



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# VR-OPETUSYMPÄRISTÖ: MIKROSKOOPPI

Opinnäytetyö

TEKIJÄ: Kimmo Pakarinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Tietotekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Kimmo Pakarinen	
Työn nimi VR-Opetusympäristö: Mikroskooppi	
Päiväys 10. helmikuuta 2020	Sivumäärä/Liitteet 32
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Future Technologies in Education -hanke	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli toteuttaa virtuaalitodellisuudessa oppimisympäristö, jossa on mahdollisuus opetella mikroskoopin käyttöä ja sen osia. Työn aihe ja tavoitteet tulivat Future Technologies in Education -hankkeesta.</p> <p>Työn teoriaosuudessa opiskeltiin mikroskoopin osat ja mikroskoopin käyttöä teoriassa. Tiedonhaku tapahtui internet-lähteistä sekä alan ammattilaisen opastuksessa. Teoriaosuudessa oli myös käytännön harjoittelua oikealla mikroskoopilla.</p> <p>Kehitysosuudessa muokattiin mikroskoopin 3D-mallia käyttöön soveltuvaksi, kehitettiin mikroskoopin toiminnot 3D-mallille, tutkittiin ja kehitettiin ympäristön ohjeistusta, käyttöliittymää, toteutettiin sovellus virtuaalitodellisuusympäristönä sekä tutkittiin jatkokehitysmahdollisuuksia.</p> <p>Työn tuloksena toteutettiin 3D-virtuaalitodellisuussovellus mikroskoopin käyttöä ja osien opiskelua varten. Sovellus oli tarkoitus ottaa käyttöön pilotointivaiheessa projektissa, jossa tutkitaan uusia opetustapoja sekä yritetään liittää XR-tekniikat osaksi opintokokonaisuutta.</p>	
Avainsanat C#, Virtuaalitodellisuus, Unity, mikroskooppi	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Information Technology			
Author(s) Kimmo Pakarinen			
Title of Thesis VR Learning Environment: Microscope			
Date	10 February 2020	Pages/Appendices	32
Client Organisation /Partners Future Technologies in Education project			
<p><b>Abstract</b></p> <p>The purpose of this thesis was to produce a virtual reality learning environment for learning the use of microscope and the parts of microscope. The subject and the goals for the thesis came from project on Future Technologies in Education.</p> <p>The theoretical section of the thesis covered theoretical studying of microscope parts and using of microscope. Information was gathered from the Internet and interviewing a professional in the field. The theoretical part also included practical learning with a real microscope.</p> <p>The development section of the thesis covered a modification of the 3D model of the microscope, developing microscope operations to the 3D model of microscope, researching and developing environment guidelines, the user interface, implementing software to the Virtual Reality environment and researching further development opportunities.</p> <p>As a result of this thesis, 3D virtual reality software was developed for learning the parts and usage of microscope. The software was planned to be part of a pilot project where the goal is to find new studying methods and integrate XR technologies as part of the study module.</p>			
Keywords C#, Virtual Reality, Unity, microscope			

## ESIPUHE

Aluksi haluaisin kiittää koko Future Technologies in Education -hankkeen tiimiä mahdollisuudesta olla mukana kehittämässä tulevaisuuden oppimisen työkaluja. Projektissa mukana oleminen on ollut antoisaa sekä opettanut paljon eri teknologioista. Erityiskiitokset haluaisin esittää Paula Puhilalle, joka toimi sekä harjoitteluni sekä opinnäytetyöni ajan ohjaajanani. Paulan osoittama luottamus tekemiseeni mahdollisti työskentelyni melko vapain käsin ja hän oli tarvittaessa aina tavattavissa.

Opinnäytetyön aihe löytyi Future Technologies in Education -hankkeesta, jonka parissa tein myös kaksi työharjoittelujaksoa. Valinta työn aiheeksi tuli omasta mielenkiinnosta tehdä sovelluskehitystä VR-teknologialle, sekä oppimisympäristön yhteiskunnallisesta merkityksestä tulevaisuuden oppimisen kannalta.

## SISÄLTÖ

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT .....	7
1 JOHDANTO .....	10
2 MIKROSKOOPIN TEORIAA.....	11
2.1 Virtuaalitodellisuus opiskelun apuna .....	10
2.2 Mikroskopointi.....	11
2.2.1 Valon säätäminen.....	12
2.2.2 Ristisiirtopöytä ja näytteen kohdennus .....	12
2.2.3 Objektiivit ja niiden merkinnät.....	13
2.2.4 Okulaarit.....	13
2.2.5 Mikroskopoinnin lopetus.....	13
3 3D-MALLINNUS .....	14
3.1 Mikroskooppi.....	14
3.2 Tilan mallinnus.....	16
3.2.1 Monitori.....	16
3.2.2 Näytelevyt.....	17
3.3 Muut objektit.....	17
4 MIKROSKOOPIN TOIMINTA .....	19
4.1 Valonlähde .....	19
4.2 Kenttähimmennin .....	19
4.3 Ristisiirtopöytä .....	20
4.4 Objektiivirevolveri .....	20
4.5 Karkea- ja hienosäätörullat .....	21
4.6 Keskiöntiruuvit.....	21
4.7 Okulaarit ja ei toiminnalliset osat.....	21
5 VR-TOTEUTUS .....	23
5.1 Ohjaimien ongelma .....	24
6 OHJEISTUS JA KÄYTTÖLIITTYMÄ .....	25
6.1 Monikielisyys.....	25

7	JATKOKEHITYS .....	27
7.1	Toiminnalliset osat .....	27
7.2	Muut mahdollisuudet jatkokehityksessä.....	28
8	YHTEENVETO .....	30
	LÄHTEET .....	31

## LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

### **Alfakanava**

Kuvan alfakanava (engl. Alpha channel) on kuvatiedostojen sisältämä kanava, jonka avulla voidaan luoda läpinäkyvyyttä kuviin (Unity Technologies, 2019).

### **AR**

Augmented Reality (engl.). Lisätty todellisuus lisää tietokoneella luotuja elementtejä todelliseen maailmaan nähtäväksi läpikatseltavien näyttöjen kautta (Unity Technologies, 2020).

### **Assetti**

Asset (engl.) sovelluskehityksessä käytettävä resurssi, esimerkiksi 3D-malli, skripti tai materiaali (Unity Technologies, 2017).

### **C#**

C Sharp, Microsoftin .NET alustalle kehitetty ohjelmointikieli (Chand, 2019).

### **Immersio**

To immerse (engl.) on termi, jota käytetään ”uppoutumisesta” virtuaaliseen maailmaan niin, että käyttäjän tietoisuus ulkopuolisesta maailmasta heikentyy (Unity Technologies, 2020).

### **Köhleröinti**

Mikroskoopin valaisujärjestelmän ihanteellinen säätö, jolla tarkoituksena tuottaa paras mahdollinen kuva (Niku, 2001).

### **MR**

Mixed Reality (engl.). Sekoitettu todellisuus pyrkii yhdistämään AR-elementtejä reaali maailmaan (Unity Technologies, 2020).

### **Renderöinti**

Rendering (engl.). 3D-renderöinti tai -hahmonnus tarkoittaa kolmiulotteisen vaikutelman aikaansaamista pintakuviointin, värien ja heijastusten avulla (Sanastokeskus TSK ry, 2005).

**Peitekuva**

Peitekuvien (engl. mask) avulla voidaan nimensä mukaisesti piilottaa käyttäjältä osa kuvasta tai muuttaa muutoin, kuinka käyttäjä havaitsee kuvan, esimerkiksi nostamalla tai laskemalla peitekuvan läpinäkyvyyttä (Unity Technologies, 2019).

**Pelimoottori**

Ohjelmistokehys, joka sisältää yleensä renderöintimoottorin, fysiikkamoottorin sekä muita tarpeellisia komponentteja pelikehitystä varten (Unity Technologies, 2020).

**Skripti**

Script (engl.) on tietokonesovellus tai komentosarja, jonka avulla saadaan toteutettua haluttuja toimintoja (Sanastokeskus TSK ry, 2001).

**Säteensuuntaus**

Ray casting (engl.). Säteensuuntaus on 3D-grafiikassa käytetty renderöintimenetelmä, jolla lähetetään säteitä katselukulmasta katseltavaan alueeseen (Unity Technologies, 2019).

**Tasot**

Tasoja (engl. layer) käytetään yleensä rajoittamaan tiettyjä pelimoottorin tekemiä operaatiota, kuten renderöinti tai säteensuuntaus (Unity Technologies, 2017).

**Tekstuuri**

Tekstuurit (engl. Texture) ovat yleensä kuvia, jotka voidaan sijoittaa kolmiulotteisen objektin pinnalle ja näin parantaa objektin visuaalista ilmettä (Unity Technologies, 2017).

**Tekstuurikartta**

Tekstuurikartat (engl. Texture map) ovat bittikarttakuvia, joiden avulla kolmiulotteiseen objektiin voidaan lisätä esimerkiksi värejä, pinnanmuotoja, kiiltävyyttä tai heijastuvuutta (Oinasmaa, 2014, p. 8).

**Tubuspituus**

Tubuspituudella tarkoitetaan mittaa objektiivin kiinnityskohdasta okulaarin kiinnityskohtaan (Niku, 2001).



**Unity**

Unity Technologies-yrityksen kehittämä pelimoottori (Unity Technologies, 2020).

**UV-kartoitus**

UV-kartoitus (engl. UV mapping) on tekniikka, jolla kaksiulotteinen kuva (tekstuurikartta) saadaan laitettua kolmiulotteisen objektin pinnalle (Joensuu, 2016).

**Varjostin**

Varjostimilla (engl. Shader), saadaan tuotettua aikaiseksi erilaisia kuvaefektejä vaikuttamatta alkuperäiseen lähdekuvaan (Unity Technologies, 2019).

**VR**

Virtual Reality (engl.). Virtuaalitodellisuus on tietokoneella luotu keinotekoinen ympäristö (Unity Technologies, 2020).

**XR**

X Reality / Cross Reality/Extended Reality (engl.). Kattotermi, jota käytetään yleisesti puhuttaessa AR-, VR- tai MR-teknologioista (Unity Technologies, 2020).

## 1 JOHDANTO

Future Technologies in Education -hankkeen (myöhemmin FutureEdu) tavoitteena on tuottaa ja toteuttaa terveysalalle XR-teknologioita hyödyntäviä oppimisympäristöjä ja -materiaalia. Tällä hetkellä käytössä ei ole juurikaan kyseisiä teknologioita opiskelukäytössä ja hankkeen yksi tavoitteista onkin perehtyä, kuinka näiden tekniikoiden hyödyntäminen onnistuisi opiskelun tukena. Hankkeen tavoitteina on myös helpottaa opiskelijoiden työelämään siirtymistä, työhön perehdyttämisen helpottaminen sekä jo työelämässä olevien tiedon ja taidon ylläpitäminen. Lisäksi hankkeen tavoitteina on mahdollistaa ajasta ja paikasta riippumaton opiskelu ja harjoittelu sekä käyttää pohjana työelämän autenttisia ympäristöjä, välineitä ja prosesseja.

FutureEdu-hanke on aloitettu 2019 ja sille on myönnetty EU-rahoitusta vuoteen 2021 asti. Hankkeessa tehdään kansainvälistä yhteistyötä, hankkeessa mukana ja yhteistyössä on Savonia-ammattikorkeakoulun lisäksi Savon ammattiopisto, Yatus Foundation, ”Angel Kanchev” University of Ruse, The private vocational college for social activities and security in Rousse, Etelä-Karjalan sosiaali- ja terveystieteiden keskuslaitos sekä Kuopion yliopistollinen sairaala.

Opinnäytetyönä oli tarkoitus toteuttaa VR-oppimisympäristö mikroskoopille, jossa tarkoituksena on opetella mikroskoopin kokoamista, käyttöä ja huoltoa. Oppimisympäristö mahdollistaisi mikroskooppiin tutustumisen, vaikka saatavilla ei olisikaan fyysistä mikroskooppia. Oppimisympäristön käytöstä voisi olla hyötyä niin opiskelijoille kuin jo työelämässä oleville tai työelämään palaaville henkilöille.

## 2 MIKROSKOOPIN KÄYTTÖ JA OPISKELU

Tällä hetkellä mikroskopoinnin, mikroskoopin käytön ja huollon opiskelu tapahtuu pääasiassa luokkahuoneissa ja teoriaopiskeluna. Tämä tuottaa ongelman, jos opiskelijamäärät ovat niin suuria, ettei jokaiselle opiskelijalle riitä oikeaa mikroskooppia. Virtuaalinen oppimisympäristö voisi auttaa kuvatussa tilanteessa sekä mahdollistaa mikroskoopin käytön opiskelun, ennen siirtymistä oikean mikroskoopin käyttöön.

Virtuaalisessa oppimisympäristössä opiskelija tai työntekijä voi tutustua mikroskooppiin, vaikka oikealle mikroskoopille ei olisikaan pääsyä. Tehdyt virheet virtuaaliympäristössä eivät maksa mitään, joten käyttäjä ei voi esimerkiksi rikkoa kallista mikroskooppia tai tuhota näytettä vahingossa. Lisäksi virtuaalinen ympäristö mahdollistaa opiskelun paikasta riippumattomana, mikäli käytettävissä on tarvittavat välineet virtuaalielämykseen.

### 2.1 Virtuaalitodellisuus opiskelun apuna

VR-ympäristöjen on todettu helpottavan hankitun tiedon ja taitojen omaksumista osana opetuskokonaisuutta (Zikas;Lydatakis;Kateros;& Papagiannakis, 2019). VR-ympäristöjen avulla voidaan saada esimerkiksi parempi käsitys historiallisista kohteista ilman tarvetta matkustamiselle. Niissä voidaan opiskella laitteiden käyttöä, joiden hankkiminen olisi kallista tai liikaa tilaa vievää sekä opetella erilaisten tehtävien tekemistä joiden harjoittelu reaali maailmassa ei olisi mahdollista. (Babich, 2018.)

Virtuaalitodellisuutta käytetään jo nykyisellään koulutuskäytössä muun muassa ammatillisessa koulutuksessa, rekrytoinnissa, terveysalan koulutuksessa, erityisavusteissa koulutuksessa sekä sotilaskoulutuksessa. (Viar360 2017; Maj. Loren 2012.)

### 2.2 Mikroskopointi

FutureEdu-hankkeessa ilmi tulleista kehityskohteista tärkeimmiksi opiskelukohteiksi havaittiin mikroskoopin osien tuntemus, köhleröinti sekä mikroskoopin huolto ja oikeaoppinen käyttö. Opinnäytetyön tarkoituksen oli toteuttaa oppimisympäristö, jossa voidaan opiskella edellä mainittuja ongelmakohtia. Nykyisellään esimerkiksi köhleröinnin opetukseen luokkatiloissa menee kohtuuttoman paljon aikaa ja VR-ympäristö voi nopeuttaa opiskelua. Laboratoriotyöskentelyssä oleellista on osata tiettyjä mikroskoopin osia sekä niiden käyttötarkoitus.

Työssä mallina käytettävillä valomikroskoopeilla on mahdollista tutkia sellaisia näytteitä, jotka valo voi läpäistä. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että näytteiden on oltava erittäin ohuita tai pieniä. (Helsingin yliopiston opettajakoulutuslaitos, 2003.)

### 2.2.1 Valon säätäminen

Köhleröinti tarkoittaa mikroskoopin ihanteellisen valaistuksen säätämistä. Köhleröinnissä optimoidaan mikroskoopin erotuskyky kondensorin avulla, säädetään valaistusjärjestelmä ja kuvaa suurentava optiikka kohdakkain sekä kohdistetaan valaisimen teho tarkasteltavaan kohteeseen apertuurihimmentimen avulla. Köhleröinti on säädettävä erikseen jokaisella työkerralla. (Niku, 2001.)

Valonlähde on yleensä halogeenilamppu, jolla näytteeseen saadaan valoa. Valonlähteen tehtävänä on tuoda näytteeseen tarpeeksi valoa, että näyte olisi selkeästi nähtävillä. Valon kirkkaus on säädettävissä, mutta valon väri muuttuu samalla. Tämä on muistettava varsinkin valokuvattaessa näytteitä. (Niku, 2001.)

Kenttähimmentimen tehtävänä on säädellä kondensoriin pääsevän valopylvään leveyttä sekä vähentää valon heijastuksia ja sirontaa, parantaen näin kuvan laatua. Kun taas kondensorin tehtävänä on keskittää valo tasaisesti näytteeseen ja sen säädöt vaikuttavat ratkaisevasti kuvan kontrastiin ja kirkkauteen. (Niku, 2001.)

### 2.2.2 Ristisiirtopöytä ja näytteen kohdennus

Ristisiirtopöytä on nimensä mukaisesti alusta, jolle tarkkailtava näyte laitetaan. Pöytää voidaan siirtää pitkittäissuunnassa. Pöydässä olevaa näytteenpidintä voidaan liikuttaa sivuttaissuunnassa ja se myös nimensä mukaisesti pitää näytteen kiinni alustassa. Näiden säätöjen avulla näyte saadaan liikutettua haluttuun kohtaan ja näin tarkastella haluttua aluetta näytteestä. Pöydässä on valotie, jonka kautta valo saadaan osumaan näytteeseen. (Niku, 2001.)

Näkökenttä etsitään ja kuva tarkennetaan ristisiirtopöytää nostamalla tai laskemalla. Tarkennus tehdään pienimmällä objektiivilla (10x), jolloin näyte löytyy helpommin ja välttyään esimerkiksi rikkomasta näytelasia objektiivilla tai vahingoittamasta objektiivia. (Niku, 2001.)

### 2.2.3 Objektiivit ja niiden merkinnät

Objektiiveja on monenlaisia, yleensä suurennokseltaan 10x, 20x, 40x, 50x tai 100x. 10x suurennos on tarkoitettu yleistarkasteluun, 40x natiivinäytteille ja kammiolle, kun taas 50x ja 100x suurennoksia käytetään yleensä värjättyjen näytteiden kanssa. Yli 40x suurentavat objektiivit ovat yleensä öljyimmersio-objektiiveja. Objektiivit kiinnitetään objektiivivolveriin kierteellä. (Niku, 2001.)

Numeerinen apertuuri mittaa objektiivin kykyä kerätä valoa ja erottaa kohteen yksityiskohtia, mitä suurempi tämä luku on, sitä kirkkaampi kuva ja pienemmät yksityiskohdat erottuvat. Kuivaobjektiiveissa apertuurin maksimiarvo on 0.95, immersio-objektiiveilla maksimiarvo on 1.4.

Tubuspituus objektiivissa kertoo, millaista mikroskoopin tubuspituutta varten objektiivi on optimoitu. Vanhemmissa objektiiveissa yleensä 160mm tai 170mm, uudemmissa ääretön. (Niku, 2001.)

### 2.2.4 Okulaarit

Okulaarit suurentavat objektiivin kuvaa, yleensä 4x-25x suurennoksella. Kokonaissuurennos määräytyy siten objektiivin suurennoksen ja okulaarin suurennoksen mukaan. (Niku, 2001.) Okulaarien säätäminen on jokaisen mikroskooppia käyttävän tehtävä henkilökohtaisesti, sillä jokaisen ihmisen silmänväli- ja diopterikorjaus on hieman toisistaan poikkeava (Leica Microsystems, 2013). Diopterikorjauksella tarkoitetaan silmien eriparisuuden korjaamista (Terveyskylä.fi, 2019).

### 2.2.5 Mikroskopoinnin lopetus

Mikroskopoinnin loppuessa mikroskoopista sammutetaan valo, puhdistetaan lasipinnat paineilmalla, puhdistusnesteen avulla ja kuivataan puhdistuksen jälkeen. Lopuksi mikroskooppi on hyvä peittää suojahupulla. (Niku, 2001.)

Lian sijainti selviää yleensä liikuttelemalla okulaaria, objektiiveja, kondensoria ja muita mikroskoopin liikkuvia osia (Niku, 2001). Mikroskoopissa oleva lika, erityisesti optiikassa voi vaikuttaa merkittävästi kuvan laatuun. Likaisuus yleensä aiheuttaa kuvan kontrastin heikkenemistä, mutta ei niinkään vaikuta kuvan terävyyteen (Teknofokus, 2014).

### 3 3D-MALLINNUS

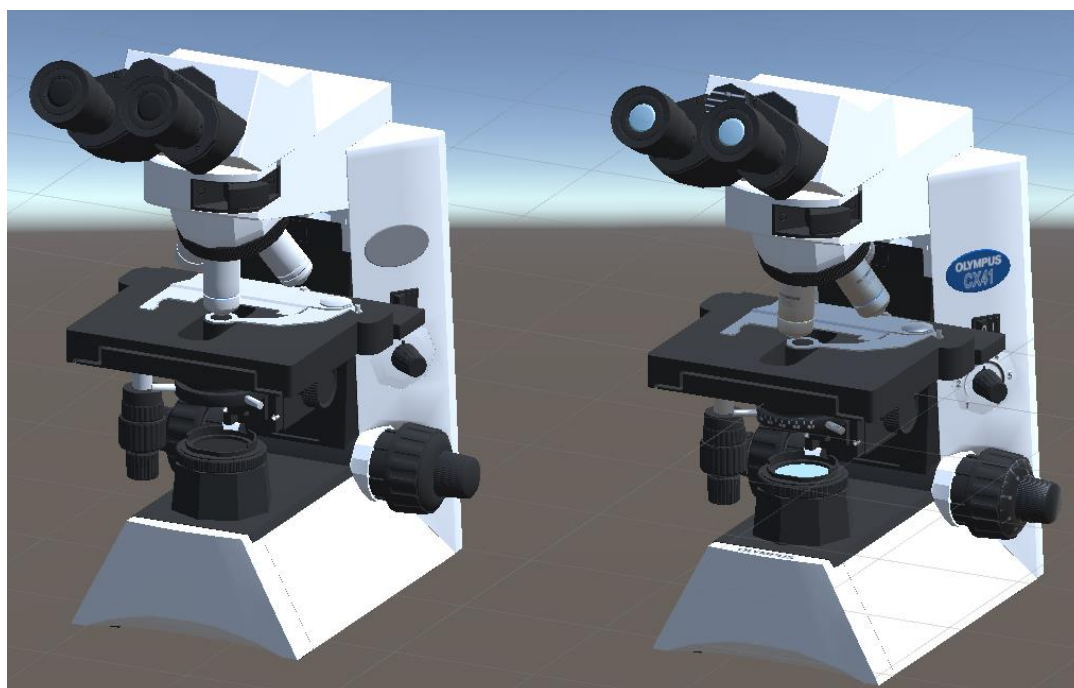
3D-mallinnuksella tarkoitetaan tässä yhteydessä työhön käytettävien kappaleiden mallinnusta sekä muokkausta. Osa VR-ympäristöön tulleista kappaleista on hankittu kolmansilta osapuolilta ja osaan niistä on täytynyt tehdä muokkauksia, jotta kappaleet olisivat tarkoitukseen sopivia.

Mallinnus tapahtui Blender-sovelluksella. Blender on Blender Foundation -säätiön tekemä avoimeen lähdekoodiin perustuva 3D-mallinnustyökalu. Blender Foundation on perustettu 2002 Hollannissa ja se on voittoa tavoittelematon ja yleishyödyllinen organisaatio. (Blender Foundation, 2020.)

#### 3.1 Mikroskooppi

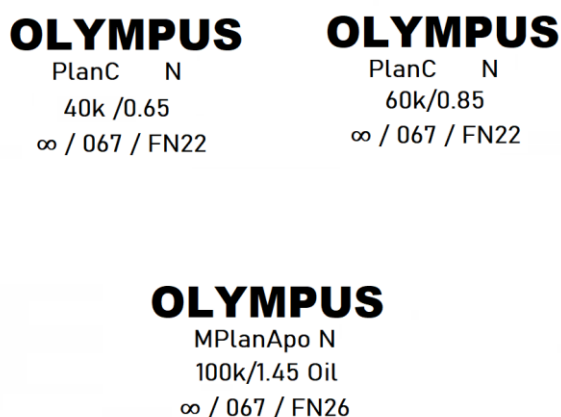
Työssä käytettäväksi mikroskoopiksi valikoitui Olympuksen CX41 valomikroskooppi. Kyseinen mikroskooppi on yleisesti käytössä olevaa mallia ja on rakenteeltaan ja toiminnaltaan perusmalli, jolla mikroskoopin käyttöä on soveltuvaa opiskella. 3D-malli hankittiin kolmannelta osapuolelta ja sen kustannukseksi tuli \$49, eli noin 45€.

Mallia joutui kuitenkin muokkaamaan käyttöön soveltuvaksi, esimerkiksi osa materiaaleista ei kulkeutunut suoraan Unityn pelimoottoriin ja ne täytyi tehdä uusiksi. Myös joidenkin osien tekstuurit eivät kulkeutuneet suoraan, vaan niitä täytyi muokata ja osa tehdä uusiksi (Kuva 1).



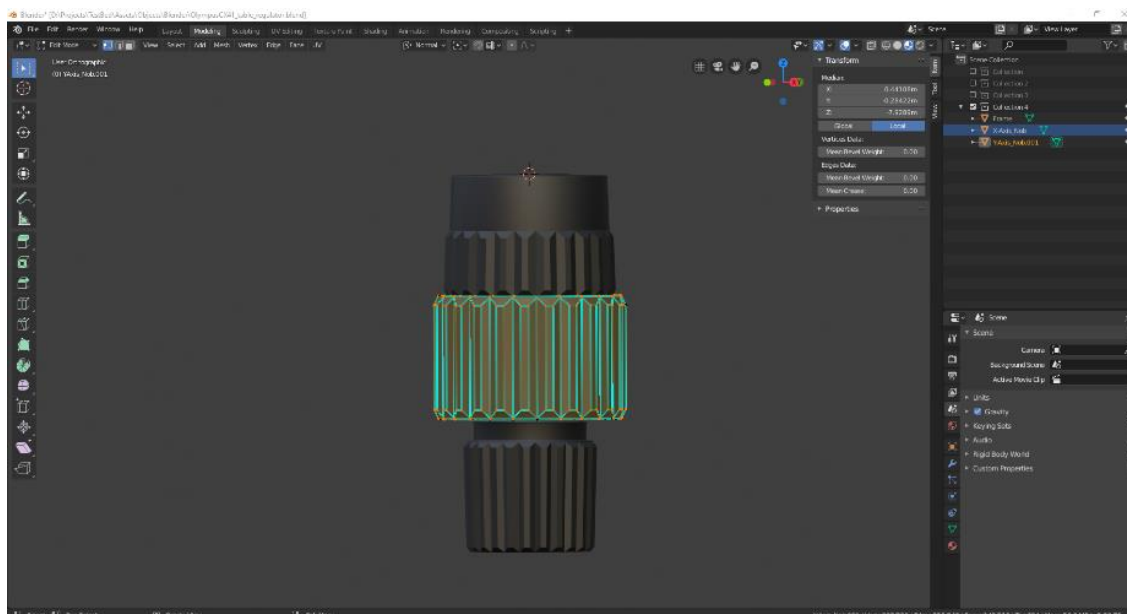
Kuva 1. Mikroskooppi ennen ja jälkeen käsittelyn (Pakarinen, Mikroskooppi ennen ja jälkeen käsittelyn, 2019).

Tekstuureiden osalta muokkausta vaativat mikroskoopin rungossa ja eri osissa olevat tekstit, kuten säätörullien asteikot ja virtakytkimen I/O tekstit. Näiden osalta kuitenkin riitti, että Unityn puolella teki materiaalit ja liitti niihin tekstuurikartat sekä asetti uudet materiaalit kyseisiin kappaleisiin. Objektiivihin täytyi kuitenkin tehdä uusi tekstuurikartta, alkuperäisessä mallissa kaikissa kolmessa objektiivissa oli sama teksti kuvaamassa ominaisuuksia, vaikka värikoodaus objektiiveissa antoi ymmärtää toisin. UV-kartoitus tapahtui Blender-sovelluksen avulla. Jokaisella objektiivilla valittiin halutut pinnat, joille tekstuurikartalle oli tehtynä omat tekstinsä (Kuva 2).



Kuva 2. Tekstuurikartta objektiiveille (Pakarinen, Tekstuurikartta, 2019).

Joitain osia mikroskoopista täytyi muokata myös Blender 3D-mallinnusohjelmassa. Esimerkiksi virtakytkin oli alkuperäisessä mallissa kiinteä kappale, joka tarkoitti sitä, ettei sitä olisi voinut liikuttaa järkevästi näyttämään siltä, että käyttäjä sitä painaisi. Sama ongelma oli pöydän säätövivussa. Virtakytkin ja säätövipu täytyi leikata irti alkuperäisestä mallista ja leikata vielä erikseen pienempiin osiin, joka mahdollisti kappaleiden liikuttamisen halutulla tavalla (Kuva 3). Samanlainen muokkausoperaatio oli tehtävä myös karkea- ja hienosäätörullille, jotka alkuperäisessä mallissa olivat yksi kiinteä kappale.



Kuva 3. Säätvivun muokkausta Blenderillä (Pakarinen, Säätvivun muokkausta, 2019).

## 3.2 Tilan mallinnus

Käyttökokemuksen todentuntuisuuden lisäämiseksi toimintaympäristöksi on tehty yksinkertainen huone, jonne on lisätty erilaisia objekteja lisäämään todenmukaisuutta. Visuaalisen ilmeen ja immersion parantamiseksi huoneeseen on lisätty erinäisiä huonekaluja ja koriste-esineitä. Toiminnallisia objekteja ympäristössä mikroskoopin lisäksi on seinällä oleva televisio, johon mikroskoopissa olevasta näytteestä piirretään kuva, sekä näytelevyt, jotka pitävät sisällään ominaisuuksia ja skriptejä, jotka mahdollistavat näytekuvienvaihtamisen.

Virtuaalisessa ympäristössä pääpaino on kuitenkin mikroskoopilla ja sen opiskelulla: tämän vuoksi tilan mallinnuksessa ei käytetty mallina todellista laboratoriohuonetta, vaan luotiin itse geneerinen huone toimintaympäristöksi. Toinen vaihtoehto olisi ollut luoda mahdollisimman realistinen huone, joka jäljittelisi todellista laboratorioympäristöä, esimerkiksi Savonian tai Eksoten opetuslaboratoriota. Tälle ei kuitenkaan tässä vaiheessa nähty tarvetta.

### 3.2.1 Monitori

Tilan seinälle sijoitettiin Asset Storesta ilmaiseksi ladattu seinätelevisio (myöhemmin monitori). Kyseisen monitorin tarkoituksena on näyttää mikroskoopin näkymä. VR-ympäristössä mikroskoopin okulaarien läpi katsominen ja mikroskoopin säätäminen samanaikaisesti ei ole toimiva toteutustapa. VR-ympäristössä käyttäjä ei voi tuntea milloin käsi on oikean säätvivun kohdalla ja näin ollen mikroskoopin käyttäminen okulaarien läpi katsoessa on pitkälti mahdotonta.

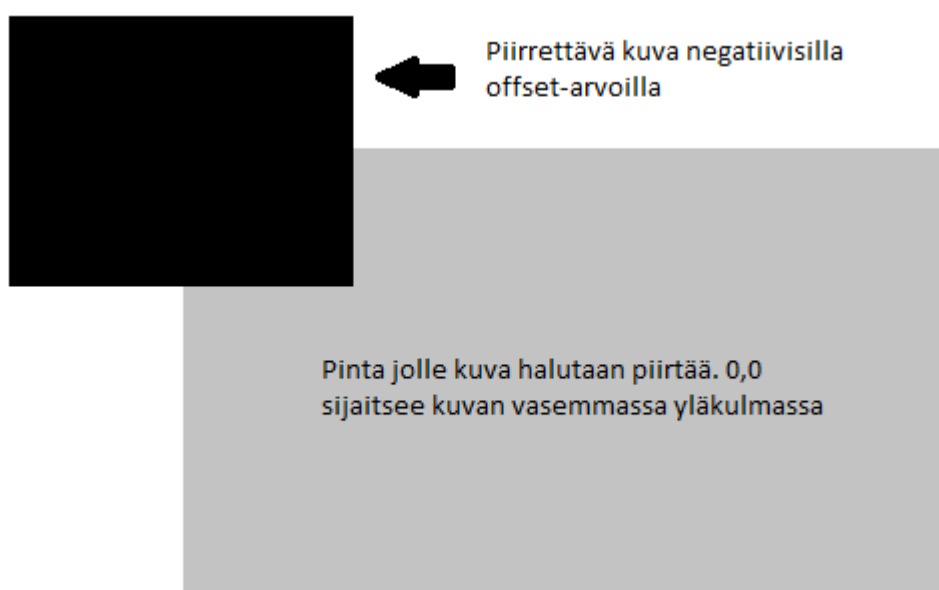


Kuvan näyttämistä varten monitoriin luotiin pintamateriaali, jonka tekstuuria voi vaihtaa ajon aikana näyttämään aina mikroskoopissa sillä hetkellä olevaa näytettä. Näytekuvia työtä varten on saatu Savonia-ammattikorkeakoululta.

### 3.2.2 Näytelevyt

Näytelevyt ovat yksinkertaisia suorakulmion muotoisia lasilevyjä. Näitä simuloimaan tehtiin vain saman mallinen kappale, jolle annettiin läpinäkyvä materiaali ja väriksi hieman sinistä.

Näytelevyissä on myös skripti, jonka avulla tiedetään, onko näytelevy mikroskoopissa, mikä on sen hetkinen valittu objektiivi objektiivirevolverissa ja sen suurennus. Skripti kertoo myös, mikä näytekuva on liitetty kyseiseen näytteeseen. Näytelevyissä on tallennettuna myös kolme tekstuuria eri suurennoksille, ja mitkä ovat kyseisen näytteen tekstuurin offset-aloitusarvot. Offset-aloitusarvoilla voidaan pakottaa käyttäjä säätämään mikroskoopin asetuksia nähdäkseen näytteen kunnolla, tekstuurin offset-arvolla voidaan muuttaa mistä kohdasta kuvaa aloitetaan piirtämään (Kuva 4).



Kuva 4. Offset-arvojen havainnollistaminen (Pakarinen, Offset, 2020).

### 3.3 Muut objektit

Mikroskoopin lisäksi muita objekteja projektiin on tuotu näytteiden käsittelyä varten sekä visuaalisen ympäristön parantamiseksi. Näytelevyt ovat ainoita näistä objekteista, joihin on liitetty skriptejä. Muut kappaleet ovat vain visuaalisen ilmeen parantamista ja ympäristön todennäköisyyden ja näin immersion lisäämistä varten.

Muista objekteista oleellisin on pöytä, jonka päälle mikroskooppi on asetettu. Pöydässä ei ole toiminnallisuuksia, vaan se toimii tasona mikroskoopille sekä näytelevyille.

## 4 MIKROSKOOPIN TOIMINTA

Mikroskoopin käytön oppimisen vuoksi mikroskoopin toiminnot täytyi tehdä mahdollisimman reaaliaikaisesti vastaavaksi. Näitä toiminnollisuuksia VR-mikroskooppiin toteutettiin usealla eri tavalla.

### 4.1 Valonlähde

Valonlähteen simulointi tapahtuu ympäristöön sijoitetun kohdevalon avustuksella, joka on määritelty valaisemaan vain tilassa olevan monitorin kuvan materiaali. Kohdevalon culling mask -ominaisuutta käyttämällä voidaan valita millä tasolla sijaitseviin objekteihin valo vaikuttaa. Valon voimakkuuden säätäminen tapahtuu peitekuvan avulla. Käyttäjän säätäessä valoa peitekuvan alfakanavaa muutetaan niin, että kuva näyttää monitorin ruudulla kirkkaammalta tai himmeämmältä. Toteutus piti tehdä peitekuvan avulla, muulloin kuva olisi aina näkynyt näytöllä, vaikka mikroskoopin valo olisikin laitettu pois päältä. Peitekuvan avulla saa yksinkertaisesti toteutettua myös tilanteen, jolloin mikroskooppi laitettaisiin pois päältä.

Valon kytkeminen päälle ja pois päältä tapahtuu virtakytkintä painamalla, valon hallinnoinnista vastaava skripti tarkkailee missä asennossa kyseinen kytkin on ja muuttaa peitekuvan alfakanavaa joko peittämään koko kuvan tai päästää valoa läpi säätörullan arvon mukaisesti, käytännössä skripti muuttaa peitekuvan läpinäkyvyyttä tuottaen näin toivotunlaisen efektin.

Valonlähteen kirkkauden säätäminen tapahtuu säätörullalla, jonka asentoa tarkkailee valon hallinnoinnista vastaava skripti. Skripti säätää peitekuvan alfakanavaa rullan asennon mukaisesti, joko päästämään kaiken valon läpi tai vain minimaalisesti.

### 4.2 Kenttähimmennin

Kenttähimmennin toiminnan simulointi tapahtuu kahden peitekuvan avustuksella. Ensimmäinen peitekuva peittää koko monitorin ruudun, jonka tarkoituksena on himmentää kuvaa sopivassa määrin toisen peitekuvan toimintaa varten. Kenttähimmennintä käytetään ottamalla kiinni kenttähimmennimestä ja siirtämällä kättä oikealle tai vasemmalle.

Toisen peitekuvan tehtävä on simuloida himmentimen aukon toimintaa, tämä peitekuva on aiemmista peitekuvista poiketen musta pohja, jonka keskellä on valkoinen kahdeksankulmio.

Käyttäjän säätäessä himmentimen aukon suuruutta, skripti muuttaa peitekuvan skaalausta x- ja y-akseleiden suhteen, sekä pyörittää kuvaa skaalauksen mukaan, käyttäjälle tämä ilmenee niin, että kuvassa oleva aukko kasvaa tai pienenee, paljastaen enemmän tai vähemmän varsinaisesta näyttekuvasta.

### 4.3 Ristisiirtopöytä

Ristisiirtopöytä koostuu useammasta kappaleesta, joiden avulla näyte saadaan siirrettyä haluttuun kohtaan objektiivin alle ja kohdistettua kuva. Näytelasipitimen avulla näytelasia voidaan siirtää sivuttaissuunnassa, jonka liikuttaminen tapahtuu käyttöelementin ylemmän rullan avulla. Näytelasin siirtäminen eteen-taakse suunnassa tapahtuu liikuttamalla näytepöytää käyttöelementin alemman rullan avulla. Kirjoitetut skriptit siirtävät näytteestä monitoriin piirrettävän tekstuurin offset-arvoa, kulloisenkin säädettävän akselin mukaisesti.

Näytteen kohdistaminen tapahtuu karkea- ja hienosäätörullilla, jotka samalla liikuttavat näytepöytää ylös tai alas. Tarkkuuden säätämisen simuloimiseksi projektissa käytetään kolmannen osapuolen tekemää varjostinta, joka sumentaa kuvaa sen mukaan millä korkeudella pöytä on verrattuna kohdearvoon, joka on kiinteästi määriteltynä. Skriptiin on myös laitettu jatkokehitystä varten muuttujana korkeus, jolloin objektiivin osuu näytelasiin. Tämä mahdollistaa simuloinnin esimerkiksi näytteen pilalle menemisestä väärin toteutetusta kohdistuksesta.

### 4.4 Objektiivirevolveri

Objektiivirevolverissa on kolme objektiivia, joiden valinta tapahtuu objektiivirevolveria pyörittämällä. Objektiivit ovat 90-asteen kulmassa toisiinsa nähden ja yksi revolverin neljästä lukituspaikasta on tyhjänä, reaali maailmassa tämä asento on objektiivien vaihtamista varten, mutta tätä toiminnallisuutta tässä työssä ei ole toteutettuna.

Objektiivirevolverin toiminta on toteutettu skriptillä, joka tarkkailee missä asennossa objektiivirevolveri on. Objektiivirevolverista irti päästettäessä skripti tarkastaa mikä on lähin objektiivin ja kääntää revolverin oikeaan asentoon. Objektiivin vaihtuessa näytelasissa kiinni oleva skripti tarkastaa onko objektiivin vaihtunut ja vaihtaa monitorille piirrettävän tekstuurin tarpeen mukaan.

## 4.5 Karkea- ja hienosäätörullat

Mikroskoopin molemmin puolin on karkea- ja hienosäätörullat (myöhemmin tarkkuudensäätörullat), joilla ristisiirtopöydän korkeutta säädetään ja näin vaikutetaan kuvan tarkkuuteen. Molemmin puoliset säätörullat ovat kiinnitettynä tyhjään peliobjektiin, karkeasäädöt omaansa ja hienosäädöt omaansa. Tämä mahdollistaa sen, jos toisen puolen rullaa käännetään, kääntyy molemmat samaan tyhjään peliobjektiin kiinnitetyt rullat. Rullien käyttäminen VR:ssä tapahtuu ottamalla kiinni halutusta rullasta ja kiertämällä kättä/rannetta kuten reaali maailmassa.

Tarkkuudensäätörullien toiminta on toteutettu muutaman skriptin yhteistyöllä. Ensimmäinen skripti säätelee ristisiirtopöydän korkeutta, kun rullia pyöritetään ja samalla muuttaa toiselle skriptille välitettävän muuttujan arvoa. Välitettävän muuttujan arvo lasketaan sen perusteella, millä korkeudella pöytä on verrattuna minimi- tai maksimikorkeudesta ja esimääritellystä korkeudesta, jolloin kuva olisi tarkimmillaan.

Toinen skripti huolehtii taas itse tarkennuksesta ensimmäisen skriptin välittämän arvon perusteella, muuttujan arvon mukaan muutetaan kuvan sumennusta (engl. Blur shader [Unlit/Frosted glass]), kyseinen varjostin on kiinnitettynä monitorissa ja sen asetukset on määriteltäviä niin, ettei sumennusta näy kuin himmentimen aukon kohdalla.

## 4.6 Keskiöntiruuvit

Keskiöntiruuveilla nimensä mukaisesti keskiöidään himmentimen aukko, ruuvit ovat kiinni apertuurihimmentimessä ja niitä pyörittämällä aukon sijaintia voidaan muuttaa. Ruuveja pyörittämällä aukko liikkuu kulmasta kulmaan, eikä esimerkiksi pysty- tai sivuttaissuunnassa.

Keskiöntiruuveille ja niiden toiminnalle on taas oma skriptinsä, joka siirtää aukkoa sisältävää objektia x- ja y-suunnissa. Kyseinen objekti on monitorissa ja sitä on käännetty 45-asteen kulmaan, jotta reaali maailmaa vastaava toiminta saadaan toteutettua. Keskiöntiruuveja piti myös muokata pidemmiksi, että niiden käyttäminen VR-ympäristössä olisi mahdollista.

## 4.7 Okulaarit ja ei toiminnalliset osat

Mikroskoopin okulaarien asento on VR-ympäristössä säädettävissä, mutta niiden läpi katsominen ja näytteiden tarkkailu ei ole tämän työn aikana ollut mahdollista toteuttaa ajan

puutteen vuoksi. Samoin apertuurihimmentimen toimintaa ei tämän työn aikana ollut mahdollista toteuttaa.

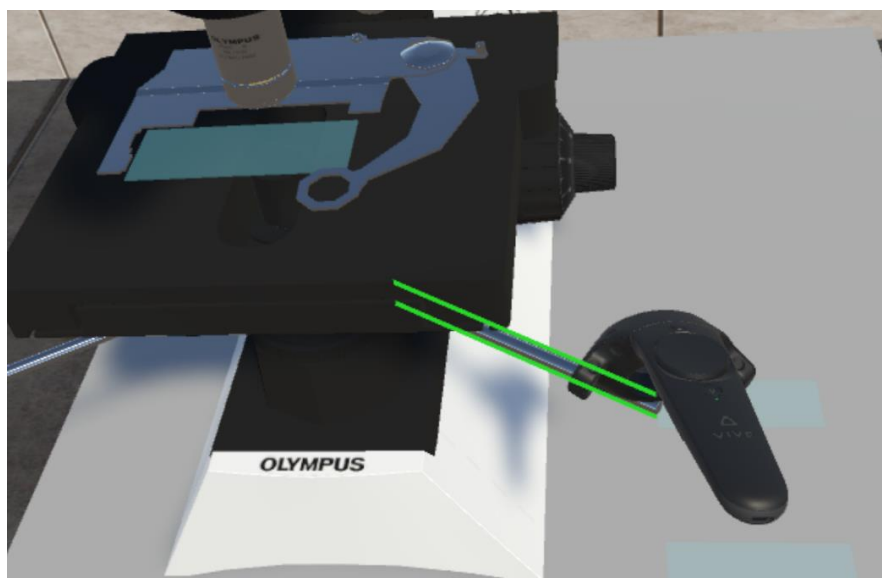
Okulaarien asentoa voi siis säätää VR-ympäristössä ja se on myös ohjeistuksessa mukana, mutta muuta toiminnallisuutta niille ei ehditty vielä toteuttamaan. Okulaarien säätäminen tapahtuu ottamalla kiinni okulaarista ja liikuttamalla kättä ylös tai alas.

## 5 VR-TOTEUTUS

VR-ympäristöjä toteuttaessa on pohdittava käytettävyyttä, millaisessa tilassa sovellusta on mahdollista käyttää, ympäristössä tapahtuvien esineiden kanssa interaktiota sekä kuinka ympäristön on tarkoitus vastata reaalia maailmaa. VR-ympäristöissä hyvin usein on tehtävien joidenkin asioiden kohdalla kompromisseja, jotta ympäristö saadaan vastaamaan mahdollisimman hyvin tavoitteita ja on samalla käyttäjäystävällinen.

Tässä työssä tavoitteena oli tehdä mahdollisimman realistinen kokemus mikroskoopin käytöstä, mutta testaukset osoittivat, että mikroskoopin käyttäminen oikeaa mikroskooppia vastaavana on pitkälti mahdotonta. Vaihtoehtoina oli joko irrottaa mikroskoopin säätimiä kauemmaksi toisistaan tai kasvattaa mikroskoopin kokoa. Ongelmat mikroskoopin käytössä johtuivat Unityn tavasta käsitellä törmäyttimiä (engl. collider) ja laukaisimia (engl. trigger), luonnollisessa koossa olevassa mikroskoopissa nämä olivat niin lähellä toisiaan, että sovellus ei aina osannut päättää mikä törmäytin tai laukaisin sen tulisi aktivoida ja osaan ei voinut edes osua ilman, ettei samalla olisi aktivoinut jotain toista törmäytintä tai laukaisinta. Testauksien jälkeen mikroskoopin kokoa päätettiin kasvattaa, jotta mikroskooppi olisi yhä ulkonäöllisesti oikeaa mikroskooppia vastaava.

Testauksissa tuli myös ilmi, ettei ainakaan henkilöt, joilla ei ole aiempaa kokemusta VR:n parissa, olleet aina täysin varmoja siitä missä kohdassa kädessä pidettävä ohjain oli ympäristössä. Ohjaimen sijainnin hahmottamista helpottamaan otettiin Unityn kaupasta Easy Outline -paketti. Easy Outline -paketilla saadaan aikaiseksi ominaisuus, joka piirtää selkeät ääri viivat säätimiin ja objekteihin, joiden kanssa ohjain on ympäristössä kosketuksissa (Kuva 5).



Kuva 5. Objektien korostaminen (Pakarinen, Object highlighting, 2020)

## 5.1 Ohjaimien ongelma

Mikroskoopissa on paljon erilaisia säätimiä ja eri asennoissa olevia säätörullia, nämä aiheuttivat ongelmia kontrolleja toteuttaessa. Suurin ongelma oli kuitenkin eri asennoissa olevat, tietyn akselin ympäri pyörivät tai asentoon muuttavat osat. Tämän ongelman ratkaisu veikin paljon aikaa, koska edes keskustelupalsoilta tai esimerkkitapauksistakaan ei löytynyt yhtään toimivaa ratkaisua. Kaikkialla missä kyseistä ongelmaa kysyttiin ja yritettiin löytää ratkaisu, kaikki viittaukset ohjasivat aina lopulta yhdelle ja samalle keskustelualustalle, josta ei valitettavasti kuitenkaan löytynyt toimivaa ratkaisua. Lopulta ongelmaan tuli kehittää oma ratkaisu, joka toimisi ympäristössä halutulla tavalla.

VR-ympäristöissä kappaleiden kanssa toimiminen tapahtuu yleensä kiinnittämällä liikutettava kappale kiinni ohjaimen, jolloin kappaleen asento ja sijainti muuttuvat ohjaimen mukana. Säätörullien kanssa sijainti ei tietenkään voinut liikkua, vaan kappaleen pitäisi ottaa huomioon vain ohjaimen asennon muutos. Kun tämän sai toteutettua, ongelmaksi muodostui eri asennoissa olevat rullasäätimet, niiden asento muuttui väärän akselin mukaisesti, johtuen eri aloitusasennoista. Näiden ongelmien ratkaisu ei ollut yksinkertainen ja aiheutti ympäristöön osittain hieman epärealistisen säätimien asennon muuttamisen.

Nykyisellään osaa säätimistä voi pyörittää kuten rullasäätimiä kuvittelisikin reaali maailmassa säädettävän, osaa vastaavista säätimistä ohjataan taas ohjaimen sijainnin perusteella. Rullasäätimien, joiden käyttäminen reaali maailmassa tapahtuisi rullaa pyörittämällä, säätäminen ympäristössä tapahtuukin ottamalla kiinni rullasta ja siirtämällä ohjainta sivuttaissuunnassa. Okulaarit taas toimivat samaan tapaan, mutta ohjainta liikutetaankin joko ylös tai alas, jotta okulaarin asento muuttuisi. Realistisesti toimivat rullat ovat niitä, joiden napa osoittaa horisontin tasoa pitkin, näitä rullia voidaan siis pyörittää ottamalla rullasta kiinni ja muuttamalla ohjaimen rotaatiota, eli kiertämällä rannetta.



## 6 OHJEISTUS JA KÄYTTÖLIITTYMÄ

Sovellukseen tuli toteuttaa myös jonkinlainen käyttöliittymä ja ohjeistus, kuinka VR-ympäristössä tulisi toimia ja kuinka mikroskooppia olisi tarkoitus käyttää. Nämä molemmat liittyvät toisiinsa vahvasti, koska molemmat käyttävät samoja käyttöliittymäelementtejä (engl. UI - User Interface / GUI - Graphical User Interface).

VR-ympäristöissä käyttöliittymän toteuttaminen ei kuitenkaan onnistu täysin samalla tapaa kuin normaaleissa 3D-ympäristöissä. Normaalisti käyttöliittymä toteutetaan yleensä laittamalla käyttöliittymäelementit kanvaasille (engl. Canvas), joka on aina kaiken muun ruudulle piirrettävän päällä. VR-ympäristössä kiinnittäminen ruudulle (engl. Screen overlay) ei ole mahdollista, vaan kanvaasit tulee kiinnittää VR-ympäristöön (engl. World space). (Nazrai, 2018.)

Tässä VR-ympäristössä ohjeet ovat kiinnitettynä kahdelle eri kanvaasille, toinen on sovelluksen alkaessa käyttäjän vasemmalla puolella ja sisältää ohjeen HTC Vive:n ohjaimien käytöstä, sekä kielen valinnan (Kuva 6). Toinen on kiinni mikroskoopissa ja siinä näytetään ohjeet kulloisenkin vaiheen mukaan, sekä informaatiota kyseiseen vaiheeseen liittyvistä mikroskoopin komponenteista.



Kuva 6. Ohjaimien käyttö (Pakarinen, Control info, 2020)

### 6.1 Monikielisyys

Käyttöliittymää pyydettiin toteuttamaan kaksikielisinä, suomeksi ja englanniksi. Unity:llä olisi rakenteilla oma moduulinsa tätä käyttötarkoitusta varten, kyseinen moduuli olisi oikein monipuolinen ja ajonaikaisilta resurssivaatimuksiltaan suhteellisen kevyt. Tätä Unity:n kehittämää monikielisyden (engl. Localization) moduulia ei vain vielä toistaiseksi saa kuin

kehitysversiona (engl. Preview version) ja se olisikin myös turhankin monipuolinen tähän sovellukseen. Näitten syitten takia tarkoituksenmukaisempaa olikin ladata Unity:n foorumeilta löytynyt ilmainen ja pelkistetty versio monikielisyyttä varten (Multi-Language System, myöhemmin MLS), jonka on tehnyt nimimerkki silvematt. Kyseisellä ladatulla paketilla saikin toteutettua monikielisyyden hyvin vähällä muokkauksella.

MLS:n toiminta perustuu XML-tiedostoihin, joita on jokaiselle kielelleen omansa. Jokaisessa kielitiedostossa tulee olla samat avaimet (engl. Key), joiden perusteella XML-tiedostosta haetaan kyseisen avaimen pariin laitettu teksti. MLS on rakennettu niin, että se mahdollistaa kielen vaihtamisen myös missä vaiheessa sovelluksen käyttöä tahansa.

Kielen vaihtaminen VR-ympäristössä tapahtuu osoittamalla laserosoittimella halutun kielen lippua. Laserosoittimen saa toimintaan koskettamalla kumman tahansa ohjaimen kosketuslevyä. Kun laserosoittimen säde osuu lippuun, kaikki tekstit ympäristössä muuttuvat valitulle kielelle.

## 7 JATKOKEHITYS

Opinnäytetyön tekemiseen on rajattu aika ja VR-ympäristön laajuus ja monipuolisuus ovat sen verran laajat, ettei kaikkea toivottua ole ollut mahdollista toteuttaa varatussa ajassa. Tämä on kuitenkin ollut tilaajalla ja tekijällä tiedossa alusta asti, jolloin ongelmaa tästä ei ole aiheutunut, mutta jatkokehittelyä varten tämä jättää paljon mahdollisuuksia.

### 7.1 Toiminnalliset osat

Osa mikroskoopin toiminnoista jäi osittain tai kokonaan toteuttamatta ajan riittämättömyyden vuoksi, mutta näiden toimintojen puuttumista ei pidetty merkittävänä puutteena. Pilotointia varten nykyinen versiokin olisi riittävä ja pilotoinnissa saatavan palautteen perusteella jatkokehityksen aikana myös näitä puuttuvia toimintoja voisi mahdollisuuksien mukaan toteuttaa.

Kondensorin käyttäminen ja säätäminen jätettiin pois tässä vaiheessa työstä ja sen toiminnallisuuden teettäminen olisi yksi merkittävä jatkokehityksen alue. Kondensoria tulisi pystyä säätämään pystysuunnassa ja samalla sen tulisi terävöittää ja sumentaa himmentimen aukon reunoja. Tämän toteutusta kokeiltiin työssä hyvin nopeasti, mutta koska ei näyttänyt siltä, että sen saisi tarpeeksi nopeasti toteutettua kunnolla toimivana, päätettiin tämä toiminnallisuus siirtää jatkokehittelyä varten.

Apertuurihimmentimen esisäätökiekon toimintaa ei testattu työskentelyn aikana ja sen muutos kuvassa ei olisi niin suuri, että sitä VR-laseilla huomaisi. Tämän takia tämä jätettiin jatkokehittelyä varten. Mikroskoopissa on numeroitu säätörulla ristisiirtopöydän alapuolella, tämä rulla tulisi säätää objektiivin mukaan, jokaisessa objektiivissa on numeraalinen apertuurihimmentimen arvo joka mikroskoopissa tulisi säätää vastaamaan kulloinkin käytössä olevaa objektiivia.

Kuten tässä dokumentissa jo aiemmin todettiin, okulaareilla ei varsinaisesti ole tässä ympäristössä vielä käyttöä. Jatkokehittelyn yksi mahdollisuus olisi tutustua, onko mahdollista toteuttaa okulaarien läpi näytteiden tarkkailu jollain tavalla.

## 7.2 Muut mahdollisuudet jatkokehityksessä

Toiminnallisten osien lisäksi jatkokehittelyyn jää vielä graafisia kehitysmahdollisuuksia, ympäristön käytettävyyden parantelua ja mahdollisia lisäominaisuuksia. Jatkokehityksessä on mahdollisuuksia niin sovelluskehittäjille kuin graafikoillekin.

Työssä ei tässä vaiheessa ollut mukana vielä yhtään graafikkoa tai henkilöä, jolla olisi kykyä tuottaa visuaalisesti miellyttäviä graafisia elementtejä. Tämä on nähtävissä hyvin pelkistetyssä käyttöliittymässä ja siinä olisikin mahdollisuuksia parantaa. Käyttöliittymän lisäksi ympäristön yleistä ilmettä voisi parantaa ja tehdä esimerkiksi huoneesta enemmän reaali maailman laboratorioympäristöä vastaavan.

Käytettävyyden kannalta oleellisinta olisi yrittää löytää ratkaisu, jonka avulla voitaisiin jo aiemmin mainittu ohjaimien kanssa oleva ongelma korjattua niin että mikroskoopin käyttäminen vastaisi paremmin todellista mikroskooppia. Tämän kirjoitushetkellä tätä ominaisuutta ollaan pyrkimässä tuomaan mukaan joidenkin VR-valmistajien avulla, mutta toistaiseksi sitä ei vielä ole saatu toteutettua toimivaksi.

Lisäsisältöä ympäristöön voi tehdä esimerkiksi lisäämällä näytelevyjä ja lisäämällä uusia kieliä. Näytelevyjä ympäristössä on tällä hetkellä kolme ja jos tarvetta ilmenee niitä voi ympäristöön lisätä hyvinkin helposti, kopioidaan vain yksi entisistä näytteistä ja vaihdetaan uuteen näytteeseen kuvat. Lisäksi lisäarvoa voisi tuoda mahdollisuus rikkoa näytelevy, mikäli ristisiirtopöytää nostettaisiin liian ylös. Oikeassa mikroskoopissa myös objektiivit ovat erimittaisia, jolloin olisi oltava tarkkana etenkin objektiivia vaihtaessa, ettei objektiivit ole kontaktissa näytteen kanssa, jolloin näytelasi tai objektiivit voisivat pahimmassa tapauksessa vaurioitua.

Kielten lisääminen on myös yksi hyvin yksinkertainen tapa tuoda lisää käyttömahdollisuuksia. Uuden kielen lisääminen vaatii hieman ymmärrystä ohjelmoinnista, mutta käytännössä itse ei tarvitse osata ohjelmoida. Kielitiedoston voi lisätä kopioimalla vanhan kielitiedoston, vaihtamalla tiedoston nimen ja kirjoittamalla käännökset valmiiden kielten pohjalta. Kielen valinnasta vastaavaan skriptiin taas lisätään uusi kieli lisäämällä pari riviä koodia tiedostosta löytyvän esimerkin mukaisesti. Tämän lisäksi tulisi tietenkin lisätä vielä kieltä vastaava lippu ympäristöön, joka sekään onnistuu pitkälti kopioimalla vanha lippu ja muokkaamalla sen tietoja uutta kieltä vastaavaksi.

Ohjelmistossa esiintyvien virheiden etsinnälle (engl. Bug hunting) ei jäänyt kovinkaan paljoa aikaa tässä vaiheessa. Virheet korjattiin sitä mukaa kuin niitä havaittiin, mutta varsinaista virheen metsästystä ei ehditty suorittaa. Mahdollisen pilotoinnin aikana onkin tärkeää ottaa ylös kaikki havaitut virheet ja niiden korjaaminen onkin hyvin tärkeä osa jatkokehittelyä. Tämän lisäksi olisi mahdollista tehdä tarkoituksenmukaista virheiden metsästystä. Virheiden metsästyksellä tarkoitetaan sovelluksen käyttämistä tavoin, joilla sovellusta ei ole tarkoitus käyttää. Toisin sanoen yritetään rikkoa sovellus sovelluksen sisällä ja näin mahdollisesti löydetään virheitä, joiden korjaaminen on tärkeää toiminnan kannalta.

## 8 YHTEENVETO

Projektin toteutus täysin asiakkaan kaikkien toiveiden mukaisesti ei ollut mahdollista työhön varatun ajan puitteissa, mutta asiakkaan toiveiden mukaisesti sovellus on valmis pilotoitavaksi. Pilotointia on suunniteltu mahdollisesti alkavaksi maaliskuussa 2020 ja mikäli sovelluksen kehitykseen löytyy jatkaja ennen pilotoinnin aloittamista, saataisiin kaikki mahdollinen hyöty irti myös pilotoinnista. Kaiken kaikkiaan työssä on saavutettu asiakkaan tärkeimmät tavoitteet varatun ajan puitteissa ja asiakkaan tekemien testauksien perusteella palaute sovelluksesta on ollut positiivista.

VR-ympäristön käyttäminen ensimmäistä kertaa voi vaikuttaa suurestikin käyttäjäkokemuksiin. Esimerkiksi jos käyttäjä käyttää VR-laitteistoa ensimmäistä kertaa, saattaa huomio kiinnittyä enemmänkin uuteen kokemukseen ja aikaa mennä laitteiden käytön hallitsemiseen ja opetteluun. Jo tottuneille VR-laitteiden käyttäjillä ympäristön käyttämisen tulisi olla sujuvampaa ja luontevampaa, mutta tästäkin saadaan varmuus vasta pilotoinnin yhteydessä.

## LÄHTEET

- Babich, N. (2018, Syyskuu 1). *How Virtual Reality Will Change How We Learn and How We Teach*. (Adobe) Retrieved Lokakuu 23, 2019, from Adobe Blog: <https://theblog.adobe.com/virtual-reality-will-change-learn-teach/>
- Blender Foundation. (2020). *Blender.org*. Retrieved Tammikuu 14, 2020, from Blender Foundation: <https://www.blender.org/foundation/>
- Chand, M. (2019, Elokuu 28). *What is c sharp*. Retrieved Tammikuu 15, 2020, from C# Corner: <https://www.c-sharpcorner.com/article/what-is-c-sharp/>
- Helsingin yliopiston opettajakoulutuslaitos. (2003). *Biologian ainedidaktiikka*. Retrieved Tammikuu 13, 2020
- Joensuu, J. (2016). 3D-alan sanasto : 3D-grafiikan termit suomeksi. *Opinnäytetyö*. Retrieved Tammikuu 14, 2020, from <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2016060612045>
- Leica Microsystems. (2013). *Leica S-Serie User Manual*. Retrieved Tammikuu 13, 2020, from [https://downloads.leica-microsystems.com/Leica%20S4%20E/User%20Manuals/Leica\\_S-Serie\\_User-Manual\\_FI.pdf](https://downloads.leica-microsystems.com/Leica%20S4%20E/User%20Manuals/Leica_S-Serie_User-Manual_FI.pdf)
- Maj. Loren. (2012, Elokuu 1). *U.S. Army*. (U.S. Army) Retrieved Lokakuu 23, 2019, from <https://www.army.mil/article/84453/>
- Naszrai, A. (2018, Maaliskuu 4). *Virtual Reality UI with Unity*. Retrieved 2 5, 2020, from medium.com: <https://medium.com/@naszrai.andras/virtual-reality-ui-with-unity-6e3d02f671e4>
- Niku, M. (2001). *Valomikroskopian alkeet*. Retrieved Tammikuu 13, 2020, from Slideplayer.fi: <https://slideplayer.fi/slide/2685913/>
- Oinasmaa, E. (2014). *Materiaalin tuntua - 3D-mallin teksturointi*. Kajaani: Kajaanin ammattikorkeakoulu. Retrieved Tammikuu 15, 2020, from <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2014120818898>
- Pakarinen, K. (2019). *Mikroskooppi ennen ja jälkeen käsittelyn*.
- Pakarinen, K. (2019). *Säätövivun muokkausta*.
- Pakarinen, K. (2019). *Tekstuurikartta*.
- Pakarinen, K. (2020). *Control info*. Retrieved Helmikuu 6, 2020
- Pakarinen, K. (2020). *Object highlighting*. Retrieved Helmikuu 6, 2020
- Pakarinen, K. (2020). *Offset*.
- Sanastokeskus TSK ry. (2001, Joulukuu 14). *Tietotekniikan termitalkoot*. Retrieved Tammikuu 15, 2020, from tsk.fi: <http://www.tsk.fi/tsk/termitalkoot/fi/node/266>
- Sanastokeskus TSK ry. (2005, Huhtikuu 28). *Tietotekniikan termitalkoot*. Retrieved Tammikuu 15, 2020, from tsk.fi: [http://www.tsk.fi/tsk/termitalkoot/haku-266.html?page=get\\_id&id=ID0162&vocabulary\\_code=TSKTT](http://www.tsk.fi/tsk/termitalkoot/haku-266.html?page=get_id&id=ID0162&vocabulary_code=TSKTT)
- Teknofokus. (2014, Helmikuu 5). *Optiikan puhdistuksesta*. Retrieved Tammikuu 14, 2020, from Teknofokus.fi: <http://www.teknofokus.fi/Foto/puhdistus.htm>
- Terveyskylä.fi. (2019, Syyskuu 20). *Taittovirheet*. Retrieved Tammikuu 13, 2020, from Silmäsaairaudet.fi: <https://www.terveyskyla.fi/silmasairaudet/tietoa/silm%C3%A4n-rakenne-ja-toiminta/taittovirheet>
- Unity Technologies. (2017, Heinäkuu 12). *Unity - Manual: Asset Workflow*. Retrieved Tammikuu 15, 2020, from Unity | Documentation: <https://docs.unity3d.com/560/Documentation/Manual/AssetWorkflow.html>
- Unity Technologies. (2017, Heinäkuu 12). *Unity - Manual: Tags and Layers*. Retrieved Tammikuu 14, 2020, from Unity | Documentation: <https://docs.unity3d.com/560/Documentation/Manual/class-TagManager.html>
- Unity Technologies. (2017, Heinäkuu 12). *Unity - Manual: Textures*. Retrieved Tammikuu 15, 2020, from Unity | Documentation: <https://docs.unity3d.com/560/Documentation/Manual/class-TextureImporter.html>

- Unity Technologies. (2019, Joulukuu 16). *Unity - Manual: Albedo Color and Transparency*. Retrieved Tammikuu 14, 2020, from Unity | Documentation: <https://docs.unity3d.com/Manual/StandardShaderMaterialParameterAlbedoColor.html>
- Unity Technologies. (2019, Joulukuu 16). *Unity - Manual: Mask*. Retrieved Tammikuu 14, 2020, from Unity | Documentation: <https://docs.unity3d.com/Manual/script-Mask.html>
- Unity Technologies. (2019, Joulukuu 16). *Unity - Manual: Writing Shaders*. Retrieved Tammikuu 14, 2020, from Unity | Documentation: <https://docs.unity3d.com/Manual/ShaderOverview.html>
- Unity Technologies. (2019, Joulukuu 16). *Unity - Scripting API: Physics.Raycast*. Retrieved Tammikuu 14, 2020, from Unity | Documentation: <https://docs.unity3d.com/ScriptReference/Physics.Raycast.html>
- Unity Technologies. (2020). *What is a game engine*. Retrieved Tammikuu 15, 2020, from unity3d.com: <https://unity3d.com/what-is-a-game-engine>
- Unity Technologies. (2020). *What is XR glossary*. Retrieved Tammikuu 15, 2020, from unity3d.com: <https://unity3d.com/what-is-xr-glossary>
- Viar360. (2017, Lokakuu 25). *Viar360*. Retrieved Lokakuu 23, 2019, from <https://www.viar360.com/education-schools-using-virtual-reality/>
- Zikas, P., Lydatakis, N., Kateros, S., & Papagiannakis, G. (2019, Syyskuu 12). *Scenior: An Immersive Visual Scripting system of Gamified Training based on VR Software Design Patterns*. (OramaVR) Retrieved Lokakuu 23, 2019, from GroundAI: <https://www.groundai.com/project/scenior-an-immersive-visual-scripting-system-of-gamified-training-based-on-vr-software-design-patterns/>