

Rasmus Metso

Taloteknisten virtuaalimallien hyödyntäminen rakennusaikana

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

29.11.2018

Tekijä Otsikko	Rasmus Metso Taloteknisten virtuaalimallien hyödyntäminen rakennusaikana
Sivumäärä Aika	32 sivua + 1 liite 29.11.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	tietomalliasiantuntija Juha Tuomainen lehtori Aamos Lemström
<p>Insinööriyössä tutkitaan taloteknisten virtuaalimallien hyödyntämistä rakennusaikana. Tavoitteena oli selvittää, miten virtuaalimallit otetaan vastaan työmaalla ja miten eri urakointiyri-tysten talotekniikka- ja tietomalliasiantuntijat näkevät taloteknisten virtuaalimallien hyödyntämisen työmaalla.</p> <p>Työ toteutettiin suorittamalla tutkimus kolmella työmaalla ja haastattelemalla urakointiyri-tysten asiantuntijoita. Tuloksina saatiin yleiskuva siitä, miten työmaan henkilöstö kokee vir- tuaalimallit ja millaisia näkemyksiä urakointiyri-tysten asiantuntijoilla on aiheeseen.</p> <p>Tuloksista nähdään, että työmaalla virtuaalimallit otetaan pääsääntöisesti hyvin vastaan mutta niiden työmaakäyttöön liittyy myös haasteita. Urakointiyri-tysten asiantuntijat näkevät virtuaalimalleissa potentiaalia, mutta teknologia ei ole vielä tarpeeksi kehittynyttä, että nii- den laajamittainen käyttö työmaalla nähtäisiin realistisena.</p>	
Avainsanat	VR, Virtual Reality, virtuaalimalli, talotekniikka, tietomalli

Author Title Number of Pages Date	Rasmus Metso Virtual Reality Based 3D Building Services Models during Construction 32 pages + 1 appendices 29 November 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Design
Instructors	Juha Tuomainen, BIM Specialist Aamos Lemström, Senior Lecturer
<p>The purpose of this final year project was to find out how Virtual Reality based 3D building services models can be used at the construction site. Two main research goals in the project were to find out what construction site workers thought about using Virtual Reality based 3D models, and what opinions the building services specialists and BIM specialists of the contracting companies have about this subject.</p> <p>The project studied three separate construction sites and interviewed specialists from the contracting companies. The study resulted in an overview on the attitudes of building construction site workers towards Virtual Reality based 3D models and on the opinions of building services and BIM specialists.</p> <p>Overall, the study showed that construction site workers see Virtual Reality based 3D building services models as a useful tool, but there are challenges in bringing the technology to the construction site. Contracting company specialists see potential in Virtual Reality based 3D building services models, but using this technology widely in construction is not realistic at the moment.</p>	
Keywords	VR, Virtual Reality, building services, building information model

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Johdanto	1
1.2	Insinööriyön tavoitteet	1
1.3	Insinööriyön rakenne	1
2	Virtuaalitodellisuus ja tietomallinnus	2
2.1	Virtuaalitodellisuus	2
2.2	Tietomallinnus	3
2.2.1	Talotekninen tietomallinnus	3
2.2.2	Yhdistelmämalli	4
2.2.3	Yleiset tietomallivaatimukset 2012	4
2.3	Virtuaalimalli	5
2.3.1	Virtuaalimallin luominen tutkimuksessa	5
2.3.2	Virtuaalimallin käyttäminen tutkimuksessa	7
3	Ohjelmat ja laitteet	9
3.1	MagiCAD & MagiCAD for Revit	9
3.2	Revit	9
3.3	Enscape	9
3.4	VR-lasit Acer Mixed Reality	9
3.5	Tutkimuksessa käytetyt tietokoneet	10
4	Tutkimusmenetelmät	12
5	Tutkimus ja tutkimustulokset	13
5.1	Tutkimus	13
5.2	Tapaustutkimukset	13
5.2.1	Tapaustutkimus, kohde 1	14
5.2.2	Tapaustutkimus, kohde 2	15
5.2.3	Tapaustutkimus, kohde 3	16
5.2.4	Analyysi	18
5.3	Haastattelututkimukset	21
5.3.1	Haastattelu 1	22
5.3.2	Haastattelu 2	23

5.3.3	Haastattelu 3	24
5.3.4	Haastattelu 4	25
5.3.5	Haastattelu 5	26
5.3.6	Analyysi	27
6	Yhteenveto	28
6.1	Yhteenveto tutkimuksesta	28
6.2	Pohdinta	28
6.3	Jatkotutkimusaiheet	30
	Lähteet	31

Liitteet

Liite 1. Tutkimuksessa käytetty lomakehaastattelu

1 Johdanto

1.1 Johdanto

Tietomallintaminen on ollut osana rakentamista jo pitkään, mutta tekniikan kehittyessä myös virtuaalitodellisuus ja virtuaalimallit ovat otettu käyttöön rakennusosalalla. Virtuaalimallia tarkasteltaessa käyttäjä laittaa päähänsä Virtual Reality -lasit, jotka luovat kokemuksen siitä, että käyttäjä on oikeissa mittasuhteissa rakennuksen yhdistelmämallin sisällä. Virtuaalimallissa on mahdollista liikkua kädessä pidettävien ohjaimien avulla eri suuntiin, ja VR-laseissa olevien antureiden ansiosta päätä kääntämällä näkymä muuttuu liikkeen mukana. Virtuaalitodellisuuden tuominen osaksi rakennusprosessia on kehityksasteella, mutta virtuaalitodellisuutta on jo hyödynnetty esimerkiksi mallinnetun kohteen havainnollistamisessa tilaajalle. Insinööriyön aihe on rajattu taloteknisten virtuaalimallien hyödyntämiseen rakentamisen aikana käyttäen VR-laseja Acer Mixed Reality ja Escape-ohjelmaa mallien tarkasteluun.

1.2 Insinööriyön tavoitteet

Insinööriyön tavoitteena on kartoittaa urakoitsijaorganisaatioissa työskentelevien talotekniikan- ja tietomallien asiantuntijoiden näkemystä taloteknisten virtuaalimallien hyödyntämisessä työmaaympäristössä ja virtuaalimallien vastaanottoa työmaalla.

1.3 Insinööriyön rakenne

Insinööriyössä perehdytään aluksi virtuaalitodellisuuteen, tietomallinnukseen sekä virtuaalimallin luomiseen ja käyttämiseen. Lisäksi esitellään myös tutkimuksessa käytetyt ohjelmat, VR-lasit ja tietokoneet. Tämän jälkeen käydään läpi tutkimusmenetelmät, tutkimuksen kulku, analyysieja tutkimuksen eri vaiheista ja lopuksi yhteenveto tutkimuksesta.

2 Virtuaalitodellisuus ja tietomallinnus

2.1 Virtuaalitodellisuus

Virtuaalitodellisuudella tarkoitetaan realistiselta tuntuvaa kolmiulotteista kuvaa tai ympäristöä, joka luodaan käyttäen tähän soveltuvia laitteita ja ohjelmistoja saaden ihmisen kokemaan olevansa eri ympäristössä kuin missä hän todellisuudessa on. Virtuaalitodellisuus voidaan jakaa eri luokkiin kokemuksen immersion eli upottavuuden mukaan. Ei-upottavalla kokemuksella tarkoitetaan esimerkiksi useita korkean resoluution näyttöjä käyttäjän ympärillä, kun taas täysin upottavalla kokemuksella voidaan tarkoittaa sitä, että käyttäjällä on päällään virtuaalilasit ja kokemus on todella realistinen. [1] Tutkimuksessa virtuaalitodellisuudesta puhuttaessa viitataan VR-laseilla tuotettuun kokemukseen.

Virtuaalitodellisuus on ollut muutaman vuoden pinnalla, mutta kyseessä ei ole aivan uusi teknologia. Muun muassa Yhdysvaltain avaruushallinta NASA on hyödyntänyt virtuaalitodellisuutta jo 1990-luvun alussa apuna astronauttien koulutuksessa sekä autovalmistaja Ford autojen suunnittelussa 1990-luvun loppuilla. Virtuaalitodellisuuden muita pitkäaikaisia käyttökohteita on esimerkiksi lääketieteessä. [2]

Virtuaalitodellisuuden tuleminen kuluttajan ulottuville kohtuulliseen hintaan on kuitenkin vielä suhteellisen uusi asia. Esimerkiksi peliteollisuus on hyödyntänyt näkyvästi virtuaalitodellisuutta viime vuosien aikana tuottamalla VR-laseja tukevia pelejä kuluttajille. Samalla kun VR-lasien hinnat putoavat kohtuulliseksi, on myös kynnys tekniikan hankkimiseen yrityksiin pienempi, mikäli sillä koetaan saavutettavan hyötyä.

Virtuaalitodellisuudesta (Virtual Reality, VR) puhuttaessa termit voivat mennä sekaisin. Virtuaalitodellisuuden, eli laseilla katsottavan virtuaalisesti luodun ympäristön saattaa sekoittaa lisättyyn todellisuuteen (Augmented Reality, AR). Lisätyn todellisuuden ja virtuaalitodellisuuden erona on karkeasti ottaen se, että virtuaalitodellisuudessa katsotaan vain virtuaalisesti luotua ympäristöä laseilla, kun lisätyssä todellisuudessa nimensä mukaisesti katsotaan lasien läpi todellista ympäristöä, johon on lisätty virtuaalisia elementtejä. Yksinkertaisemmillaan VR-laseina voi toimia käyttäjän päähän laitettava muovinen pidike, johon kiinnitetään näyttönä toimiva älypuhelin. Yleisimmin VR-lasit ovat kuitenkin erillinen laite, jossa on molemmille silmille oma näyttönsä, ja ne kiinnittyvät johdolla joko tietokoneeseen tai pelikonsoliin. Markkinoilla on myös langattomia malleja.

2.2 Tietomallinnus

Insinööriyön aihe on virtuaalimallit ja niiden hyödyntäminen taloteknisen rakentamisen apuna. Virtuaalimallit ovat osa laajempaa kokonaisuutta, rakennuksen tietomallinnusta. Rakennuksen tietomallinnukseen liittyy käsitteitä kuten tietomalli, yhdistelmämalli, YTV2012 ja IFC-tiedosto. Seuraavissa alajaksoissa on perehdytty näihin käsitteisiin, jotta ymmärretään, mikä virtuaalimalli on ja mistä se koostuu.

Rakennuksen tietomallinnuksella tarkoitetaan digitaaliseen muotoon mallinnettua rakennusta, joka sisältää rakennuksen koko elinkaaren aikaisia tietoja. Rakennuksen tietomallinnuksen tavoitteina on edistää suunnittelun ja rakentamisen laatua, turvallisuutta, tehokkuutta ja tukea rakennuksen elinkaarta. Rakennuksen tietomallinnus mahdollistaa muun muassa suunnitelmien havainnollistamisen, suunnitteluprosessin tehostamisen ja rakennettavuuden analysoimisen. Prosessina tietomallinnus alkaa jo suunnitteluvaiheessa ja jatkuu yli rakentamisprojektin aina rakennuksen käytön aikaiseen ylläpitoon asti. [3, s. 5.]

2.2.1 Talotekninen tietomallinnus

Tietomalli sisältää suunnittelualasta riippuen erilaisia tietoja. Perinteisiä suunnittelualoja ovat arkkitehtisuunnittelu, rakennesuunnittelu ja talotekninen suunnittelu. Taloteknisessä tietomallissa olevia tietoja ovat esimerkiksi putkien ja kanavien koko, sijainti, materiaali, tilavuusvirta, painetaso ja järjestelmien komponentit. Talotekninen tietomallinnus jakaantuu kahteen suunnitteluvaiheeseen: ehdotus- ja yleissuunnitteluun sekä toteutussuunnitteluun. Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheen tarkoituksena on tuottaa riittävästi tietoa arkkitehti- ja rakennemallin tekemiseksi. Tässä suunnitteluvaiheessa keskitytään järjestelmävalintoihin ja taloteknisten järjestelmien tilanvarauksiin. Toteutussuunnitteluvaiheessa tuotetaan talotekniset järjestelmämallit koko rakennuksesta. [3, s. 7–8, liite 1.]

Talotekniseen tietomallinnukseen käytetään Suomessa yleisesti Autodeskin AutoCAD-suunnitteluohjelman pohjalla toimivaa MagiCAD-lisäosaa. Autodesk on julkaissut myös Revit-suunnitteluohjelman, jolla voidaan tehdä taloteknisen suunnittelun lisäksi arkkitehti- ja rakennesuunnittelua. Toistaiseksi Revit-suunnitteluohjelma ei ole syrjäyttänyt Suomessa AutoCAD-pohjaista MagiCAD-lisäosaa, vaikka myös Revitille on MagiCAD for Revit -lisäosa.

2.2.2 Yhdistelmämalli

Yhdistettäessä eri suunnittelualojen tietomallit toisiinsa, saadaan aikaiseksi yhdistelmämalli. Yhdistelmämallin laatimisesta vastaa tietomallikoordinaattori, joka voi olla esimerkiksi pääsuunnittelija. Yhdistelmämallilla voidaan tarkastaa järjestelmien ja rakenteiden periaatteellinen yhteensopivuus. [4, s. 16.]

Yhdistelmämallia voidaan hyödyntää rakentamisen suunnitteluvaiheesta aina kiinteistön ylläpitoon asti. Rakentamisen aikana työmaalla yhdistelmämallista voidaan tarkastella haluttua lopputulosta kokonaisuutena, tehdä leikkauksia ja mitata etäisyyksiä. Yhdistelmämallin tarkastelua voidaan tehdä ohjelmasta riippuen tietokoneella, tabletilla tai älypuhelimella.

2.2.3 Yleiset tietomallivaatimukset 2012

Rakennusten tietomallinnuksen ohjaukseen on olemassa julkaisusarja Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV2012). Aineisto sisältää yhteensä neljätoista osaa alkaen tietomallintamisen yleisestä osuudesta ja päättyen tietomallien hyödyntämiseen rakennusvalvonnassa. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 sisältävät tietomallinnusta koskevia perusasioita, käsitteitä ja vaatimuksia. Aineistossa on määritelty tietomallien vaatimuksia ja siitä löytyy omat osansa arkkitehti-, rakenne- ja talotekniseen suunnitteluun. Vaatimuksena on myös se, että julkisissa hankkeissa eri alojen suunnittelijoiden on käytettävä mallinnusohjelmia, jotka tukevat vähintään IFC 2x3 -tiedostomuotoa. [4, s. 5–6.]

IFC-tiedosto on avoin tiedonsiirtomuoto, jolla voidaan siirtää tietomalleja ohjelmistojen välillä. Tiedostosta on julkaistu eri versioita, joista tällä hetkellä käytetään yleisesti versiota IFC 2x3. Uusin tiedostosta julkaistu versio on IFC 4. [5]

2.3 Virtuaalimalli

Virtuaalimalli on käytännössä rakennuksen yhdistelmämalli, jonka käyttö tapahtuu VR-lasit päässä käyttäjän ollessa rakennukseen nähden oikeissa mittasuhteissa. Virtuaalimallin tarkastelun etuna on muun muassa tilojen havainnollistaminen eri tavalla. Esimerkiksi tarkastellessa rakennuksen ilmanvaihdon konehuonetta, joka tyypillisesti sisältää runsaasti kanavia, putkia ja sähkötekniikkaa, voi tilan tarkastelu olla helpompaa VR-laseja käyttämällä. Samalla voidaan havainnollistaa tilan riittävyttä ahtaissa paikoissa, joka ei välttämättä välity näytöltä yhtä hyvin.

2.3.1 Virtuaalimallin luominen tutkimuksessa

Tutkimuksessa loimme kolme virtuaalimallia eri kohteiden taloteknisesti haastavista alueista. Tutkimuksessa mallit on nimetty kohteiksi 1, 2 ja 3. Kohteen 1 virtuaalimalli luotiin kauppakeskuksen ilmanvaihdon konehuoneesta, jossa ilmanvaihtokanavia, ilmanvaihtokoneita ja muuta talotekniikkaa löytyy paljon. Kohteen 2 virtuaalimalli luotiin myös kauppakeskuksen ilmanvaihdon konehuoneesta. Kohteen 3 virtuaalimalli luotiin sairaalan kellarikerroksessa sijaitsevan lämmönjakohuoneen alueesta, jossa sijaitsee taloteknisesti haastava käytävä. Käytävällä on paljon talotekniikkaa, mutta siihen nähden vähän tilaa.

Virtuaalimallin luominen tutkimuksessa tehtiin käyttäen kohteiden saatavilla olevia IFC-tiedostoja, Revit-tietomallinnusohjelmaa ja Revitissä toimivaa Enscape-lisäosaa. Tämä ei ole ainoa tapa luoda virtuaalimalleja. Menetelmä valittiin, koska se on kätevä tapa virtuaalimallien luomiseen ja työpaikan opinnäytetyön ohjaajaltani osasi avustaa prosessissa.

Virtuaalimallin luominen jo mallinnetuista IFC-tiedostoista Revitin ja Enscapen avulla on jonkin verran aikaa vievä prosessi. Tuotaessa IFC-tiedostoja Revitiin täytyy ohjelman prosessoida jokaisesta tiedostosta erikseen RVT-tiedosto sekä luoda ohessa HTML- ja TXT-muotoiset tiedostot, jotka kulkevat projektissa mukana. Tutkimuksessa virtuaalimalleja luodessa tämä tarkoitti ensiksi arkkitehdin mallin tuomista Revitiin projektin pohjalle. Tämän jälkeen tuotiin manuaalisesti jokaisen talotekniikkalajin oma tiedosto projektiin. Kohteesta riippuen tämä tarkoitti noin seitsemän eri tiedoston tuomista Revitiin. Riippuen tiedoston koosta ja tietokoneen tehokkuudesta yhden tiedoston käsitteleminen Revitillä

ohjelman tukemaan muotoon vie minuuteista tunteihin. Tiedostokokoon vaikuttaa esimerkiksi se, onko kohteen talotekniset järjestelmät mallinnettu kerroksittain omiksi tiedostoihin vai suurempina osina.

Kun tiedostot on tuotu projektiin, voidaan mallia tarkastella Revitin puolella kaksi- ja kolmiulotteisena. Jotta mallia voidaan käyttää Enscape-lisäosassa, Revitissä täytyy tehdä mallista kolmiulotteinen näkymä. Enscapea käytettäessä Revitin rinnalle aukeaa toinen ikkuna, jossa mallin sisällä voi liikkua katsoen näkymää tietokoneen näytöltä tai VR-laseilla. Tietokoneen näytöltä katsottaessa mallissa liikkuminen tapahtuu hiiren ja näppäimistön avulla. VR-laseja käytettäessä liikkuminen tapahtuu VR-lasien ohjaimia käyttäen. Revit mahdollistaa erilaisten leikkauksien tekemisen ja kohteen rajaamisen pienemmäksi palaseksi. Tutkimuksessa kohteista rajattiin aiemmin mainitut ilmastoinnin konehuoneet ja lämmönjakohuoneen alue.

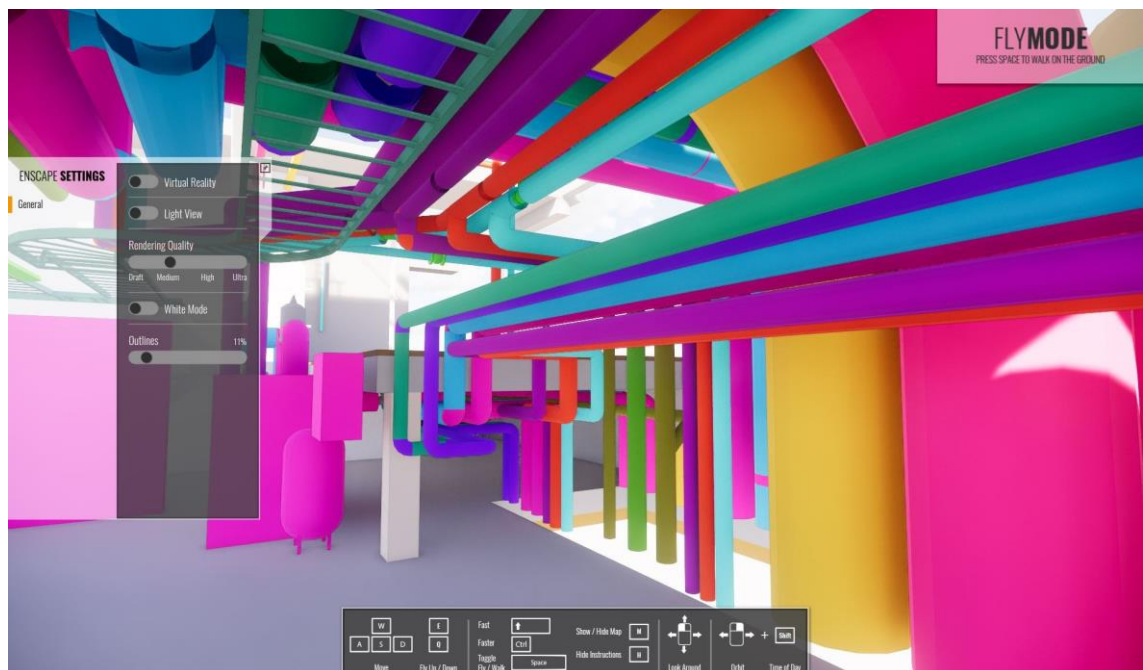
Virtuaalimalleja luodessa haasteeksi muodostui arkkitehdin luoman mallin rakenteiden pintojen väreily. Mallissa liikuttaessa osa rakenteiden pinnoista väreili tehden mallin tarkastelun häiritseväksi. Rakenteiden pintojen väreily johtui tyypillisesti siitä, että rakenteissa oli kaksi pintaa päällekkäin, eikä Enscape osannut päättää, kumpi niistä näytetään. Tässä tilanteessa ohjelma yritti näyttää molemmat niistä samaan aikaan, joten rakenteiden pinnalle syntyi väreilyä. Päällekkäiset rakenteiden pinnat voivat olla esimerkiksi erittäin ohuita rakennekerroksia paksumman kerroksen päällä tai arkkitehdin luomia tilaobjekteja. Ongelmasta päästiin eroon poistamalla ohuet rakennekerrokset ja tilaobjektit Revitissä. Arkkitehtimallia voidaan myös muokata siihen soveltuvalla ohjelmalla, ennen kuin se tuodaan projektiin.

Kun kohde on rajattu halutun kokoiseksi ja arkkitehtimallia on muokattu siten, ettei pintojen väreilyä tapahdu, onnistuu VR-mallin luominen käyttämällä Enscapen "Export"-komentoa. Komento luo alueesta itsenäisesti toimivan EXE-tiedoston, jonka käyttäminen ei vaadi Revitin tai Enscapen asentamista tietokoneeseen. Tiedosto sisältää Enscapen ohjelmiston mallin tarkasteluun. Avatessa tiedoston aukeaa ikkuna, jossa luotua mallia voidaan tarkastella VR-laseilla tai tietokoneen näytöltä. Tiedostossa mallin objekteja ei voi muokata, mutta kuvanlaadun esitystarkkuuden ja värien säätäminen on mahdollista.

2.3.2 Virtuaalimallin käyttäminen tutkimuksessa

Virtuaalimallin käyttäminen ilman kuvaruudun näkymän pätkimistä vaatii tietokoneelta lähes huipputason komponentteja. Tutkimuksessa törmättiin siihen, että yritystason kannettavan tietokoneen teho ei riittänyt virtuaalimallien käyttämiseen sulavasti. Virtuaalimallissa esiintyi kuvaruudun näkymän pätkimistä sekä ruudun hetkittäistä pimenemistä. Tarkasteltaessa mallia VR-laseilla tulisi kuvaruudun päivityksen olla sulavaa, koska tällöin ongelma korostuu häiritsevästi. Käytettäessä virtuaalimallia pelikäyttöön tarkoitetulla komponenttiensa puolesta tehokkaammalla tietokoneella on virtuaalimallin kuvaruudun päivitys sulavaa.

Tutkimuksessa käytettiin VR-laseja Acer Mixed Reality. Näillä VR-laseilla virtuaalimallin tarkastelu vaatii kolmen ohjelman asentamista tietokoneeseen. Virtuaalimallin saa näkymään VR-laseissa asentamalla lasien sisään integroidun Windows Mixed Reality -ohjelman lisäksi Steam, SteamVR sekä Windows Mixed Reality for SteamVR -ohjelmat. Nämä ohjelmat toimivat välikappaleena Enscape'n avulla luodun virtuaalimallin ja VR-lasien välillä. Ohjelmien asentamisen jälkeen virtuaalimallia pääsee käyttämään avaamalla tiedoston ja valitsemalla ikkunasta "Enable Virtual Reality." Kuvassa 1 on esitetty virtuaalimallin näkymä Enscape-ohjelmassa.



Kuva 1. Virtuaalimallin näkymä Enscape-ohjelmassa.

Virtuaalimallissa liikkuminen tapahtuu kahdella ohjaimella. Toisella ohjaimella liikutaan vaakatasossa ja toisella ohjaimella korkeussuunnassa. VR-laseissa on anturit, jotka reagoivat pään liikkeeseen ja mukauttavat virtuaalimallin näkymää päätä kääntäessä. Virtuaalimallissa liikkumiseen voi käyttää myös Teleport-komentoa, jossa ohjaimella osoitetaan jotain näkyvää pintaa ja painetaan näppäintä. Tällöin käyttäjä siirtyy mallissa välittömästi valitun pinnan viereen. Mallissa liikkumisen voi tehdä joko kävely- tai lentotilassa. Kävelytilaa käyttäessä näkökentän korkeus on 1,70 metrin korkeudella, eikä objektien läpi pysty kulkemaan. Lentotilaa käyttäessä liikkumisessa ei ole rajoituksia. Ominaisuuksina Enscapella tehdyssä virtuaalimallissa on kameratoiminto kuvan ottamiseen ja kartta, joka näyttää, missä päin virtuaalimallia liikutaan. Tarkastelua tehtäessä VR-lasien näkymän saa myös samaan aikaan tietokoneen näytölle. Kuvassa 2 on esitetty VR-lasit Acer Mixed Reality, ohjaimet ja tutkimuksessa käytetty kannettava tietokone.



Kuva 2. Tutkimuksessa käytetyt VR-lasit Acer Mixed Reality, ohjaimet ja kannettava tietokone työmaaympäristössä.

3 Ohjelmat ja laitteet

3.1 MagiCAD & MagiCAD for Revit

MagiCAD on suomalaisen Progman Oy:n lisäosa Autodeskin AutoCAD ja Revit tietomallinnusohjelmiin. MagiCAD tuo AutoCADIin ja Revitiin lisäominaisuuksia talotekniseen suunnitteluun pyrkien tekemään suunnittelusta helpompaa. MagiCAD on käytössä yli 70 maassa ja 3 800 yrityksessä. Ohjelmaan on saatavilla yli miljoona laitevalmistajien tarkastamaa BIM (Building Information Model, Rakennuksen tietomalli) -objektia suunnittelua varten. [6]

3.2 Revit

Revit on Autodeskin tietomallinnusohjelma arkkitehti-, rakenne- ja talotekniikkasuunnitteluun. Ohjelma soveltuu taloteknisen suunnittelun tekemiseen alusta loppuun ilman tarvittavia lisäosia. Revitissä on mahdollista hyödyntää kaikkia rakennukseen liittyviä tietomalleja, kuten rakenne- ja arkkitehtimalleja, taloteknisen suunnittelun apuna. [7]

3.3 Enscape

Enscape on lisäosa, joka toimii Autodeskin Revit-tietomallinnusohjelmassa. Enscapella voidaan tehdä mallinnetun kohteen visuaalista tarkastelua näytöltä tai VR-laseilla suunnittelun aikana, sekä luoda kohteesta itsenäisesti toimiva virtuaalimalli. Ohjelma tukee myös ArchiCAD-tietomallinnusohjelmaa sekä 3D-mallinnusohjelmia SketchUp ja Rhino. [8]

3.4 VR-lasit Acer Mixed Reality

VR-lasit Acer Mixed Reality ovat Microsoftin Windows-pohjainen versio VR-laseista. Laseissa on kaksi 1440x1440-resoluutioista 2,89 tuuman näyttöä, yksi kummallekin silmälle. Lasien kiinnitys tietokoneeseen tapahtuu 4 metrin pituisilla USB 3.0- ja HDMI 2.0 -kaapeleilla. Näkökenttä lasien kanssa on 105 astetta vaakatasossa ja laseihin on mahdollista kiinnittää kuulokemikrofoni 3,5 mm:n liitännällä. Työskennellessä lasit voidaan

nostaa yläasentoon, kun halutaan katsoa reaaliaikaisen ympäristön. Mukana tulee molemmille käsille ohjain liikkumista ja muita toimintoja varten. Tutkimushetkellä paketin hinta on noin 400 €. [9]

3.5 Tutkimuksessa käytetyt tietokoneet

Tutkimuksessa virtuaalimallin käyttöä kokeiltiin kahdella kannettavalla tietokoneella. Ensimmäinen on yritystason kannettava tietokone ja toinen ensisijaisesti pelikäyttöön tarkoitettu, paremmilla komponenteilla varusteltu kannettava tietokone. Yritystason kannettavan tietokoneen tehot eivät riittäneet virtuaalimallien käyttämiseen, joten työmaalla suoritetuissa tapaustutkimuksissa käytettiin pelikäyttöön tarkoitettua kannettavaa tietokonetta. Tietokoneiden keskeiset komponentit, eli näytönohjain, prosessori ja muisti on esitelty vertailun vuoksi. Kuvissa 3 ja 4 on esitetty tutkimuksessa käytettyjen kannettavien tietokoneiden näytönohjaimien ja prosessoreiden suorituskyky kaavioina australialaisen PassMark® Software -sivuston tietokoneen komponenttien vertailuun tarkoitetuilla ohjelmilla.

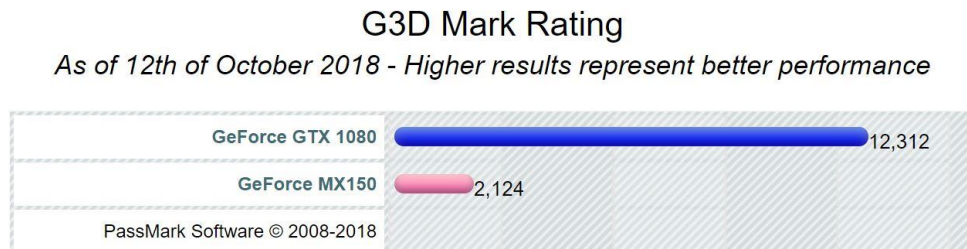
Yritystason kannettava tietokone

Näytönohjain: NVIDIA GeForce MX150, Prosessori: Intel® Core™ i7-8550U CPU @ 1.80 GHz, Muisti (RAM): 32 GB

Pelikäyttöön tarkoitettu kannettava tietokone

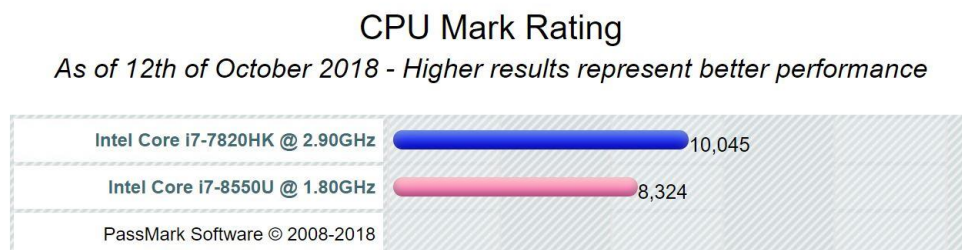
Näytönohjain: GeForce GTX 1080, Prosessori: Intel® Core™ i7-7820HK CPU @ 2.90 GHz, Muisti (RAM): 64 GB

Kuvassa 3 havainnollistetaan pelikäyttöön tarkoitetun kannettavan tietokoneen ja yritystason kannettavan tietokoneen näytönohjaimien eroa. Pelikäyttöön tarkoitetun tietokoneen GeForce GTX 1080 -näytönohjaimen suorituskyky on moninkertainen verrattuna yrityskäyttöön tarkoitetun kannettavan tietokoneen GeForce MX 150 -näytönohjaimeen.



Kuva 3. Näytönohjaimien vertailu. Suurempi lukuarvo kuvaa parempaa suorituskykyä. [10]

Kuvassa 4 havainnollistetaan pelikäyttöön tarkoitetun kannettavan tietokoneen ja yritystason kannettavan tietokoneen prosessorien eroa. Pelikäyttöön tarkoitetun kannettavan tietokoneen Intel® Core™ i7-7820HK CPU @ 2.90 GHz -prosessori on hieman parempi kuin yritystason kannettavan tietokoneen Intel® Core™ i7-8550U CPU @ 1.80 GHz -prosessori.



Kuva 4. Prosessorien vertailu. Suurempi lukuarvo kuvaa parempaa suorituskykyä. [11]

4 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää voisiko virtuaalimalleja hyödyntää taloteknisen rakentamisen apuna työmaaympäristössä. Tutkimukseen kuului kaksi toisistaan erillistä osaa. Tutkimuksen ensimmäisessä osassa selvitettiin VR-mallien aiheuttamia reaktioita ja kommentteja työmaaympäristössä. Tutkimuksen ensimmäinen osa suoritettiin tapaus-tutkimuksena ja lomakehaastatteluina. Lomakehaastattelu toteutettiin paperisena kyselylomakkeena. Tutkimuksen toisessa osassa haastateltiin rakentamisen urakointiyritysten talotekniikan ja tietomallien asiantuntijoita. Tutkimuksen toisen osan haastattelut suoritettiin teemahaastatteluina.

Tapaustutkimus on tutkimusstrategia, jossa on tarkoitus tutkia syvällisesti yhdestä kolmeen kohdetta. Menetelmässä pyritään tuottamaan tapauksesta yksityiskohtaista tietoa, eikä sillä pyritä yleistettävyyteen. Tutkimusstrategiana tapaustutkimus ei ole tarkasti määritelty ja sitä voidaan analysoida usealla eri menetelmällä. [12]

Lomakehaastattelu on haastattelun tapa, jossa kysymysten muoto ja esittämisjärjestys on etukäteen täysin määritelty. Menetelmässä haastateltavan joukon on hyvä olla sellainen, että kysymysten merkitys on sama kaikille. Lomakehaastattelun etuna on helppo ja nopea toteuttaminen. Se sopii parhaiten, kun haastattelusta saatu aineisto halutaan määritellä selvästi. [13, s. 45–46.]

Teemahaastattelu on haastattelun tapa, joka sijoittuu lomakehaastattelun ja strukturoimattoman haastattelun väliin. Sitä voidaan kutsua puolistrukturoiduksi haastatteluksi. Teemahaastattelulle on ominaista, että kysymyksillä ei ole tarkkaa muotoa eikä järjestystä, mutta haastattelun aihepiirit ovat kuitenkin kaikille haastateltaville samat. [13, s. 47–48.]

5 Tutkimus ja tutkimustulokset

5.1 Tutkimus

Tutkimuksen tulokset koostuvat kolmesta tapaustutkimuksesta ja viidestä asiantuntija-haastattelusta. Tapaustutkimusten ja haastatteluiden kulku on käyty läpi seuraavissa alajaksoissa. Molempien tutkimuksen osioiden perässä on alajakso, jossa saatuja tuloksia analysoidaan.

5.2 Tapaustutkimukset

Tapaustutkimuksissa tarkasteltiin virtuaalimallien vastaanottoa työmaalla. Tutkimuksen ensisijaisena tavoitteena oli tutkia, miten virtuaalimalli koetaan talotekniikan asentaja- ja työnjohtotasolla, mutta tutkimukseen osallistui myös muun työnkuvan omaavia henkilöitä. Tutkimukseen saatiin kolme eri työmaata kolmelta suurelta urakointiyritykseltä, joista jokaiselle luotiin erillinen virtuaalimalli. Työmailla järjestettiin tilaisuus, jossa työmaan henkilökunta pääsi tarkastelemaan mallia VR-laseilla ja tämän jälkeen täyttämään paperisen kyselylomakkeen. Kyselylomake oli muodoltaan pelkistetty ja nopea täyttää. Sillä kartoitettiin tutkimukseen osallistujan työnkuvaa, työkokemusta ja vastausta seuraaviin kysymyksiin:

- Oletko tarkastellut yhdistelmämallia työsi apuna työmaalla?
- Miten haastavaksi koit VR-mallin käytön, kuten mallissa liikkumisen ja tekniikan tarkastelun? (1 = todella vaikeaa, 5 = todella helppoa)
- Koetko, että VR-mallista olisi apua työssäsi?
- Minkä verran uskoisit käyttäväsi VR-mallia, mikäli se olisi jatkuvasti käytettävissä?
- Tulisiko VR-mallissa mielestäsi olla joku siitä puuttuva ominaisuus, mikä?
- Ajatuksia?

Tilaisuuksiin toimitettu kyselylomake on esitetty liitteessä 1.

5.2.1 Tapaustutkimus, kohde 1

Ensimmäinen tapaustutkimus suoritettiin kohteessa 1, jota varten oli tehty virtuaalimalli kohteen yhdestä ilmanvaihdon konehuoneesta. Virtuaalimalliin oli tuotu kaikki kohteen alueella sijaitseva talotekniikka. Tilaisuuden alussa esittelin VR-laitteiden käytön, minkä jälkeen mallia pääsi kokeilemaan vapaasti. Ohjeistin ohjaimien painikkeiden eri komen-toja ja virtuaalimallissa liikkumista samalla, kun osallistujat kokeilivat vuorotellen mallia. VR-mallin kokeilemisen jälkeen jokainen osallistuja täytti paperisen kyselylomakkeen. Tilaisuus kesti noin tunnin.

Tutkimukseen osallistui 4 henkilöä, jotka työskentelivät LV-projektipäällikkönä, työnjoh-tajana, projektinhoitajan sekä tietomallikoordinaattorina. Osallistujista 100 % on kysely-lomakkeen mukaan aiempaa kokemusta yhdistelmämallien tarkastelusta työn apuna työmaalla.

Virtuaalimallin käyttö vaati hetken tutustumista, mutta muuttui nopeasti sujuvaksi. Osal-listujista 25 % arvioi käytön haastavuutta asteikon arvolla 3, 50 % asteikon arvolla 4 ja 25 % asteikon arvolla 5. Tutkimuksen aikana käytiin keskustelua, josta 34 vuoden työ-kokemuksen omaava LV-projektipäällikkö summasi asian sanomalla, että tunnin harjoit-telulla mallissa liikkuminen olisi hallussa.

Kyselylomakkeen kysymykseen ”Koetko, että VR-mallista olisi apua työssäsi?” osallis-tujista 100 % vastasi myöntävästi. Jatkokysymykseen ”Minkä verran arvioisit käyttäväsi VR-mallia, mikäli se olisi jatkuvasti käytössä?” osallistujista 50 % arvioi käytön olevan päivittäistä ja 50 % arvioi käytön olevan viikoittaista.

Kyselylomakkeen kysymykseen ”Pitäisikö virtuaalimallissa olla joku siitä puuttuva omi-naisuus, mikä?” vastauksia saatiin 75 % osallistujista. Jokainen kysymykseen vastan-neista toivoi informaatiota taloteknisistä järjestelmistä. Vastauksissa oli eritelty mittatie-toja, putkikokoja, laitetietoja ja tietoa materiaaleista. Lisäksi yksittäisenä toiveena oli mit-taustyökalu ja painike, jolla voisi palata tiettyyn sijaintiin virtuaalimallissa. Laitteiden ko-keilun aikana tuli myös ilmi yksittäisen henkilön toive saada putken kulmakappaletta osoittaessa tarvittavien osien tiedot.

Tilaisuuteen osallistuneiden keskuudessa yleinen tunnelma oli vastaanottavainen, ja VR-mallit nähtiin työkaluna, jossa on potentiaalia. Kyselylomakkeen viimeiseen avoimesti vastattavaan kohtaan ”Ajatuksia?” saatiin vastaus 75 %:lta osallistujista. Vastaukset olivat ”voisi ottaa käyttöön”, ”mielenkiinnolla odotan kun VR-teknologia kehittyy” ja ”hyvältä vaikuttaa.” Tilaisuuden aikana yhtenä keskustelun aiheena oli VR-lasien hinta, jonka luultiin olevan korkeampi, kuin se todellisuudessa on. Reaktio oli positiivisesti yllättynyt, kun työpaikan insinööriyön ohjaajani mainitsi tutkimuksessa käytettyjen VR-lasien hinnan viimeisimmän löytämänsä tarjouksen mukaan.

5.2.2 Tapaustutkimus, kohde 2

Toinen tapaustutkimus suoritettiin kohteessa 2. Kohteessa käytetty virtuaalimalli oli niin kutsuttu ”yleinen IV-konehuonemalli”, joka ei liittynyt kohteen työmaahan mitenkään. Tämä virtuaalimalli tehtiin, koska ilmanvaihdon konehuone on täynnä näkyvää talotekniikkaa eikä kohteen omaa mallia voitu käyttää. Tilaisuuden kulku oli muuten varsin samanlainen kuin kohteessa 1, mutta tutkimukseen osallistuneet henkilöt saapuivat paikalle porrastetusti. Jokainen osallistuja täytti kokeilun päätteeksi paperisen kyselylomakkeen. Tilaisuus kesti noin tunnin.

Tilaisuuteen saatiin paikalle paljon työmaan henkilökuntaa, ja tutkimukseen osallistui yhteensä 10 henkilöä. Tutkimukseen osallistuneet henkilöt toimivat sähköasentajana, talotekniikan työnjohtajana, työmaainsinöörinä, 2 osallistujaa rakennepuolen työnjohtajana, 2 osallistujaa rakennepuolen työnjohtoharjoittelijana ja 3 osallistujaa putkiasentajana. Osallistujista 100 % vastasi kyselylomakkeeseen omaavansa aiempaa kokemusta yhdistelmämallien tarkastelusta työn apuna työmaalla.

Virtuaalimallissa liikkuminen sujui osallistujasta riippuen vaihtelevasti. Tähän vaikutti muun muassa se, kuinka pitkän aikaa osallistuja kokeili VR-mallia. Kyselylomakkeeseen osallistujista 70 % arvioi käytön haasteellisuutta asteikon arvolla 4 ja 30 % asteikon arvolla 5. Tilaisuuden aikana 31 vuoden työkokemuksen omaava putkiasentaja mainitsi vähän aikaa laitteita kokeiltuaan, että käytön oppisi nopeasti.

Kyselylomakkeen kysymykseen ”Koetko, että VR-mallista olisi apua työssäsi?” osallistujista 100 % vastasi myöntävästi. Laitteiden kokeilun aikaisissa keskusteluissa ilmi tulleet kommentit oli muun muassa edellä mainitun putkiasentajan kommentti siitä, että

VR-mallista olisi varmasti hyötyä työn apuna, koska käyttö on helpompaa ja hahmottaminen parempaa kuin tietokoneelta katsoessa. Osallistujista 10 % arvioi, että käyttäisi VR-mallia päivittäin ja 90 % viikoittain, mikäli laitteet olisivat jatkuvasti käytettävissä.

VR-mallin ominaisuudet herättivät tilaisuudessa keskustelua. Kyselylomakkeen kohtaan VR-mallissa toivottavista ominaisuuksista vastasi 50 % osallistujista. Loput 50 % osallistujista jätti kohdan täyttämättä. Toivottuja ominaisuuksia olivat ”informaation poiminta mallissa olevista objekteista”, ”materiaalien tunnistaminen”, ”tarkempi näkyvyys” ja ”mittaustyökalu.” Jokainen kyselylomakkeen kohtaan vastannut toivoi jossain muodossa attribuuttitietojen saamista objekteista. Keskusteluissa ilmi tulleita kysymyksiä olivat ”voiko tässä merkata putkia?” ja ”näkeekö tästä, mikä putki on mikäkin?”. Keskustelun aiheena olivat erikseen myös putkien korot, jotka olisi hyvä saada näkyviin.

Tilaisuuteen osallistuneet henkilöt kokivat VR-mallin hyödyllisenä työkaluna ja osa innostui enemmänkin. Kyselylomakkeen viimeiseen kohtaan ”Ajatuksia?” saatiin vastaukseksi ”OK!”, ”Ihan potentiaalisen tuntuinen apuväline tate-asennuksiin. Helpottaa tilan hahmottamista.”, ”Vaikuttaa mielenkiintoiselta” ja ”Erittäin hyödyllinen työkalu”.

5.2.3 Tapaustutkimus, kohde 3

Kolmas tapaustutkimus suoritettiin kohteessa 3, jota varten oli luotu virtuaalimalli kyseisen kohteen kellarikerroksen lämmönjakohuoneen ympäristöstä. Lämmönjakohuoneen ympäristössä on käytävä, jossa kulkee paljon talotekniikkaa mutta tilaa on siihen nähden vähän. Tilaisuuden kulku oli varsin samanlainen kuin kohteessa 2. Osallistujat saapuivat tilaisuuteen porrastetusti ja ohjeistin jokaiselle osallistujille VR-laitteiden käytön erikseen. Kävin mahdollisuuksien mukaan keskustelua samalla, kun VR-mallia kokeiltiin. Osallistujista osa tarkkaili mallia pidemmän aikaa, ja osalle riitti nopeampi kokeilu. Jokainen osallistuja täytti laitteiden kokeilun jälkeen paperisen kyselylomakkeen. Tilaisuus kesti noin tunnin.

Tutkimukseen saatiin 10 osallistujaa. Tutkimukseen osallistuneet henkilöt toimivat IV-projektipäällikkönä, LV-projektinhoitajana, LVI-valvojana, LVI-asiantuntijana, automaatiourakoitsijana, IV-asentajana, putkieristäjänä, sähköasentajana ja 2 osallistujaa työmaainsinöörinä. Tutkimukseen osallistuneista 80 % vastasi tarkastelleensa yhdistelmämallia aikaisemmin työnsä apuna työmaalla ja 20 %, ettei ole tarkastellut yhdistelmämallia aikaisemmin työn apuna työmaalla.

Virtuaalimallin käyttö osallistujilla oli pääsääntöisesti sujuvaa. Osa hahmotti käytön nopeasti, mutta osalle liikkuminen tuotti hieman haasteita. Kyselylomakkeeseen osallistujista 20 % arvioi käytön haasteellisuutta asteikon arvolla 3, 30 % asteikon arvolla 4 ja 50 % asteikon arvolla 5.

Kyselylomakkeen kohtaan ”Koetko, että VR-mallista olisi apua työssäsi?” osallistujista 60 % vastasi myöntävästi ja 40 % vastasi ”en osaa sanoa”. Myöntävästi vastanneista 16,7 % arvioisi VR-mallin käytön olevan päivittäistä, 50 % viikoittaista ja 33,3 % kuukausittaista.

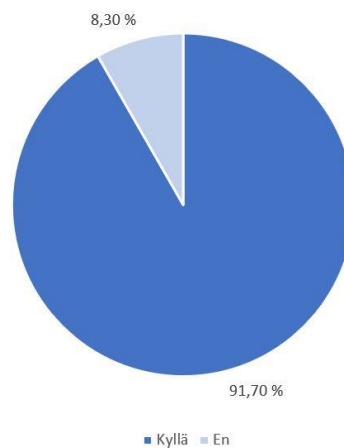
Virtuaalimallin ominaisuudet herättivät keskustelua mallin kokeilun aikana. Yksi osallistuja kysyi, saisiko putkista jotain tietoa ja onko mahdollista nähdä korkoja. Toiselta osallistujalta tuli ehdotus siitä, että korkomaailma voisi näkyä ruudukkona virtuaalimallissa siten, että vaakaviivoittain olisi merkattu korko esimerkiksi 20 senttimetrin välein, jolloin olisi helpompi hahmottaa missä korossa liikkuu. Eräs osallistuja kysyi, olisiko virtuaalimallissa mahdollisuus pitää palaveri suunnittelijan ja urakoitsijan kesken siten, että molemmat ovat samaa aikaa mallissa ja näkevät toistensa hahmot. Kyselylomakkeen kohtaan ”Tulisiko VR-mallissa mielestäsi olla joku siitä puuttuva ominaisuus, mikä?” saatiin osallistujista 30 %:lta vastaukseksi korkotietojen mittaaminen tai näkyminen. Osallistujista 10 % toivoi, että lasissa olisi parempi kuvanlaatu. Osallistujista 60 % jätti kyselylomakkeen kohdan täyttämättä.

Tilaisuudessa VR-malli jakoi mielipiteitä laidasta laitaan. Osa innostui mallista, osa ei kommentoinut suuremmin ja yksi osallistuja koki VR-lasien käytön vastenmielisenä, koska se aiheutti särkyä silmissä ja tunnetta tasapainon menettämisestä. Asentajatasolla yhdellä osallistujalla huomio kiinnittyi mallissa oleviin epäkohtiin, kuten sähköhyllyyn, joka oli väärässä korossa ja täten leikkasi toista objektia. Usea osallistuja tunnisti virtuaalimalliksi tehdyn alueen nopeasti. Kyselylomakkeen kohtaan ”Ajatuksia?” saatiin vastaukseksi ”Hyvä.”, ”Hyvä systeemi.”, ”Hyvä uudenlainen tapa tarkastella tietomalleja. Tulevaisuudessa varmasti paljon käyttömahdollisuuksia.”, ”Mielenkiintoista, pää menee vähän sekaisin. Hahmottaa paremmin miltä oikeasti näyttää valmis tuote ja dimensiot.” ja ”Äkkiseltään tosi hieno! Tän patkän perusteella en tosin keksi, miten työssäni hyödyntäisin, mutta kiva oli!”.

5.2.4 Analyysi

Tapaustutkimukseen osallistui yhteensä 24 henkilöä kolmelta eri työmaalta. Tutkimukseen osallistuneiden jakauma oli työnkuvaltaan varsin kattava. Mukaan saatiin talotekniikan asentajia, talotekniikan ja rakennepuolen työnjohtoa, työmaainsinööriä, talotekniikan projektipäälliköitä, LVI-valvoja, LVI-asiantuntija, tietomallikoordinaattori ja putkieristäjä. Osallistujista 91,7 % on aiempaa kokemusta yhdistelmämallien tarkastelusta työmaalla työn apuna. Lomakehaastattelun ensimmäisen kysymyksen vastaukset on esitetty kaaviossa 1.

Oletko tarkastellut yhdistelmämallia työsi apuna työmaalla?



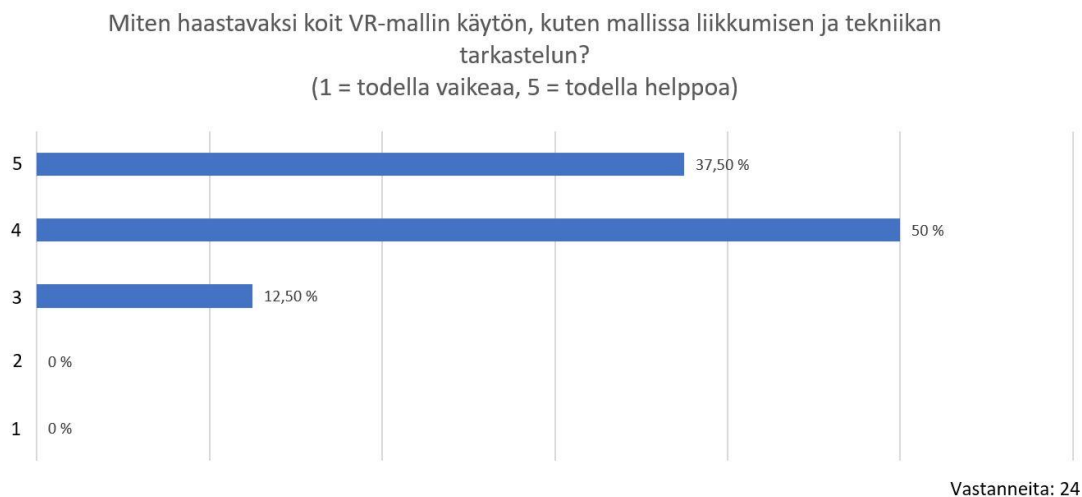
Vastanneita: 24

Kaavio 1. Osallistujien vastaukset lomakehaastattelun kysymykseen yhdistelmämallin hyödyntämisestä työmaalla.

Kolmella eri työmaalla suoritettujen työmaakäynnin erot erosivat toisistaan osallistujien työnkuvan, osallistujien määrän ja tilaisuudessa käytetyn virtuaalimallin osalta. Kahdella työmaalla VR-mallin kokeiluun käytettiin työmaan omaa mallia ja yhdellä työmaalla kohteeseen liittymätöntä mallia. Tällä ei tuntunut olevan merkittävää vaikutusta siihen, miten kiinnostuneesti malli otettiin vastaan työmaalla. Ainoa huomattava ero oli siinä, että tutusta työmaasta tehtyä mallia tarkastellessa osa tutkimukseen osallistuvista henkilöistä tunnisti paikan nopeasti. Kuitenkin kohteessa 2 vastaanotto virtuaalimallille oli yhtä kiinnostunut kuin kohteissa 1 ja 3, vaikka mallinnettu kohde ei ollutkaan tuttu.

Virtuaalimalli herätti kiinnostusta jokaisessa tapauksessa, ja varsinkin asentajatason positiivinen vastaanotto oli yllättävää. Pidin ennako-oletuksena ennen tutkimuksen suoritusta, että pitkän työuransa lähinnä vain paperisia suunnitelmia tarkastelleet talotekniikan asentajat eivät olisi välttämättä kovin vastaanottavaisia VR-malleille, mutta reaktiot olivat osittain neutraaleja ja osittain innostuneita. Myös työnjohdossa ja muista johtotehtävissä olevilla oli innostuneita reaktioita. Innostuneissa reaktioissa malli koettiin havainnollistavaksi ja helpoksi käyttää. Tutkimukseen osallistuneista yksi henkilö mainitsi mallin tarkastelun olevan epämiellyttävää VR-lasit päässä.

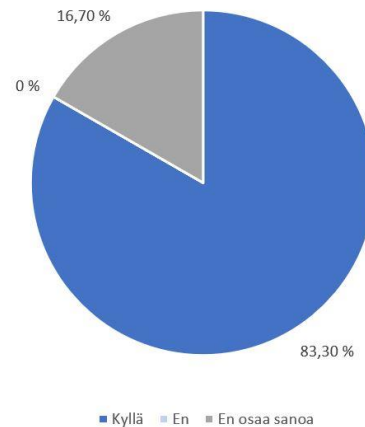
VR-mallin kokeiluun osallistuneiden ikäjakauma oli suuri, mutta riippumatta iästä tai työnkuvasta kukaan osallistuja ei kokenut mallin käyttöä haastavaksi. Osallistujista 12,5 % arvioi virtuaalimallin käytön haasteellisuutta asteikon arvolla 3, 50 % asteikon arvolla 4 ja 37,5 % asteikon arvolla 5. Tilaisuuksissa VR-mallia pääsi käyttämään vain jotain minuutteja, joten osa tutkimuksen osallistujista mainitsi, että käytön omaksuisi nopeasti, kunhan mallia pääsisi käyttämään pidemmän aikaa. Lomakehaastattelun toisen kysymyksen vastaukset on esitetty kaaviossa 2.



Kaavio 2. Osallistujien vastaukset lomakehaastattelun kysymykseen mallissa liikkumisen haastavuudesta.

Tutkimukseen osallistuneista 83,3 % vastasi kyselylomakkeeseen, että VR-mallista olisi apua omassa työssä. Osallistuneista 16,7 % vastasi, ettei tiedä olisiko VR-mallista apua omassa työssä. Lomakehaastattelun kolmannen kysymyksen vastaukset on esitetty kaaviossa 3.

Koetko, että VR-mallista olisi apua työssäsi?

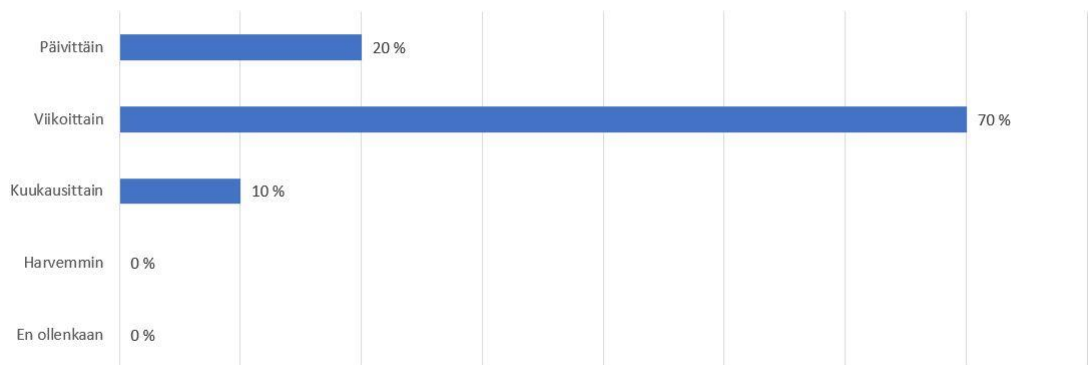


Vastanneita: 24

Kaavio 3. Osallistujien vastaukset lomakehaastattelun kysymykseen VR-mallin hyödyntämisestä vastaajan omassa työtehtävässä.

Tutkimuksen osallistujista, jotka arvioivat, että mallista olisi apua omassa työssä, 20 % arvioi, että käyttäisi mallia päivittäin, 70 % viikoittain ja 10 % kuukausittain. Tämä kertoo siitä, että virtuaalimalli koetaan suurimmaksi osaksi työkaluna, jota haluttaisiin käyttää. Lomakehaastattelun neljännen kysymyksen vastaukset on esitetty kaaviossa 4.

Minkä verran uskoisit käyttäväsi VR-mallia, mikäli se olisi jatkuvasti käytettävissä?



Vastanneita: 20

Kaavio 4. Osallistuneiden vastaukset lomakehaastattelun kysymykseen siitä, kuinka paljon VR-mallille arvioidaan käyttöä.

Ominaisuuksista selvästi toivotuimpana olivat korkotiedot, objektien attribuuttitiedot ja etäisyyksien mittaust. Tutkimukseen osallistuneista 45,8 % toivoi yhtä tai useampaa näistä ominaisuuksista. Lisäksi 8,3 % toivoi parempaa kuvanlaatua, 4,2 % mahdollisuutta merkata putkia ja 4,2 % ominaisuutta, jolla putken kulmaa osoittaessa selviäisivät tarvittavat osat. Osallistujista 50 % jätti vastaamatta kyselylomakkeen kohtaan.

5.3 Haastattelututkimukset

Tutkimukseen haastateltiin yhteensä viittä eri henkilöä kolmesta suuresta urakointiyrityksestä. Haastateltavista kolme työskentelee tietomallien parissa ja kaksi talotekniikkapuolen johtotehtävissä. Haastattelut olivat pituudeltaan noin puolen tunnin mittaisia. Haastattelut suoritettiin pääosin keskustellen, mutta niissä esitettiin myös tarkkoja kysymyksiä, jotta saatiin näkökulmia tutkimuksen keskeisiin aiheisiin.

Haastateltavat toimivat erilaisissa työtehtävissä, joten kysymyksissä oli hiukan eroja. Merkittävämpänä erona oli se, että tietomallien parissa työskenteleviltä asiantuntijoilta haettiin näkökulmaa siihen, kuinka suuressa määrin VR-malleja voitaisiin hyödyntää tietomallinnuksen näkökulmasta, kun taas talotekniikan asiantuntijoilta pyrittiin saamaan näkökulmaa siihen, kuinka VR-mallit toimisivat työmaalla. Lopulta haastattelut kuitenkin etenivät keskustelun mukaan, eikä niitä ole tarpeellista kategorisoida sen suuremmin. Haastateltavilla on pitkä työkokemus alalta monissa eri työtehtävissä, joten haastatteluilla saatiin laaja-alaista näkökulmaa aiheeseen.

Haastatteluiden keskeisimpänä aiheena oli se, miten virtuaalimallit nähdään työmaalla taloteknisen rakentamisen apuna. Muut kysymykset liittyivät tähän aiheeseen: Missä työvaiheissa tai työmaan paikoissa käyttöä nähtäisiin, mitä etuja ja haasteita nähdään, millaisena työkaluna virtuaalimalli nähdään, miten monessa kohteessa virtuaalimallia voitaisiin käyttää ja mitä ominaisuuksia virtuaalimallissa tulisi olla?

5.3.1 Haastattelu 1

Haastattelin suuren urakointiyrityksen talotekniikan projektipäällikköä, jolla on yhteensä 5 vuoden työkokemus rakennusosalta. Työkokemuksesta osa on työnjohtajana ja osa putkiasentajana. Virtuaalimallit ovat haastateltavalle ennestään tuttuja. Haastattelu kesti noin 30 minuuttia, ja sen aikana keskustelimme virtuaali- ja yhdistelmämallien käytöstä urakointipuolella. Nauhoitin keskustelun käyttäen puhelimeni äänentallennusominaisuutta. Poimin äänitteestä tutkimukseen kohdat, jotka käsittelevät tutkimuksen aihetta.

Kysyttäessä yleisestä mielipidettä VR-malleista haastateltava näkee niissä potentiaalia ja mainitsee katselukokemuksen olevan aivan erilainen kuin näytöltä katsottaessa. Suurimman potentiaalin haastateltava näkee rakennuksen loppukäyttäjän kannalta. Keskustelussa haastateltavan suhtautuminen VR-laitteiden hyödyntämiseen työmaalla on neutraali – ei puolesta eikä vastaan. Haastateltava on sitä mieltä, että laitteita pitäisi kokeilla työmaakäytössä, jotta nähtäisiin, mitä hyötyjä se tuo. Haastateltava nosti keskustelussa esille, että pitäisi miettiä, tuoko VR-malli lisäarvoa verrattuna tietokoneelta suoritettavaan yhdistelmämallin tarkasteluun. Kiinnostusta kokeiluun olisi, mikäli se ei tuota merkittävästi lisäkuluja.

Haastateltava näkee virtuaalimallien etuna sen, että tilan havainnollistaa paremmin ja käyttö on käteväämpää kuin tietokoneella. Positiivisena asiana haastateltava näkee, että virtuaalimallien avulla asentajatasolla voitaisiin nähdä kokonaiskuva paremmin. Mahdollisina haasteina haastateltava mainitsee asentajataso vastanoton VR-laitteille.

Mietittäessä työvaiheita ja työmaan paikkoja, joissa VR-mallista voisi olla hyötyä, haastateltava mainitsee itselleluovutuksen ja asennustapatarkistuksen. Haastateltava mainitsee, että virtuaalimallien avulla talotekniikan asentajat voisivat nähdä halutun lopputuloksen ja miettiä asennusjärjestyksiä, mikä voisi nopeuttaa työmaata aikataulullisesti. Kysyttäessä paikkoja, joissa VR-mallin tarkastelusta voisi olla hyötyä, haastateltava mainitsee konehuoneet ja teknisesti haastavat paikat työmaalla.

Kysyttäessä VR-malliin toivottuista ominaisuuksista haastateltava mainitsee, että leikkauksien tekeminen ja objektien piilottaminen olisi kätevää. Tietosisällöstä hyödyllisenä nähdään kanavan ja päätelaitteen ilmavirta, josta olisi hyötyä laitteiden säätöjä tehdessä.

5.3.2 Haastattelu 2

Haastattelin suuren urakointiyrityksen talotekniikkapäällikköä, jolla on yhteensä 19 vuoden laaja kokemus rakennusosalta. Virtuaalimallit ovat haastateltavalle ennestään tuttuja, ja käyttökokemusta laitteista on kertynyt muutama kerta. Haastattelu kesti noin 20 minuuttia, ja sen aikana keskustelimme virtuaali- ja yhdistelmämallien käytöstä urakointipuolella. Nauhoitin keskustelun käyttäen puhelimeni äänentallennusominaisuutta. Poimin äänitteestä tutkimukseen kohdat, jotka käsittelevät tutkimuksen aihetta.

Kysyttäessä näkemystä siihen, olisiko VR-laitteiden tuomisessa hyötyä työmaalle, haastateltava vastaa, että hyötyjä olisi varmasti monella tasolla työnjohdolle, asentajatason nokkamiehille sekä jonain päivänä myös asentajalle. Ensimmäisenä askeleena haastateltava mainitsee, että laitteet tulisivat projektinhoitajan käyttöön. Kysyttäessä korvaisiko VR-malli perinteisen tietokoneella tehtävän mallien tarkastelun, haastateltava vastaa sen olevan yksi työkalu tietokoneen lisäksi.

Kysyttäessä VR-mallien ja laitteiden hyötyjä ja haasteita haastateltava mainitsee hyötynä käytön helppouden. Hyötyä nähdään myös siinä, että asentajatasolla olisi näkemys kaikkien suunnittelualojen tekniikasta, mikä auttaisi asennustöitä tehdessä. Haasteina haastateltava näkee laitteiden kestävyys- ja työmaakäytössä ja epäkäytännöllisyyden siinä, että VR-mallit vaativat lasien lisäksi kannettavan tietokoneen johtoineen, mikä rajoittaa käytettävyyttä.

Keskusteltaessa siitä, missä vaiheissa ja työmaan paikoissa VR-mallista olisi hyötyä, haastateltava sanoo näkevänsä potentiaalia työmaan kaikissa vaiheissa. Haastateltava mainitsee erikseen, että myös työmaan loppuvaiheessa voitaisiin tarkastaa, miten malli ja todellisuus täsmäävät keskenään. Haastateltava mainitsee, että VR-mallia voitaisiin hyödyntää teknisten tilojen haastavissa asennuksissa, alakattojen yläpuolisissa asennuksissa ja näkyvissä asennuksissa.

Mietittäessä ominaisuuksia ja tietosisältöä, joka hyödyttäisi VR-mallissa, haastateltava sanoo, että tietosisältönä saisivat olla kaikki attribuutit, jotka objektissa on. Olennaisena ominaisuutena haastateltava mainitsee korko- ja kokodimensiotietojen näkemisen.

5.3.3 Haastattelu 3

Haastattelin suuren urakointiyrityksen tietomallinnuspäällikköä. Virtuaalimallit ovat haastateltavalle ennestään tuttuja. Haastattelu kesti noin 30 minuuttia, ja sen aikana keskustelimme virtuaali- ja yhdistelmämallien käytöstä urakointipuolella. Nauhoitin keskustelun käyttäen puhelimeni äänentallennusominaisuutta. Poimin äänitteestä tutkimukseen kohdat, jotka käsittelevät tutkimuksen aihetta.

Kysyttäessä haastateltavalta mielipidettä VR-mallien viemisestä työmaalle haastateltava uskoo siitä olevan hyötyä. Hän mainitsee, että käyttöä voisi olla työnjohtajilla asennusjärjen tarkastuksessa, eli siinä, onko aliurakoitsijoiden asennustyö tehty suunnitelmien mukaan. Haastateltava näkee hyötyä myös siinä, että asentajat voisivat tarkastella mallia asennusjärjestystä suunnitellessa. Tähän ei käytetä tällä hetkellä aktiivisesti mitään muuta laitetta, kuten kannettavaa tietokonetta tai tablettia.

Virtuaalimallien etuna haastateltava näkee mallin tarkastelun helppouden. Virtuaalimallien haasteena haastateltava näkee mallien ajantasaisuuden, oikeellisuuden ja sen, ettei omaa talotekniikan asentajaporukkaa löydy, vaan aliurakoitsijat pitäisi saada ottamaan virtuaalimalli käyttöön.

Käyttökohteina haastateltava mainitsee ilmastoinnin konehuoneet, kellaritilat, käytävät ja muut tilat, jossa talotekniikkaa on reilusti. Kysyttäessä, missä rakennuskohteissa virtuaalimallia voitaisiin hyödyntää, haastateltava mainitsee sairaalakohteet. Yleisesti organisaation kohteista hän uskoo, että puolet on sellaisia, joista voitaisiin tehdä virtuaalimalli. Haastateltava arvioi, että virtuaalimalleille voisi olla viikoittaista tai jopa päivittäistä käyttöä, mikäli laitteiden käyttö koetaan helpoksi työmaalla. Haastateltava näkee virtuaalimallin yhtenä lisätyökaluna muiden rinnalla, eikä koe sen syrjäyttävän esimerkiksi kannettavalla tietokoneella tehtävää yhdistelmämallien tarkastelua.

Keskusteltaessa virtuaalimallin ominaisuuksista haastateltava sanoo, että etäisyyksien mittaaminen olisi hyödyllinen ominaisuus, mutta näkee virtuaalimallien vahvuuden olevan visuaalisessa tarkastelussa.

5.3.4 Haastattelu 4

Haastattelin suuren urakointiyrityksen tietomalliasiantuntijaa, jolla on 20 vuoden työkokemus tietomalleista. Puolet työkokemuksesta on suunnitteluohjelmistoja valmistavasta yrityksessä ja puolet rakennusalan urakointipuolella. VR-tekniikasta haastateltavalla on kahden vuoden kokemus. Haastattelu kesti noin 30 minuuttia, ja sen aikana keskustelimme virtuaali- ja yhdistelmämallien käytöstä urakointipuolella. Nauhoitin keskustelun käyttäen puhelimeni äänentallennusominaisuutta. Poimin äänitteestä tutkimukseen kohdat, jotka käsittelevät tutkimuksen aihetta.

Kysyttäessä haastateltavalta näkemystä virtuaalimallien hyödyntämiseen työmaalla haastateltava vastaa näkevänsä virtuaalimalleissa potentiaalia, mutta mainitsee nykyajan tekniikan olevan hankalaa käyttää, koska VR-lasien käyttöön vaaditaan tehokas pelitietokone. Tekniikan olisi kehityttävä käytettävämmäksi. Haastateltava myös mainitsee, ettei virtuaalilaseja hyödynnetä vielä suunnittelussakaan kovin paljoa.

Virtuaalimallien hyötyinä haastateltava luettelee tilan tunnun ja ahtaiden paikkojen tilan hahmottamisen, joka on helpompi hahmottaa VR-laseilla kuin näytöltä katsottaessa. Hyötynä nähdään myös virtuaalimallin tarkastelun helppokäyttöisyys verrattuna yhdistelmämallin tarkasteluun tableteilla ja mobiililaitteilla. Haastateltavan näkemys on, että virtuaalimalli ei korvaisi perinteistä yhdistelmämallien tarkastelua, vaan olisi yksi työkalu niiden lisäksi. Haasteina haastateltava mainitsee myös VR-laitteiden kustannukset. Virtuaalilasit ja pelitietokone ovat yhteensä tuhansien eurojen investointi, mikä esimerkiksi pienemmällä työmaalla painaa enemmän. Laitteilla saavutettavaa hyötyä pitää pohtia suhteessa investointikustannuksiin. Lisäksi urakointipuolella tulee olla osaamista virtuaalimalleista – pelkästään laitteet eivät riitä, koska mallit pitää kasata. Haastateltavan mukaan virtuaalimalleja olisi mahdollista hyödyntää kaikissa kohteissa, jotka on muutenkin mallinnettu, koska mallien siirtäminen VR-maailmaan on suhteellisen vaivatonta.

Hyödyllisistä ominaisuuksista haastateltava luettelee leikkausten tekemisen virtuaalimallin tarkastelun aikana, mahdollisuuden piilottaa objekteja sekä mahdollisuuden merkata sijainteja talteen.

5.3.5 Haastattelu 5

Haastattelin suuren urakointiyrityksen tulosityksikön johtajaa, jolla on 13 vuoden työkokemus talotekniikan parissa. Haastateltavalla on työkokemusta muun muassa taloteknisestä urakoinnista, konsernin kehitystehtävistä ja tietomallinnuksen kehitystehtävistä. Virtuaalimallit ovat haastateltavalle ennestään tuttuja. Haastattelu kesti noin 30 minuuttia, ja sen aikana keskustelimme virtuaali- ja yhdistelmämallien käytöstä urakointipuolella. Nauhoitin keskustelun käyttäen puhelimeni äänentallennusominaisuutta. Poimin äänitteestä tutkimukseen kohdat, jotka käsittelevät tutkimuksen aihetta.

Kysyttäessä haastateltavan näkemystä virtuaalimalleista työmaalla haastateltava sanoo nykyhetken hyötyjen olevan virtuaalimallin havainnollistavuudessa. Haasteina hän nostaa esille tekniikan käytettävyyden työmaalla ja työturvallisuusnäkökulman. Käytettävyys kenttäolosuhteissa on heikkoa laitteiden vaatiessa suuren ja tehokkaan kannettavan tietokoneen sekä siihen kiinnitettävät lasit. Työturvallisuusnäkökulma rajaa käyttöä, koska virtuaalilasien käyttö vaatii kypärän ja suojalasien pois ottamisen tilassa, jossa rakennetaan. Haastateltava mainitsee myös VR-lasien työmaankestävyysnäkökulman olevan haaste.

Keskusteltaessa yleisesti yhdistelmämallien tarkastelusta työmaalla, haastateltava sanoo tablettien tehneen tietänsä työnjohdon ja asentajien kärkeimpien työkaluiksi. Tabletit ovat yleisellä tasolla saaneet hyvän vastaanoton työmaalta. Virtuaalimallin haastateltava näkee yhtenä työkaluna muiden lisäksi, jos työmaalla on käytössä vain yhdet VR-laitteet. Haastateltava sanoo, että virtuaalimalleja voitaisiin kokeilla pilottimielessä työmaalla, mutta tämän päivän tekniikalla jatkuvaa käyttöä ei nähdä vielä työnjohtaja- tai asentajatasolla. Nykyhetkellä VR-laitteiden suurin hyöty nähdään asiakkaiden parissa toimiessa.

Ominaisuuksista keskusteltaessa haastateltava mainitsee mittatiedot, korkeusasemat, putkien etäisyydet, putkikoot, materiaalitiedot ja muun attribuuttitiedon, jota mallissa on. Ominaisuus, jolla putken valitsemalla saisi näitä tietoja esiin, olisi hyödyllinen. Haastateltava mainitsee myös yleisesti yhdistelmämallista puhuttaessa, että sisäpaikannus olisi hyödyllinen ominaisuus.

5.3.6 Analyysi

Haastatteluja suorittaessa sain erilaisia näkökulmia siihen, voisiko VR-malleja hyödyntää työmaalla rakentamisen aikana. Haastatteluissa tuli esille näkökulmia investointikustannuksista, työturvallisuudesta, vastaanotosta työmaalla, laitteiden kestävydestä työmaolosuhteissa, työvaiheista ja työmaan paikoista, joissa VR-malleja voisi käyttää, VR-mallien ominaisuuksista ja siitä, millaisena työkaluna VR-mallit ylipäättään nähdään.

VR-malleissa ja lasella tehtävässä tarkastelussa nähdään potentiaalia, mutta nykyhetken laitteet rajaavat käyttömahdollisuuksia. Työmaolosuhteissa laitteiden kestävyys on keskeinen asia. Myös työturvallisuus täytyy ottaa huomioon, koska VR-laseja käyttäessä täytyy riisua kypärä ja suojalasit, joiden pitäminen työmaa-alueella on pakollista. Nämä seikat rajaavat laitteiden käytön työmaatoimistoon, jossa tarkastelua voisi tehdä.

Haastatteluissa yhtenevää oli se, että VR-mallien ensisijaisena hyödyntämispaikkana työmaalla nähdään tilat, joissa on paljon talotekniikkaa. Näitä tiloja ovat esimerkiksi konehuoneet ja käytävät. Hyötyä nähdään siinä, että VR-laseilla tehtävä tarkastelu on havainnollistavampaa ja helpompaa kuin tietokoneella tehtävä tarkastelu. Työvaiheina haastatteluissa mainittiin asentamisen suunnittelu työnjohtaja- ja asentajatasolla sekä asennusjäljen tarkastus työnjohtajatasolla. Haasteina pohdittiin sitä, millaisen vastaanoton VR-mallit saisivat työmaalla.

Investointikustannukset ja VR-tarkastelun tuoma lisäarvo nousivat esille haastatteluissa. Tällä hetkellä laitteiden puolesta VR-lasit ovat muutaman sadan euron luokkaa, mutta kannettava pelitietokone kahden tai kolmen tuhannen euron hintaluokassa. Yhdistelmämalleja voidaan nyt tarkastella huomattavasti halvemmillä laitteilla, kuten tabletilla ja yritystason kannettavalla tietokoneella, joten VR-laitteiden pitäisi tuoda hintansa edestä lisäarvoa. Haastatteluissa tuotiin esiin myös se, ettei pelkkien laitteiden hankkiminen työmaalle riitä, vaan VR-mallien kasaamiseen täytyy myös panostaa rahallisesti.

Virtuaalimalleissa hyödyllisiksi ominaisuuksiksi mainittiin leikkausten tekeminen, objektien attribuuttitiedot, objektien piilottaminen, etäisyyksien mittaaminen ja sijaintien merkkäminen. Haastatteluissa virtuaalimalli nähtiin enemmän lisänä muilla laitteilla tehtävän tarkastelun rinnalla kuin ne korvaavana työkaluna.

6 Yhteenveto

6.1 Yhteenveto tutkimuksesta

Insinööriyössä tutkittiin taloteknisten virtuaalimallien hyödyntämistä työmaalla rakennusaikana käyttäen kahta toisistaan erillistä menetelmää. Ensimmäisessä menetelmässä, eli tapaustutkimuksen ja lomakehaastattelun yhdistelmässä VR-malli vietiin kolmelle eri työmaalle kokeiltavaksi. Tilaisuudessa seurattiin työmaan henkilökunnan reaktioita ja kommentteja VR-mallista, minkä jälkeen osallistujat täyttivät paperisen kyselylomakkeen. Toisena menetelmänä oli haastattelututkimus, jossa haastateltiin yhteensä viittä talotekniikan ja tietomallien asiantuntijaa kolmesta suuresta urakointiyrityksestä. Haastattelut toteutettiin teemahaastatteluina.

Tutkimuksessa saatiin yleiskuva siitä, mitä hyötyjä ja haasteita taloteknisten virtuaalimallien hyödyntämiseen työmaalla liittyy. Tapaustutkimuksissa selvisi, miten työmaan henkilökunta kokee virtuaalimallien käytön, miten paljon virtuaalimalleille nähdään käyttöä ja mitä ominaisuuksia virtuaalimallien tarkasteluun tarkoitettuun ohjelmaan toivottaisiin. Tapaustutkimuksessa selvisi myös, kuinka paljon yhdistelmämallia tarkastellaan työmaalla tutkimukseen osallistuneiden henkilöiden toimesta. Haastattelututkimuksissa selvisi, miten urakointiyritysten talotekniikan ja tietomallien asiantuntijat näkevät virtuaalimallien hyödyntämisen työmaalla.

6.2 Pohdinta

Tutkimuksen tuloksista nähdään, että työmaalla virtuaalimalli koetaan pääsääntöisesti potentiaalisena työkaluna, joka on havainnollistava ja helppo käyttää. Havainnollistamisen hyöty korostuu taloteknisesti haastavissa paikoissa, joissa on suhteessa paljon tekniikkaa pienessä tilassa. Käytön helppouden etuna on se, että virtuaalimallin tarkasteluun ei vaadita näppäryyttä käyttää tietokoneen hiirtä tai kosketusnäyttöä tarkasti. Tämä tekee virtuaalimallista työkalun, joka on käyttäjien näkökulmasta helppo tuoda työmaalle.

Tutkimuksen osallistujat arvioivat, että käyttäisivät virtuaalimallia keskimäärin viikoittain, mikäli sellainen olisi työmaalla jatkuvasti käytettävissä. Tästä nähdään, että virtuaalimallien käyttöön työmaalla olisi halukkuutta. Tutkimuksessa käytetyillä laitteilla ja ohjelmalla

ominaisuuksien puute nousi kuitenkin jokaisessa työmaalla suoritetussa tapaustutkimuksessa esiin. Tämä kertoo siitä, että virtuaalimalli nähdään työkaluna, jossa pitäisi pystyä tekemään muutakin kuin visuaalista tarkastelua. Työmaalla suoritetuissa tapaustutkimuksissa ominaisuuksista selvästi toivotuimpia olivat korkotiedot, objektien attribuuttitiedot ja etäisyyksien mittaus. Haastatteluissa mainittiin lisäksi leikkaustasojen tekeminen, objektien piilottaminen ja sijaintien merkkäminen. Virtuaalimallin käyttöön tarkoitettu ohjelma, josta nämä ominaisuudet löytyisivät siten, että ohjelman helppokäyttöisyys säilyisi, tekisi virtuaalimallista monipuolisemman työkalun. Haastatteluissa virtuaalimalli nähtiin enemmän lisätyökaluna tietokoneella tehtävän yhdistelmämallin tarkastelun rinnalla, mutta näillä ominaisuuksilla virtuaalimalli voisi saada suuremman osuuden työmaalla suoritetussa yhdistelmämallin tarkastelussa.

Virtuaalimallien luominen jo mallinnetuista kohteista vaatii jonkin verran työtä, mutta käytännössä se on varsin helppoa esimerkiksi tutkimuksessa käytetyllä menetelmällä. Tässä menetelmässä suurimman osan ajasta vie IFC-tiedostojen tuominen Revitin projektiin. Tiedostojen muokkaaminen, kuten arkkitehtimallin tilaobjektien poistaminen, on nopea työvaihe, kun ohjelman käytöstä on kokemusta.

Tutkimuksen haastatteluiden perusteella suurimpana haasteena virtuaalimallien työmaakäyttöön on nykypäivän teknologia ja hinta. VR-lasien hinnat ovat vain 300–400 euron verran, mutta pelitietokoneeseen joutuu investoimaan moninkertaisen summan rahaa. Lisäksi muut kustannukset, kuten käytetyiden ohjelmien lisenssien hinnat, nostavat kokonaissumman korkeammaksi. Virtuaalimallien tarjoamaan hyötyyn, eli helppoon ja havainnollistavaan mallin tarkasteluun nähden investointikustannukset ovat korkeat, koska yhdistelmämallia voidaan tarkastella myös muilla laitteilla. Tämä tarkoittaa sitä, että tällä hetkellä virtuaalimallien laajamittaista käyttöä työmailla ei nähdä realistisena. Haastatteluissa tuli kuitenkin ilmi, että VR-malleja voitaisiin kokeilla ensin suuremmissa hankkeissa, joissa investointikustannukset eivät ole niin korkeat suhteessa projektin hintaan.

6.3 Jatkotutkimusaiheet

Nykypäivän teknologia mahdollistaa virtuaalimallien tarkastelun työmaatoimistossa, mutta teknologian kehittyessä kevyemmäksi ja käyttäjäystävällisemmäksi päästään virtuaalimallien potentiaalia hyödyntämään paremmin. Työnjohtajien näkökulmasta tämä voi tarkoittaa VR-laseja, jotka kulkevat mukana työmaalta toiselle, samoin kuin kannettava tietokone tällä hetkellä. Asentajatason työmaakäytön vaatimuksena ovat joko itsestään toimivat tai esimerkiksi tablettiin liitettävät VR-lasit, jotka kestävät työmaan olosuhteita ja ottavat huomioon työturvallisuusnäkökulman.

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että halukkuutta helppokäyttöiselle ja havainnollistavalle tavalle tarkastella yhdistelmämallia löytyy. Virtuaalimallit toimivat tässä hyvin, kun teknologia kehittyy hieman eteenpäin. Jatkotutkimuksia aiheesta voisi tehdä esimerkiksi seuraamalla pilottihankkeita, jossa VR-mallia käytetään ja hankkeen aikana saatuja kommentteja sekä kehitysideoita kirjataan ylös.

Lähteet

- 1 The Ultimate Guide to Understanding Virtual Reality (VR) Technology. Verkkoaineisto. RealityTechnologies.com. <<https://www.realitytechnologies.com/virtual-reality/>>. Luettu 12.9.2018.
- 2 Pänkäläinen, Tero. 2017. Virtuaalitodellisuus – 108 miljardin markkina vuonna 2021? Verkkoaineisto. VIRTUAALIMAILMA.FI. <<https://www.virtuaalimailma.fi/virtuaalitodellisuus/>>. 15.1.2017. Luettu 11.9.2018.
- 3 Järvinen, Tero; Laine, Tuomas; Kaleva, Kari; Heljomaa, Kimmo. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 4: Talotekninen suunnittelu. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS.
- 4 Henttinen, Tomi. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 1: Yleinen osuus. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS.
- 5 Standardit. Verkkoaineisto. BuildingSMART Finland. <<https://buildingsmart.fi/standardit/>>. Luettu 11.10.2018.
- 6 MagicAD. 2018. Verkkoaineisto. Progman Oy. <<https://www.magicad.com/fi/>>. Luettu 10.9.2018.
- 7 Revit. 2018. Verkkoaineisto. Autodesk Inc. <<https://www.autodesk.fi/products/revit/mep>>. Luettu 10.9.2018.
- 8 Enscape. 2018. Verkkoaineisto. Enscape. <<https://enscape3d.com/>>. Luettu 15.10.2018.
- 9 Acer Windows Mixed Reality Headset with Motion Controllers. 2018. Verkkoaineisto. Microsoft. <<https://www.microsoft.com/en-us/p/acer-windows-mixed-reality-headset-with-motion-controllers/8ttsf1q97hkp?activetab=pivot%3aoverviewtab>>. Luettu 13.10.2018.
- 10 Videocard Benchmarks. 2018. Verkkoaineisto. PassMark Software. <<https://www.videocardbenchmark.net/compare/GeForce-MX150-vs-GeForce-GTX-1080/3789vs3502>>. Luettu 12.10.2018.
- 11 CPU Benchmarks. 2018. Verkkoaineisto. PassMark Software. <<https://www.cpu-benchmark.net/compare/Intel-i7-7820HK-vs-Intel-i7-8550U/2938vs3064>>. Luettu 12.10.2018.
- 12 Tapaustutkimus. 2015. Verkkoaineisto. Jyväskylän yliopisto. <<https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/tapaustutkimus>>. 23.4.2015. Luettu 17.09.2018.

- 13 Hirsjärvi, Sirkka; Hurme, Helena. 2010. Tutkimushaastattelu – teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki: Gaudeamus.

Liite 1. Tutkimuksessa käytetty lomakehaastattelu.

NIMI:

TYÖNKUVA:

TYÖKOKEMUS VUOSINA:

Kohtiin 1-4 vastataan ympyröiden oikea vastaus. Kohtiin 5-6 vastataan kirjallisesti.

1. Oletko tarkastellut yhdistelmämallia työsi apuna työmaalla?

- a) Kyllä
- b) En

2. Miten haastavaksi koit VR-mallin käytön, kuten mallissa liikkumisen ja tekniikan tarkastelun?

(1 = todella vaikeaa, 5 = todella helppoa)

1 2 3 4 5

3. Koetko, että VR-mallista olisi apua työssäsi?

- a) Kyllä
- b) En
- c) En osaa sanoa

4. Minkä verran uskoisit käyttäväsi VR-mallia, mikäli se olisi jatkuvasti käytettävissä?

- a) Päivittäin
- b) Viikoittain
- c) Kuukausittain
- d) Harvemmin
- e) En ollenkaan

5. Tulisiko VR-mallissa mielestäsi olla joku siitä puuttuva ominaisuus, mikä?

6. Ajatuksia?