems enhance students' achievements in engineering education. *Behaviour & Information Technology*, 35(11), 919–925. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2016.1212931>
- Allcoat, D., & von Mühlennen, A. (2018). Learning in virtual reality: Effects on performance, emotion and engagement. *Research in Learning Technology*, 26, 1–13. <https://doi.org/10.25304/rlt.v26.2140>
- Alves Fernandes, L. M., Cruz Matos, G., Azevedo, D., Rodrigues Nunes, R., Paredes, H., Morgado, L., Barbosa, L., Martins, P., Fonseca, B., Cristóvão, P., de Carvalho, F., & Cardoso, B. (2016). Exploring educational immersive videogames: an empirical study with a 3D multimodal interaction prototype. *Behaviour & Information Technology*, 35(11), 907–918. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2016.1232754>
- Amos, E. (2017). An Oculus headset released in 2016 [Verkkokuva]. Wikipedia. Saatavilla (viitattu 1.11.2020): https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_reality_headset#/media/File:Oculus-Rift-CV1-Headset-Back.jpg
- Aniwa (2021). The best all-in-one VR headsets of 2021 (standalone VR). Saatavilla (viitattu 10.2.2021): <https://www.aniwaa.com/buyers-guide/vr-ar/best-standalone-vr-headset/>
- Bellini, H., Chen, W., Sugiyama, M., Shin, M., Alam, S. & Takayama, D. (2016). Excerpt from: Virtual & Augmented Reality: Understanding the race for the next computing platform. Goldman Sachs Global Investment Research. Saatavilla (viitattu 10.2.2020): <https://www.goldmansachs.com/insights/pages/technology-driving-innovation-folder/virtual-and-augmented-reality/report.pdf>
- Capps, D., & Crawford, B. (2013). Inquiry-Based Instruction and Teaching About Nature of Science: Are They Happening? *Journal of Science Teacher Education*, 24(3), 497–526. <https://doi.org/10.1007/s10972-012-9314-z>
- Cardoso, K. (2020). Beyond reality: augmented, virtual, and mixed reality in the library: Kenneth J. Varnum (Ed.). Chicago, IL: ALA Editions, 2019, x + 134 pp., \$64.99, ISBN

- 978-0-8389-1785-5. *Public Services Quarterly*, 16(2), 104–105.
<https://doi.org/10.1080/15228959.2020.1735732>
- Caro, V., Carter, B., Dagli, S., Schissler, M., & Millunchick, J. (2019). Can Virtual Reality Enhance Learning: A Case Study in Materials Science. Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE, 2018-. <https://doi.org/10.1109/FIE.2018.8659267>
- Colmenero Fdez, A. (2017). A methodology to adapt photogrammetric models to virtual reality for oculus GEAR VR. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 42(4), 35–37.
<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W6-35-2017>
- Dawe, S., Windsor, J., Broeders, J., Cregan, P., Hewett, P., & Maddern, G. (2014). A Systematic Review of Surgical Skills Transfer After Simulation-Based Training: Laparoscopic Cholecystectomy and Endoscopy. *Annals of Surgery*, 259(2), 236–248.
<https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000000245>
- De Cambray, B. (1993). Three-dimensional (3D) modelling in a geographical database. In *AUTOCARTO-CONFERENCE-* (pp. 338-338). ASPRS AMERICAN SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY AND.
- Faaborg, A. (2015, Syyskuu 9). *Designing for virtual reality and the impact on education | Alex Faaborg | TEDxCincinnati* [Video]. Youtube. Saatavilla (viitattu 6.10.2020):
https://www.youtube.com/watch?v=DQMA5NNhN58&ab_channel=TEDxTalks
- Freina, L. & Ott, M. (2015). A Literature review on immersive virtual reality in education: State of the art and perspectives. The International Scientific Conference eLearning and Software for Education, 1, 133–.
- Gupton, N. (21.9.2017). What's the difference between AR, VR, and MR?. The Franklin Institute, Saatavilla (viitattu 10.2.2021): <https://www.fi.edu/difference-between-ar-vr-and-mr>
- Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C. (2020). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: a systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. *Journal of Computers in Education (the Official Journal of the Global Chinese Society for Computers in Education)*, 8(1), 1–32.
<https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2>
- Hashemipour, M., Manesh, H., & Bal, M. (2011). A modular virtual reality system for engineering laboratory education. *Computer Applications in Engineering Education*, 19(2), 305–314. <https://doi.org/10.1002/cae.20312>

- Hee Lee, J. & Shvetsova, O. A., (2019). The Impact of VR Application on Student's Competency Development: A Comparative Study of Regular and VR Engineering Classes with Similar Competency Scopes. *Sustainability (Basel, Switzerland)*, 11(8), 2221–. <https://doi.org/10.3390/su11082221>
- Hu-Au, E., & Lee, J. (2017). Virtual reality in education: a tool for learning in the experience age. *International Journal of Innovation in Education*, 4(4), 215–226. <https://doi.org/10.1504/IJIE.2017.091481>
- Jensen, L. & Konradsen, F. (2018). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 23(4), 1515–1529. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9676-0>
- Kelly, K. (2016). The Untold Story of Magic Leap, the World's Most Secretive Startup. *Wired*, Saatavilla (viitattu 17.2.2021): <https://www.wired.com/2016/04/magic-leap-vr/>
- Kurzweil, R. (2010). *The Singularity is Near*. Gerald Duckworth & Co.
- Noble, S. (12.1.2021). The 8 best smartphone virtual reality headsets of 2021. *Aniwaa*, Saatavilla (viitattu 10.2.2021): <https://www.aniwaa.com/buyers-guide/vr-ar/best-smartphone-vr-headset/>
- Oculus. (2021). Vertaile virtuaalilaseja. Saatavilla (viitattu 15.2.2021): <https://www.oculus.com/compare/>
- Olasky, J., Sankaranarayanan, G., Seymour, N., Magee, J., Enquobahrie, A., Lin, M., Aggarwal, R., Brunt, L., Schwaizberg, S., Cao, C., De, S., & Jones, D. (2015). Identifying Opportunities for Virtual Reality Simulation in Surgical Education: A Review of the Proceedings from the Innovation, Design, and Emerging Alliances in Surgery (IDEAS) Conference: VR Surgery. *Surgical Innovation*, 22(5), 514–521. <https://doi.org/10.1177/1553350615583559>
- Pesce, Maurizio. (Valokuvaaja). (2014). Samsung Gear VR [Valokuva]. Saatavilla (viitattu: 25.3.2021): <https://www.flickr.com/photos/pestoverde/15247457825>
- Reiners, T., Wood, L., & Gregory, S. (2014). Experimental study on consumer-technology supported authentic immersion in virtual environments for education and vocational training. Proceedings of ASCILITE 2014 - Annual Conference of the Australian Society for Computers in Tertiary Education, 171–181.
- Rivière, A., Bougaa, M., Bornhofen, S., & Kadima, H. (2015). Virtual Reality for Manufacturing Engineering in the Factories of the Future. *Applied Mechanics and Materials*, 789-790, 1275–1282. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.789-790.1275>

- Román-Ibáñez, V., Pujol-López, F., Mora-Mora, H., Pertegal-Felices, M., & Jimeno-Morenilla, A. (2018). A Low-Cost Immersive Virtual Reality System for Teaching Robotic Manipulators Programming. *Sustainability (Basel, Switzerland)*, *10*(4), 1102–. <https://doi.org/10.3390/su10041102>
- Safadel, P., & White, D. (2020). Effectiveness of Computer-Generated Virtual Reality (VR) in Learning and Teaching Environments with Spatial Frameworks. *Applied Sciences*, *10*(16), 5438–. <https://doi.org/10.3390/app10165438>
- Sherman, W., & Craig, A. (2018). *Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design*. Elsevier Science & Technology.
- Tampereen yliopisto. (2021). Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta. Saatavilla (viitattu 13.2.2021): <https://www.tuni.fi/fi/tutustu-meihin/tekniikan-ja-luonnontieteiden-tiedekunta>
- Vergara, D., Rubio, M., & Lorenzo, M. (2017). On the Design of Virtual Reality Learning Environments in Engineering. *Multimodal Technologies and Interaction*, *1*(2), 11–. <https://doi.org/10.3390/mti1020011>
- Yao-Ting, S., Pao-Chen, S., & Kuo-En C. (2015). The effects of 3D-representation instruction on composite-solid surface-area learning for elementary school students. *Instructional Science*, *43*(1), 115–145. <https://doi.org/10.1007/s11251-014-9331-8>