



VR:n ja AR:n hyödyntäminen 3D-sähkösuunnittelun apuna voimalaitosympäristössä

Riku Mikkola

OPINNÄYTETYÖ
Marraskuu 2020

Automaatioteknologian koulutusohjelma, ylempi AMK

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Automaatioteknologian ylempi tutkinto-ohjelma

MIKKOLA, RIKU:

VR:n ja AR:n hyödyntäminen 3D-sähkösuunnittelun apuna voimalaitosympäristössä.

Opinnäytetyö 52 sivua
Marraskuu 2020

Opinnäytetyö tehtiin Valmet Technologies Oy:lle ja sen Tampereen EIC-osastolle. Työssä oli tarkoituksena tutkia ja tarkastella, kuinka virtuaalitodellisuutta ja lisättyä todellisuutta voisi hyödyntää 3D-sähkösuunnittelun apuna voimalaitosympäristössä.

Työssä tarkasteltiin voimalaitosprojektien sähkösuunnittelun nykytilaa ja käytettäviä ohjelmistoja. Opinnäytetyössä perehdyttiin myös virtuaalitekniikoiden teoriaan, historiaan sekä nykyisiin teollisiin sovelluksiin.

Opinnäytetyössä haastateltiin Valmetin eri sidosryhmien edustajia kokemuksistaan tutkimuksen, suunnittelun ja työmaatoimintojen osalta. Haastattelujen lisäksi pyydettiin muutamalta yhteistyöyrittäjältä heidän näkemyksiään virtuaalitekniikoista.

Opinnäytetyössä päädyttiin lopuksi pohtimaan uusien virtuaalitekniikoiden mahdollisia hyötyjä nykyisiin suunnittelumenetelmiin verrattuna. Työssä tunnistettiin myös mahdollisia jatkotutkimustarpeita virtuaalitekniikoiden käyttöönottoa ajatellen.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Master's Degree Programme in Automation Engineering

MIKKOLA, RIKU:

Utilization of VR and AR as an Aid to 3D Electrical Design in a Power Plant Environment

Master's thesis 52 pages
November 2020

This thesis was done for Valmet Technologies Oy and for its Tampere EIC department. The aim of the work was to study and examine how Virtual Reality and Augmented Reality could be utilized as an aid to 3D electrical design in a power plant environment.

The current state of the electrical design of power plant projects and the software used are examined in this thesis. Moreover, the theory, history and current industrial applications of virtual technologies are introduced.

In the thesis, representatives of Valmet's various stakeholders were interviewed about their experiences with research and design and site operations. In addition to the interviews, three partner companies were asked for their views on virtual technologies.

Finally, the potential benefits of new virtual technologies compared to current design methods were considered, and possible needs for further research were identified in view of the introduction of virtual technologies.

Key words: VR, AR, power plant, electrical engineering

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	Valmet Technologies Oyj	8
	2.1 Historia	8
	2.2 Valmetin liiketoiminnat	9
	2.2.1 Palvelut -liiketoimintalinja	10
	2.2.2 Automaatio -liiketoimintalinja	10
	2.2.3 Sellu ja energia -liiketoimintalinja.....	10
	2.2.4 Paperit -liiketoimintalinja.....	10
3	Voimalaitoksen sähkösuunnittelu.....	11
	3.1 Voimalaitoskattila	11
	3.2 Sähkösuunnitteluosasto	13
	3.3 Aveva:n ohjelmat suunnittelussa	13
	3.3.1 Navisworks-ohjelma	15
	3.4 Voimalaitoshankkeen vaiheet.....	17
	3.4.1 Tarjousvaiheen suunnittelu.....	17
	3.4.2 Perussuunnittelu.....	17
	3.4.3 Detaljisuunnittelu	18
	3.4.4 Asennustyömaan tukeminen	19
4	Virtuaalitekniikat.....	20
	4.1 Virtual Reality (VR).....	20
	4.2 Augmented Reality (AR)	25
	4.2.1 POINTR- sovellus.....	28
	4.3 Mixed Reality (MR) ja Extended Reality (XR)	29
	4.4 AR, MR, VR, XR tekniikoiden eroavaisuudet	29
	4.5 Laitteita	31
	4.5.1 Teollisuudessa käytössä olevia AR/MR- headsettejä	31
5	Virtuaalitekniikoiden sovelluksia teollisuudessa	33
	5.1.1 Wärtsilä	35
	5.1.2 Valmet	36
	5.1.3 Boeing	38
6	Kenttätesti ja asiantuntijahaastattelut.....	39
	6.1.1 Kenttätesti työmaalta Pointr-sovelluksella	39
	6.2 Haastattelu R&D	39
	6.2.1 HoloLens	39
	6.2.2 5G-tekniikka	40
	6.2.3 Valmet XR-malli.....	40

6.2.4 Asennustyömaiden tuki	41
6.2.5 Suunnittelu	41
6.3 Haastattelut suunnittelijat ja asentajat.....	42
7 POHDINTA	44
LÄHTEET.....	49

LYHENTEET JA TERMIT

TAMK	Tampereen ammattikorkeakoulu
VR	Virtual Reality eli virtuaalitodellisuus
AR	Augmented Reality eli lisätty todellisuus
XR	Extended Reality eli laajennettu todellisuus
MR	Mixed Reality eli tehostettu todellisuus
As-built	Kuin rakennettu ts. lopulliset piirustukset
Layout-suunnittelu	Laitoksen laitteiden sijoitussuunnittelu
Skitsi	Luonnos, hahmotelma
PMDS	Plant Desing Management System (Avevan suunnittelujärjestelmä)
E3D	Everything 3D (Avevan suunnittelujärjestelmä)
Navisworks	Autodesk:n tuottama 3D-mallien katseluohjelmisto
EI&C	Electrification, Instrumentation and Controls
CFB-kattila	Cymic-tyyppinen voimalaitoskattila
Malli	Suunnitteluohjelmistolla luotu 3D-malli
Saas	Software as a Service eli ohjelmiston hankinta palveluna
Immersio	Uppoaminen virtuaalitodellisuuteen
3DoF	Three degrees of Freedom eli kolmen vapausasteen liike
6DoF	Six degrees of Freedom eli kuuden vapausasteen liike
POI	Point of Interest eli kohdepiste, kiinnostava paikka

1 JOHDANTO

Digitalisaation kasvu teollisuudessa ja yhteiskunnassa herättää kysymyksiä, kuinka sitä voisi hyödyntää entistä enemmän. Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, voidaanko virtuaalitekniikoita hyödyntää Valmet Technologies Oy:n Sellu ja energia -liiketoimintalinja EI&C -suunnitteluosastolla voimalaitoksien 3D-sähkösuunnittelun apuna. Tarve tälle työlle ilmeni, kun EI&C-osastolla pohdittiin, kuinka voitaisiin kehittää suunnittelua ja työmaatoimintoja paremmaksi sekä kustannustehokkaammaksi.

Työssä selvitetään millaisia virtuaalitodellisuuden tekniikoita on olemassa sekä miten ja mihin näitä nykyisiä tekniikoita tällä hetkellä sovelletaan. Lopuksi työssä pohditaan kuinka nykyiset ja tulevat virtuaalitekniikat mahdollisesti soveltuisivat 3D-sähkösuunnitteluun.

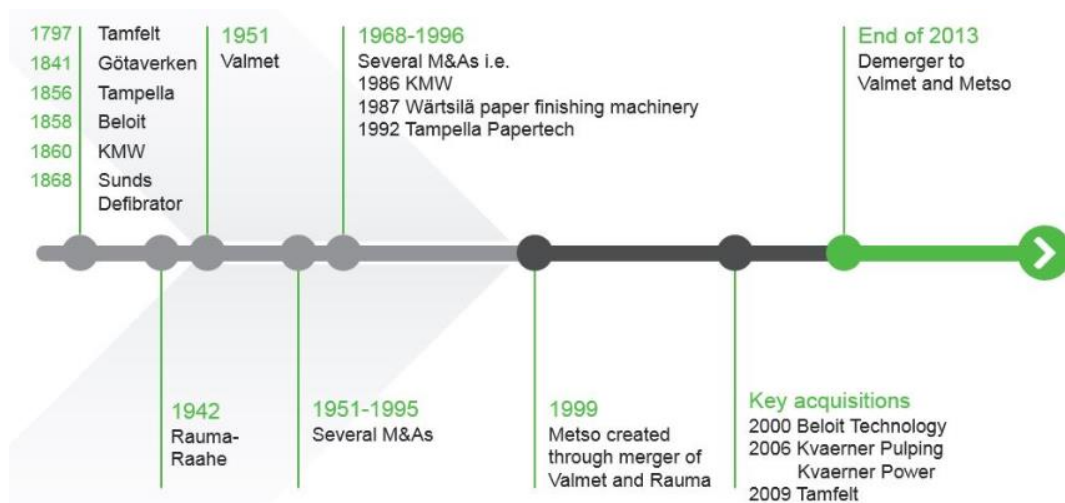
Opinnäytetyössä tarkastellaan lisäksi sähkösuunnittelu -osastolla nykyisin käytettäviä ohjelmistoja ja pohditaan kannattaako suunnittelukäytäntöjä muuttaa nykyisestä. Valvojina työssä Valmetin puolella toimi PDMS Coordinator Jarmo Kallio sekä EI&C-osaston päällikkö Sami Remes.

2 Valmet Technologies Oyj

Valmet Technologies Oy on maailman johtava teknologian, automaation ja palveluiden toimittaja ja kehittäjä sellu-, paperi- ja energiateollisuudelle. Valmet työllistää 13 000 henkilöä ympärimaailmaa. Valmetin tarjoamat palvelut kattavat kunnossapidon ulkoistamisesta tehtaiden ja voimalaitosten parannuksiin ja varaosiin. Valmetin teknologiatarjonnan ydin koostuu sellutehtaista, pehmopaperi-, kartonki- ja paperinvalmistuslinjoista sekä bioenergiaa tuottavista voimalaitoksista. (Valmet Technologies Oy, N.D.)

2.1 Historia

Valmetin juuret ulottuvat 1700-luvulle, Tamfeltin perustamiseen. Tamfelt on edelleen yksi johtavista teknisten tekstiilien toimittajista ja on osa Valmetin Palvelut -liiketoimintalinjaa. Kuvassa (1) on aikajana, jossa on kuvattuna Valmetin muodostuminen. Nykyisen muotoinen Valmet syntyi 2013. (Miettinen, 2015)



KUVA 1. Valmetin historia (Miettinen, 2015).

Useat nykyisen Valmetin muodostamat yritykset ovat perustettu 1800-luvulla. Karlstad Mekaniska Werkstad (KMW) aloitti Ruotsissa 1865, Beloit Corporation aloitti 1858 valimon Yhdysvaltain Wisconsinissa, ja Sands Bruk perusteettiin 1868 Ruotsissa. Suomessa valtion omistamia metallitehtaita yhdistyi 1946 Valtion Metallitehtäiksi ja tästä muodostui 1951 Valmet Oy.

Valmetin tuotteita oli mm. laivat, lentokoneet, aseet, veturit, traktorit, laivamootorit, hissit ja paperikoneet. 1960-luvulla Valmet nousi kansainvälisesti merkittäväksi paperikonetoimittajaksi. 1980- ja 1990-luvulla Valmet keskittyi paperikoneisiin ja niiden teknologiaan. Valmet osti Järvenpäässä toimivan paperin jälkikäsittelylaitteita tekevän yksikön KMW:n sekä kartonkikone valmistavan Tampella Papertechin.

Metso syntyi, kun Valmet ja Rauma yhdistyivät 1999. Vuonna 2000 Valmet osti Beloit Corporationin pehmoparin- ja paperinvalmistusteknologian ja palveluliiketoiminnot. Yhdysvaltojen ja Ranskan osalta. Vuonna 2006 Valmet osti Aker Kvaerner ASA:n Pulping- ja Power -liiketoiminnot. Tamfeltin Valmet osti 2009. Metso jakautui 2013 erillisiksi pörssiyhtiöiksi Metsoksi ja Valmetiksi. Valmetille jäi Massa, paperi ja voimantuotanto -liiketoiminnot ja Metsolle kaivos ja maanrakennus sekä Automaatio -liiketoiminnot. Valmet osti 2015 Metsolta Prosessiautomaatiojärjestelmät -liiketoiminnan. (Valmet Technologies Oy, N.D.)

2.2 Valmetin liiketoiminnot

Valmetin liiketoiminta jakaantuu neljään liiketoimintalinjaan ja viiteen maantieteelliseen alueeseen kuva (2). (Valmet Technologies Oy, N.D.)



Kuva 2. Valmetin liiketoiminnot (Valmet Technologies Oy, N.D.)

2.2.1 Palvelut -liiketoimintalinja

Palveluihin kuuluvat mm. tehdasparannukset, tela- ja verstaspalvelut, osat ja kudokset sekä elinkaaripalvelut. Valmetin asiakaskuntaan kuuluu yli 2000 sellu- ja paperitehdasta maailmanlaajuisesti. Kun maailmalta löytyy noin 3800 sellu- ja paperitehdasta, niin Valmetin markkinaosuus on yli 50%. (Valmet Technologies Oy, N.D.)

2.2.2 Automaatio -liiketoimintalinja

Automaatio toimittaa ratkaisuja yksittäisistä mittauksista tehtaan kattaviin automaatiojärjestelmiin. Päätuotteet ovat automaatiojärjestelmät (Valmet DNA), laatusäätöjärjestelmät, analysaattorit ja mittalaitteet, kamerajärjestelmät ja toiminto- ja palveluratkaisut. Pääasiakasryhmät ovat massa- ja paperiteollisuus, muu prosessiteollisuus, energiantuotanto, meriteollisuus sekä öljy- ja kaasuteollisuus. (Valmet Technologies Oy, N.D.)

2.2.3 Sellu ja energia -liiketoimintalinja

Sellu ja energia tarjoaa teknologiaa ja ratkaisuja sellun ja energian tuotantoon sekä biomassan jalostukseen. Selluprojektit käsittävät aina laitetoimituksista kokonaisten tehdaslinjojen toimituksiin. Energiaratkaisuihin kuuluvat mm. biomassan käyttävien energiantuotantokattiloiden kokonaistoimitukset ja uudistukset. Valmet kehittää myös jatkuvasti uusia biomassan hyödyntämistä edistäviä teknologioita. (Valmet Technologies Oy, N.D.)

2.2.4 Paperit -liiketoimintalinja

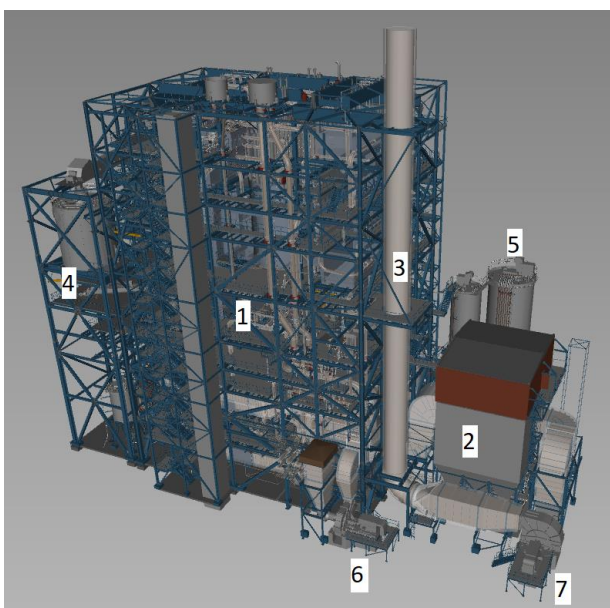
Paperi toimittaa kartonki-, pehmopaperi- ja paperikoneita ja laitteita sekä koneuudistuksia. Kartonkia, pehmopaperia ja paperia käytetään useissa lopputuotteissa, esim. nenäliinoissa, pakkauksissa, WC-paperissa, käsipyyhkeissä ja kirjoitus- ja painopapereissa. (Valmet Technologies Oy, N.D.)

3 Voimalaitoksen sähkösuunnittelu

3.1 Voimalaitoskattila

Voimalaitoskattilalla yksinkertaisimmillaan poltetaan polttoainetta tulipesässä. Kattilan sisällä on putkia, joiden sisällä on kovassa paineessa olevaa vettä ja tämä vesi on tarkoitus kuumentaa höyryksi. Höyryä voidaan käyttää prosessihöyrynä sellaisenaan, tai tuottaa turbiinin avulla sähköä tai kaukolämpöä. Polttoaineena voidaan polttaa erilaisia polttoaineita, kuten fossiilisia, uusiutuvia tai jätteitä. Erilaisilla kattilatyypeillä on yleensä tiettyjen laitteiden tarve ja suurin piirteinen projekteista toiseen toistuva laitteiden samankaltainen sijoittuminen layout-mielessä. Sähkötiloista lähtevät kaapelit usein tulevat kattilaan nähden samasta suunnasta. Isot moottorit sijaitsevat yleensä suunnalla kattilaa ja näiden moottoreiden kaapelointi on samankaltaista. Joskus samankin tyyppisten kattiloiden kattilasalien layoutit toki eroavat toisistaan ja tällöin täytyy etsiä erilaisia vaihtoehtoisia reittejä kaapelihyllyille.

Alla olevassa kuvassa (3) havainnoidaan eräänlainen perusrakenne Cymic-kattilatyypin voimalaitoksesta, josta nähdään kattilarakennus teräskehikon sisällä (1), savukaasujen puhdistusjärjestelmä eli pussisuodatin (2), savupiippu (3), polttoainesäiliö (4), lentotuhkasäiliö (5) sekä Primääri-ilmapuhallinmoottori (6) ja Savukaasupuhallinmoottori (7).



Kuva 3. CFB-voimalaitos

Cymic-kattila eli nykyiseltä nimeltään CFB-kattila (Circulating fluidized bed) on kiertoleijupeti-kattila. CFB-kattilan ominaisuus on yhdistää useiden polttoaineiden polttamisen korkealla hyötysuhteella ja pienillä päästöillä. CFB-kattiloita valmistetaan teholuokkien 30-1200 MW_{th} välillä. (Valmet Technologies Oy, N.D.)

Kuvan (3) tapauksessa biopolttoaine (PKS) johdetaan kuljettimien avulla polttoainesäiliöstä kattilan tulipesään. Polttoaineen kulkemalla matkalla on useita eri kulutusposteja ja instrumentteja, jotka täytyy pystyä kaapeloimaan. Cymic-kattilatyypillä pääkomponentteihin kuuluvat kattilalaitoksen moottoreista tehoiltaan suurimmat, kuten primääri-ilmapuhallin, joka puhaltaa esilämmitettyä ilmaa kattilan leijutettavan hiekkapedin arinan lävitse, jossa polttoaine palaa. Toinen päämoottorikomponentti on savukaasupuhallinmoottori, joka imee savukaasua kattilasta, muodostaen näin alipaineen kattilaan ja tästä johtuen palaminen on tehokkaampaa ja täten savukaasun haitalliset kaasut pysyvät savukaasukana-
vassa. Näiden isotehoisten moottoreiden kaapelit ovat taivutussäteeltään suuret ja vievät paljon tilaa. Pussisuodattimen avulla savukaasuista poistetaan ympäristölle haitallisia yhdisteitä ja prosessissa syntyvä lentotuhka ohjataan lentotuhkasäiliöön. Savupiipusta poistuu lähinnä vesihöyryä. Alla on kuvassa (4) esimerkki CFB-kattilan tulipesästä.



Kuva 4. CFB-kattila (Valmet Technologies Oy, N.D.)

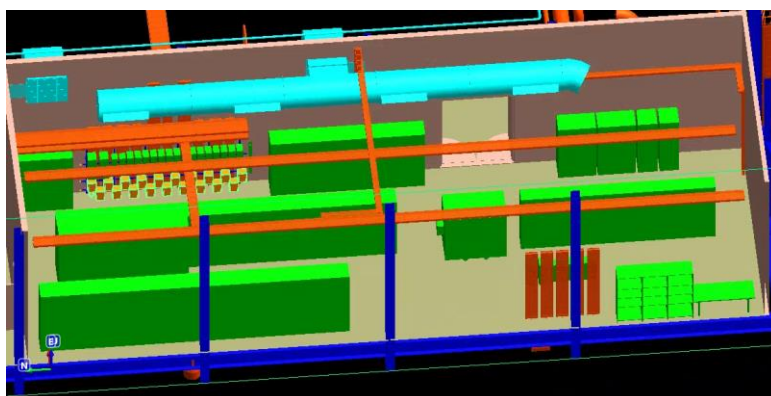
3.2 Sähkösuunnitteluosasto

Valmet Technologies Oy:n sellu ja energia liiketoimintalinjan (P&E), energia liiketoimintayksikön EIC-osasto vastaa perussuunnittelusta sähköistyksen, instrumentoinnin ja ohjauksien osalta uusissa voimalaitos projekteissa. Osastolla suunnitellaan ja toteutetaan myös pienempiä service-projekteja, joissa lisätään esimerkiksi yksittäisiä laitteita olemassa oleviin laitoksiin.

EIC-osasto muodostuu Suomen toimistoista, joita sijaitsee Tampereella, Vantaalla, Ulvilassa ja Raisiossa. Myös Suomen ulkopuolella on toimintaa esimerkiksi Brasiliassa, USA:ssa sekä Intiassa. EIC-osasto pystyy toimittamaan perussuunnittelua lämpö -ja kattilalaitosten lisäksi soodakattiloihin, kaasutuskattilaan, savukaasupuhdistukseen sekä bioöljyn tuotantoon. Sähkösuunnittelussa EIC-osastolla suunnitellaan tyypillisesti voimalaitokseen sähköistystä, instrumentointia ja automaatio-ohjauksia.

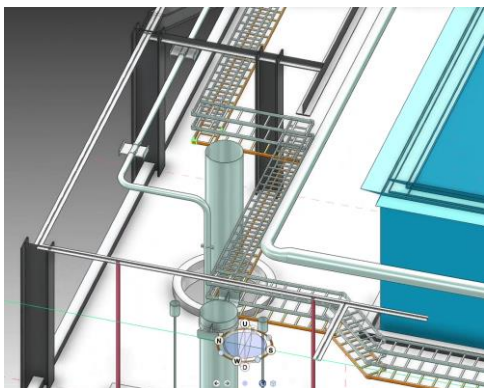
3.3 Aveva:n ohjelmat suunnittelussa

Kattilalaitosten 3D-mallintamiseen Valmet käyttää suunnitteluohjelmistoina Aveva:n PDMS:ä sekä E3D:tä (aiemmin nimi Everything 3D). Valmetin perussähkösuunnittelua on tehty jo vuosikaudet Aveva Group plc:n PDMS-suunnitteluohjelmistolla. Tämän ohjelman Desing-modulilla on mallinnettu tilanvarauksena kaapelihiyllyt, kenttäkotelot, pistorasiakeskukset ynnä muut sähkölaitteet kattilarakennuksiin. Sähkötiloihin on myös mallinnettu kojeistot ja muita kalusteita tilanvarausten vuoksi. Kuvassa (5) on näkymä sähkötilasta PDMS-suunnitteluohjelmasta.



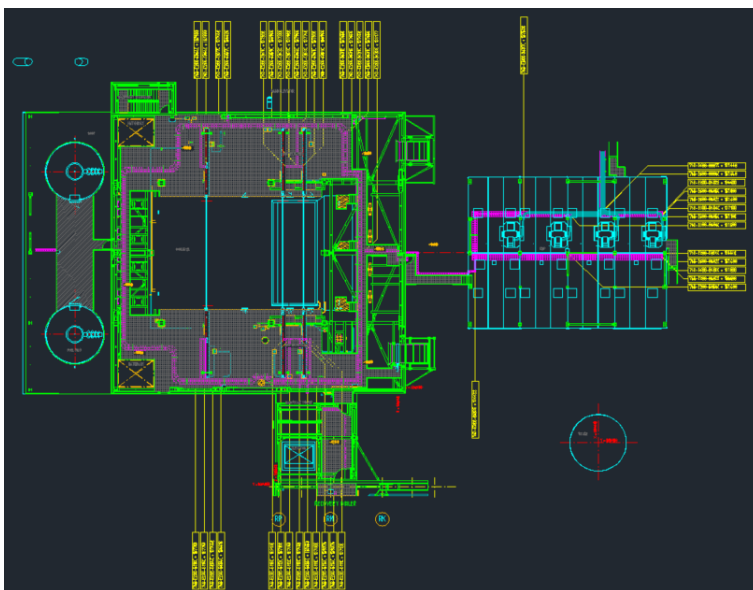
Kuva 5. Sähkötila PDMS-suunnitteluohjelmassa

Sähkösuunnittelussa on siirrytty vähitellen jo Aveva:n uudempaan E3D-suunnitteluohjelmaan ja suunnittelu tehdään Draw-modulilla. E3D:n graafinen ulkoasu on vanhempaan PDMS:ään verrattuna moderni ja selkeämmin hahmotettava. Toiminnallisuudet ovat ohjelmassa lähes tulkoon samat kuin aiemmassa. Kuvassa (6) näkymää kattilasalista kaapelihyllyineen E3D-ohjelmasta.



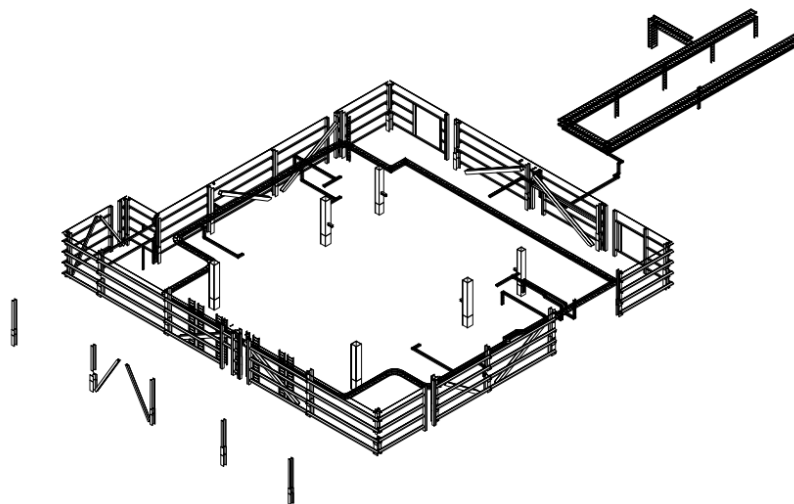
Kuva 6. Kattilasalista näkymä kaapelihyllyineen E3D-ohjelma

Suunnitteluohjelmien moduuleissa Draft (PDMS) tai Draw (E3D) -tilassa tehdään suunnitelmista instrumenttisijoitus-, sähkölaitesijoitus-, kaapelihyllysijoituspiirustukset 2D-tasokuvat. Myös sähkötila layout-kuvat tehdään tarvittaessa tasokuvana. Sijoituskuviissa nähdään tageina yksilöidysti halutut instrumentit, sähkölaitteet, ja kaapelihyllyt. Jossain tapauksissa tehdään myös valaisinsijoituskuvia. Alla kuvassa (7) kaapelihyllysijoituspiirustuksen tasokuvasta kuvakaappaus PDMS-ohjelman Draft-moduulista.



Kuva 7. Draft-kuvakaappaus

Usein kaapelihyllyjen tasokuvista ajetaan isometrinen näkymä, josta helpommin voi hahmottaa hyllyreittien tasovaihtelut, kuten kuvassa (8).

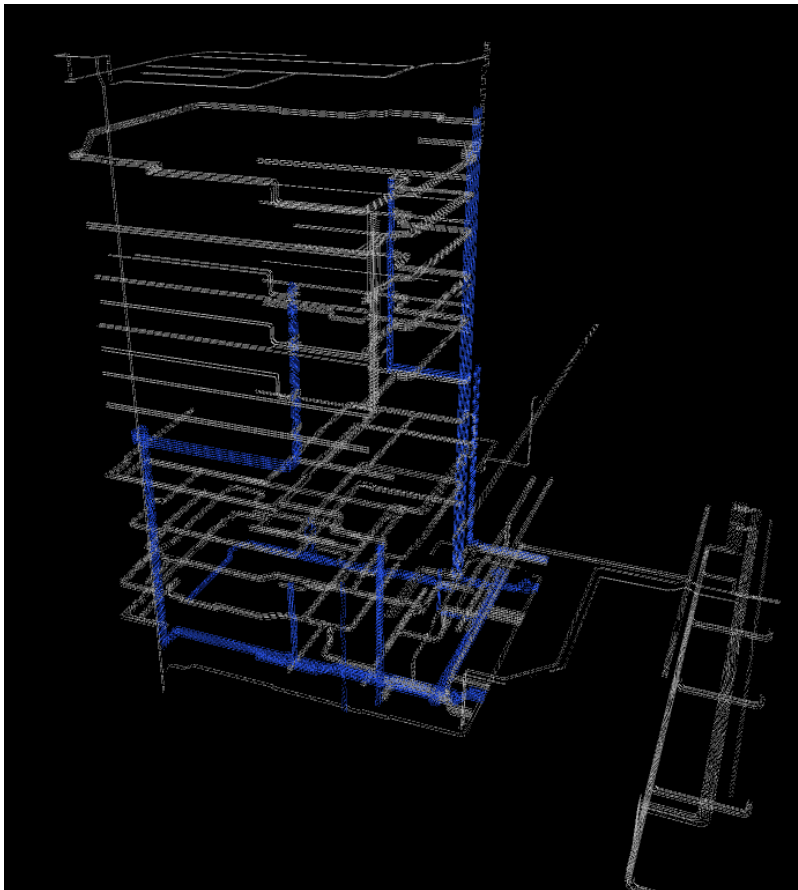


Kuva 8. Kuvakaappaus kaapelihyllyistä isometrisessä muodossa.

3.3.1 Navisworks-ohjelma

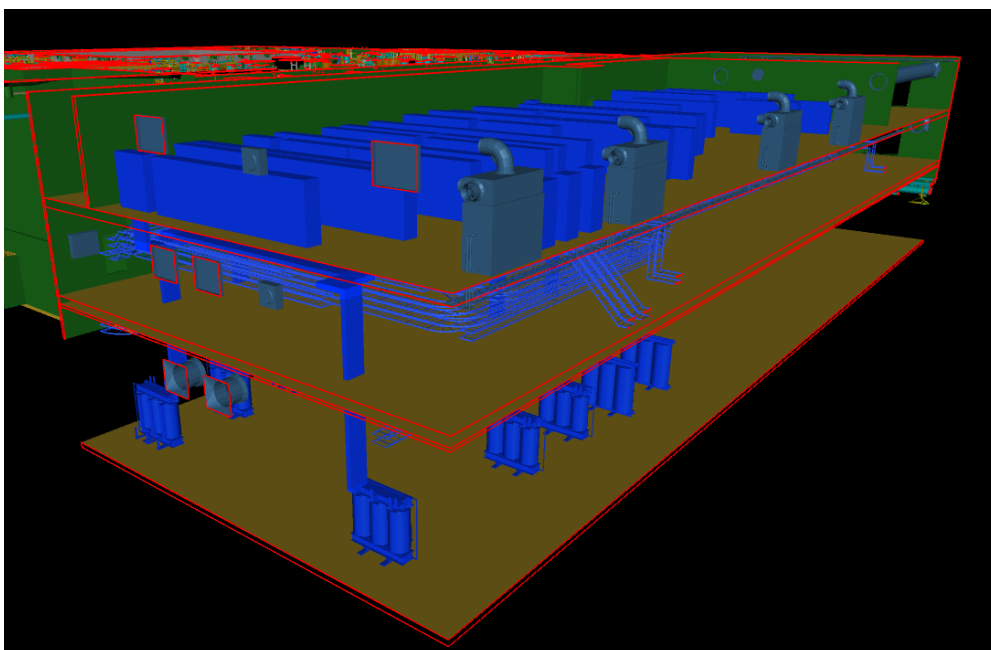
Navisworks on Autodesk:n tuottama ohjelmisto, jonka avulla voidaan avata ja yhdistellä eri 3D-malleja. Mallikatselmusta varten ajetaan PDMS /E3D -mallista automaattisesti tai tarvittaessa manuaalisesti Navisworks-malli. Navisworks-mallin avulla voivat projektin eri osapuolet tarkastella mallia ja keskustella tarvittavista muutoksista. Navisworks-mallissa voidaan kulkea hiirtä liikuttamalla ensimmäisen persoonan näkökulmasta katsottuna. Liikkumisen lisäksi tärkeä ominaisuus Navisworks-mallissa on mittaustyökalu. Ohjelmassa voi tehdä erilaisia leikkauksia mallista, jotta ongelmakohtat saadaan paremmin esiin.

Navisworks-mallissa voi valita erilaisia näkymiä ja piilottaa tarvittaessa rakenteita, jotta voitaisiin tarkastella esimerkiksi kaapelihyllyreittien jatkuvuutta ja kokonaisuutta. Alla olevassa kuvassa (9) on kuvaan jätetty vain vaakatasossa olevat päähyllyreitit ja nousuhyllyt, näin suunnittelija voi tarkastaa onko hän esimerkiksi muistanut mallintaa hyllyt toisiinsa yhdistyen.



Kuva 9. Kaapelihyllyt Navisworks-mallissa.

Alla olevassa kuvassa (10) voidaan Navisworks-ohjelmalla tarkastella sähkötila-rakennuksen eri kerroksissa sijaitsevia kojeistotilaa, muuntajatilaa ja kaapelihyllyhuonetta.



Kuva 10. Sähkötilarakennus Navisworks-mallissa.

3.4 Voimalaitoshankkeen vaiheet

3.4.1 Tarjousvaiheen suunnittelu

Ennen kuin voimalaitos projekti on myyty potentiaaliselle asiakkaalle, tarjousvaiheessa mallinnetaan vähintään 2D-muodossa kattilaitos ja mahdolliset muut osa-alueet, kuten rikkihappolaitos, kaasutin sekä sähkötilat - riippuen mahdollisen asiakkaan haluamasta tarjouskokonaisuudesta. Usein tehdään potentiaalisimmista kattilaitoksista myös alustava 3D-malli, jossa on sijoitettuna kattilalaitokseen pääasialliset prosessilaitteet sekä ja sähkösuunnittelun puolesta pääkaapeliyhlyyreittien pystynousut. Sähkötilarakennus voidaan mallintaa keveimmillään 2D-muodossa CAD-ohjelmalla.

3.4.2 Perussuunnittelu

Perussuunnittelussa laitoksen tiedot tarkentuvat myyntivaiheesta. Sähkösuunnittelun osalta tarvitaan ensin kulutuspisteluetelo. Kulutuspisteluetelosta löytyvät sähköä tarvitsevat laitteet, kuten moottorit, lämmittimet. Isot moottorit ovat kattilalaitoksen päälaitteita. Voimalaitos kaupan varmistuttua, aloitetaan ensimmäiseksi mallintamaan ja päivittämään mahdolliset myyntivaiheenaikaiset kaapeliyhlyjen pääreitit. Tämä aloitetaan siksi, jotta voidaan pyrkiä löytämään parhaat mahdolliset kaapeliyhlyreitit isoille kaapelimassoille ja isoille moottorikaapeleille näiden kustannustehokasta asennusta varten. Isot moottorikaapelit ovat paksuja sekä painavia ja tästä syystä myös taivutussäteet ovat näillä kaapeleilla suuret. Näiden järeiden kaapeleiden kaapeliyhlyjä täytyy myös kannatella teräs- tai betonirakenteista kolmen metrin välein ja usein mallinnetaan jo perussuunnitteluvaiheessa kannakkeet kaapeliyhlyille.

Usein mallinnetaan väliaikaisia-teräksiä (temp steels), joiden avulla pyydetään terässuunnittelulta lisää tartuntateräksiä laitokseen kaapeliyhlyjen kiinnityksen helpottamista varten. Suuret voimakaapelit täytyy joissain tapauksissa mallintaa 3D-malliin, jotta voidaan paremmin arvioida niiden vaatima tila ja pituudet sekä kaapelireitin toteutettavuus. Minimoimalla suunnittelussa suurien voimakaapeleiden menekki, on mahdollista saavuttaa suuriakin kustannussäästöjä.

Kaapelihyllysuunnittelun edetessä 3D-malliin ilmestyy hiljalleen myös putkisuunnittelun edetessä erikokoisia putkia, joiden kanssa täytyy pyrkiä sovittamaan yhteisiäkin reittejä. Teräsrakennesuunnittelun edetessä täytyy myös tarkkailla, että joudutaanko jo suunniteltuja kaapelihyllyjä muokkaamaan. Kaapelihyllyjä muokataan, jotta saataisiin poistettua törmäykset eri osa-alueiden, kuten terästen ja putkistojen välillä. Kaapelisuunnittelun edetessä täytyy tarkkailla, että jokaiselle sähköä kuluttavalle laitteelle ja instrumentille on mahdollista kaapeloida kaapelit hyllylle tai loppumatka edes yksittäisillä putkilla.

Joissakin projekteissa toimitetaan asiakkaalle vain ehdotus sähkötilan tilasuunnittelusta kojeistoineen, mutta toisinaan sähkötila mallinnetaan ns. loppuun asti. Sähkötilaan mallinnetaan usein muuntajat, kojeistot, isot ja pienemmät taajuusmuuttajat, automaatiojärjestelmäkaapit, tuolit ja pöydät. Painavimmille edellä mainituille objekteille täytyy yleensä antaa kuormatiedot rakennesuunnittelua varten. Jos sähkötilassa on erikseen kaapelitila kojeistotilan alla, suunnitellaan kaapelireitit ja kaapelihyllyt mallinnetaan tähän tilaan. 3D-sähkösuunnittelija laatii lähes aina myös seinien ja lattioiden aukotuskuvan kaapeleiden läpivientejä varten ulos sähkötilasta kattilahuoneeseen tai ulkotiloihin.

3.4.3 Detaljisuunnittelu

Osaston ulkopuolella tehtävästä detaljisuunnittelusta saadaan projektin edetessä tiedot malliin lisättävistä instrumenttien kenttäkoteloista, huoltopistorasioista ja muista malliin tilanvarauksen vaativista sähköosaston objekteista. 3D-sähkösuunnittelija seuraa myös malliin lisättävien instrumenttien nimeämisen oikeellisuuden, koska instrumentoinnin detaljisuunnittelu tarvitsee tiedon instrumenttien sijoittumisessa mallissa.

Detaljisuunnittelu suunnittelee sähköjärjestelmien kaapeloinnit ja laskevat kaapeleiden paksuudet ja määrittävät kaapelipituudet eli reitittävät kaapelit perussuunnittelussa mallinnettujen hyllyjen mukaan. Detaljisuunnittelu suunnittelee sähkö- ja instrumenttikoteloiden layoutit ja johdotukset.

3D-sähkösuunnittelijat mallintavat malliin tilanvarauksena erilaisia sähkö -ja instrumenttikoteloita, pistorasiakeskuksia, eri kokoisia turvakytкимиä, jog-kytkimiä ja joskus myös valaisimia.

3.4.4 Asennustyömaan tukeminen

Sähkösuunnittelu tuottaa asennusdokumentaatiota työmaita varten. Suunnittelun ja työmaan välinen kommunikaatio voi olla välillä haasteellista ja on tärkeätä, että yhteisymmärrys saavutetaan. Aina pelkkä paperille tulostettu dokumentaatio asennettavien sähkölaitteiden ja instrumenttien tai kaapelihyllyjen tarkoitetusta asennuspaikasta ei ole se paras tapa. Työmaaolosuhteissa asennusryhmän työnjohtajilla on vähintäänkin toimistokontilla tietokone käytössä, josta voi tarkastella Navisworks-katselumallia kattilalaitoksesta. Navisworks-mallista on hyvä tarkastella yksityiskohtaisemmin, mihin mikäkin laite on tarkoitettu suunnittelussa asennettavan ja miten päin.

Työmaalla tapahtuneiden muutosten vuoksi täytyy usein asentaa hyllyt, sähkökotelot ja laitteet hieman eri tavalla kuin mitä suunnittelija on ajatellut. Usein asennuksen aikana täytyy käydä työmaan ja suunnittelun välisiä keskusteluja sähköpostin ja puhelimen välityksellä tarvittavista kaapelihyllyreittien muutoksista. Työmaa-aikaisista muutoksista suhteessa alkuperäisiin suunnitelmiin tehdään yleensä asennusväen toimesta punakynäkuvat kattilalaitoksen loppukuvia varten.

Asennusten jälkeisiin käyttöönottoihin ja automaationtesteihin on normaalisti matkannut kohteeseen useita henkilöitä, mutta etenkin nykyisen COVID-19 -tilanteen takia on testausvaiheissa jouduttu turvautumaan etäkäyttöönottoihin tekniikan niin salliessa.

4 Virtuaalitekniikat

Immersio on keskeinen osa virtuaalisia tekniikoita. Lyhykäisydessään termi immersio tarkoittaa uppoutumista toiseen ympäristöön tai todellisuuteen. Immersiivisyyden tunne tulee siitä, kun käyttäjä kokee olevansa hetkisen verran toisessa ympäristössä, kuin missä hän fyysisesti todella on, mutta toisen todellisuuden tuomat kokemukset tuntuvat todellisilta. (LAB8, N.D.)

4.1 Virtual Reality (VR)

Virtual Reality eli virtuaalitodellisuus tarkoittaa käyttäjän upottamista tietokoneella luotuun kolmiulotteiseen keinotekoiseen suljettuun maailmaan. Käyttäjä näkee virtuaalitodellisuuden päässänsä olevien datalasiensa kautta, ja hän ei näe enää fyysistä ympäristöään, joten hän voi täysin keskittyä keinotodellisuuteen. Datalasit päässänsä käyttäjä voi tuntea, että hän juoksee, hyppää, ratsastaa tai vaikkapa lentää. Ympäristön, jonka hän näkee, tuntuu oikealta ja äänet kuulostavat todellisilta. (Ficom, 2020)

Virtuaalitodellisuuden laitteita tehtiin alun perin jo 1960-luvulla. Morton Heilig:n kehittämällä Sensorama-laitteella (kuva 11) voitiin katsella lyhytelokuvia ja samalla hyödynnettiin hajuaistia, stereo ääntä, penkin värinää, tuulen puhallusta hiuksiin. Heiligiä pidetäänkin virtuaalitodellisuuden isänä ja hän myös patentoi ensimmäiset päähän puettavat näyttölasisit (kuva 12), jotka tarjoavat laajan 3D-maiseman ja stereoäänen. (Arts, 2020)



Kuva 11. Sensorama.



Kuva 12. Telesphere mask (Arts, 2020)

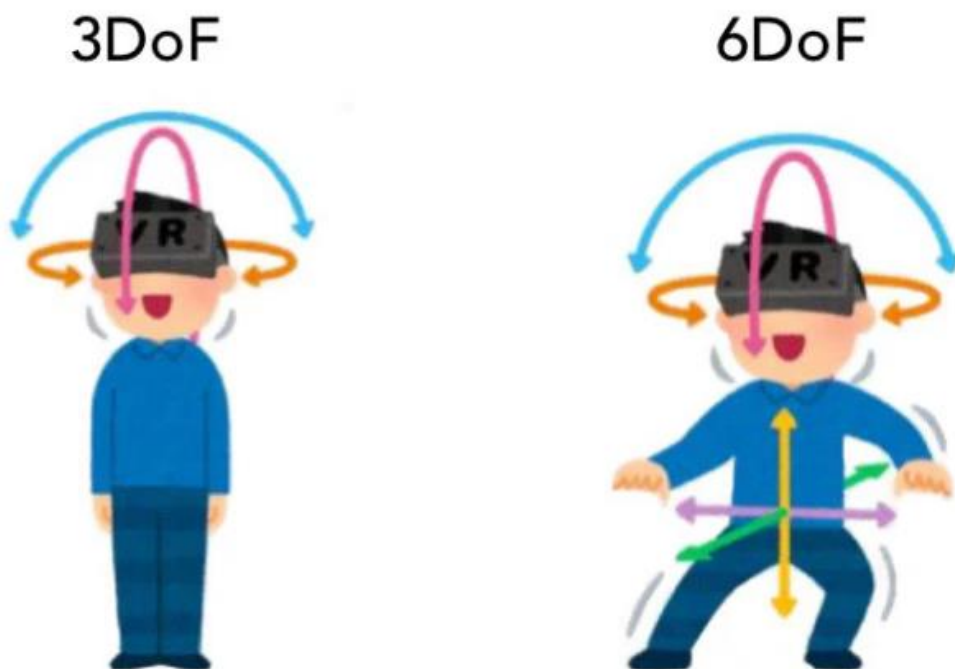
Teknologian kehityksen myötä virtuaalitodellisuuden laitteet ovat tehokkaampia ja helpompia käyttää nykyään. Virtuaalilaseille on kohtalaisen helppoa luoda ohjelmasisältöä käyttämällä Unity 3D tai Unreal Engine pelimoottoreita - toki tarvitaan tietokoneelta tehoa, sujuvaan ruudunpäivitykseen. (Visuri, 2017)

Monet isot teknologiafirmat julkaisivat kuluttajille tarkoitettuja virtuaalilaseja vuonna 2016. Nämä lasit ovat pääsääntöisesti tarkoitettu VR-pelien pelaamiseen sekä 360° -videoiden katseluun. Virtuaalisen todellisuuden hyödyntäminen kasvaa useilla aloilla lääketieteestä, opetuksesta ja teollisuuteen. Virtuaalitodellisuudesta on ennustettu tulevan tärkeä tietokonealusta.

Tehokkaimmat VR-lasit tarvitsevat suorituskykyisen tietokoneen aisaparikseen. Tällöin virtuaalimaailman tuntu on parhaimmillaan ja lasilla on mahdollista tunnistaa käyttäjän liike, sijainti ja käsien hyödyntäminen liikkumisessa. Älypuhelimella käytettävät lasit ovat kevyempiä tekniseltä vaatimuksiltaan ja myös ominaisuuksiltaan. Virtuaalitodellisuus on mahdollista tuoda suurien massojen saataville mobiililaitteiden avulla.

Jos virtuaalisovellus on suunniteltu huonosti, on käyttäjä voinut kokea pahoinvointia, mutta uudemmissa laseissa tätä on pyritty vähentämään. Sovellustenkehittäjät tuntevat vastuunsa ja kertovat, jos tuote ei sovellu kaikkien käytettäväksi. Toki laseja ei ole aiemmin suunniteltu käytettäväksi tuntien peleihin ja silmät väsynevät, jos venyttää käyttöä pitkäksi. (Pänkäläinen, Virtuaaliodellisuus – 108 miljardin markkina vuonna 2021?, 2017) (Pänkäläinen, Virtuaalilasit – esittelyssä 6 parasta mallia!, 2017)

Virtuaaliodellisuudessa paikan seuranta voi toimia usealla eri tavalla. Useat halvemmat VR-lasit ovat käyttäneet rotationaalista seuranta eli rotational tracking (3DoF) eli kolmen eri vapausasteen liikettä ja asentoja seuraavaa seuranta. Hieman kalliimmat itsenäiset VR-lasit ovat käyttäneet sijainnillista seuranta eli positional tracking (6DoF) eli kuuden eri vapausasteen liikettä ja asentoja seuraavaa seuranta. Alla olevassa kuvassa (13) havainnollistetaan 3DoF ja 6DoF eroavaisuuksia eli kuinka rotationaalinen seuranta eroaa positionaalista liikkeen seurannasta. (Heaney, 2019)



Kuva 13. 3DoF ja 6DoF erot (Heaney, 2019)

Sijaintiin perustuvia seurannan (6DoF) tyyppejä on olemassa useita erilaisia. Inside-out tracking -tyypissä liikettä seuraava kamera on olemassa päässä pidettävässä virtuaalilaitteessa. Outside-in tracking -tyypissä liikettä seuraava kamera on päässä pidettävän virtuaalilaitteen ulkopuolella, mutta sen näkökentässä. Markerless tracking -tyypissä tunnistetaan objektien piirteisiin ja pintojen sävyeroihin. Markerless inside-out tracking -tyyppisessä yhdistelee markkeritonta seurantaan päässä olevan virtuaalilaitteen sisäiseen seurantaan. Markerless outside-in tracking -tyyppinen seuranta yhdistää markkerittoman seurannan virtuaalilasien ulkopuolisten majakoiden kanssa. (Xinreality community, N.D.)

Langaton seuranta (Wireless tracking) käyttää useita ankkureita, eli tageja, joita on sijoitettu ympäri seurattavaa aluetta ja yhtä tai useampaa tagia seurataan. Tämän tekniikan voidaan sanoa olevan kuin sisätilojen GPS. IndoTraq yhtiön tuote päivittää käyttäjän paikkatiedon 60 kertaa sekunnissa ja tällä yritetään välttää pahoinvointia. (R, 2016)

Optiseen seurantaan (Optical tracking) on useita tapoja, ja kaikki näistä käyttävät useita kameroita sijainnin määrittämiseen. Optiseen seurantaan markkereiden kera tarvitaan objekti, jossa on jokin tunnettu kuvio, esimerkiksi QR-koodi. VR-lasien kamera tai kamerat jatkuvasti etsivät missä markkerit sijaitsevat. Markkerit voivat olla passiivisia tai aktiivisia. Aktiiviset markkerit yleensä ovat säännöllisesti vilkkuvia infrapunavaloja, jotka kamera tunnistaa ja passiiviset markkerit ovat takaisinheijastajia, jotka heijastavat infrapunavalon takaisin valonlähteeseen. (Boger, 2014)

Optinen seuranta voi olla myös markkeritonta, jos objektin geometria on tuttua, kuten CAD-mallissa. Markkeriton seuranta voi onnistua myös ilman tunnettua objektia, esimerkiksi vartalon tai kasvojen seuranta. Optinen seuranta vaatii jatkuvan näkymän valonsäteille vastaanottavaan kameraan tai muuten data vääristyy. (Boger, 2014)

Kiihtyvyyteen perustuvassa seurannassa (Inertial tracking) käytetään kiihtyvyyssantureita ja gyroskooppeja. Tämän tekniikan etu on edullisuus ja korkea päivitysnopeus, tosin liukumista alkuperäisestä paikasta voi tulla ja pelkästään tällä seuranta tavalla vaikea luottaa sijainnin määrittämiseen. (Boger, 2014)

Antureiden yhdistämiseen perustuvassa seurannassa (Sensor fusion) yhdistetään tietoa useammasta seurantatekniikasta, esimerkiksi optisesta ja kiihtyvyyteen perustuvasta. Tekniikoiden yhdistämisellä kompensoida kiihtyvyyden seurannan paikalta liukuminen tai optisen seurannan markkereiden piilossa olevien ongelmien. (Boger, 2014)

Magneettisessa seurannassa (Magnetic tracking) mitataan magneettikentän voimakkuutta eri suunnissa. Yleensä tukiasema luo vaihtovirran, tasavirran tai tasavirtapulssin ja kun etäisyys mittapisteen ja tukiaseman välillä kasvaa luonnollisesti magneettikentän voimakkuus pienenee. Jos mitattavaa kohdetta kääntää, magneettikenttä muuttuu ja näin tunnistetaan akselien muutos. Magneettisen tarkkuus voi olla hyvä vakaassa ympäristössä, mutta magneettikenttiä luovat laitteet ja johtavat voivat aiheuttaa häiriötä. (Boger, 2014)

Akustinen seuranta (Acoustic tracking) toimii siten, että mitataan tiedetyn äänisignaalin matkaama aika tiettyyn vastaanottimeen. Yleensä useita lähettäjiä on aseteltu seurattavalle alueelle ja samaten useita mikrofoneja seurattaviin kohteisiin. Kun vastaanottimet tietävät, koska signaali on lähetetty, tiedetään objektin suhteellinen asento ja sijainti. Akustinen seuranta vaatii aikaa vievää kalibrointia ja on herkkä mittausvirheelle, jos ympäristössä on melua eikä toisaalta tarjoa kovin suurta päivitystaajuutta. Akustista seuranta käytetäänkin muiden seuranta tekniikoiden lisäksi. (Boger, 2014)

Virtuaalitodellisuuteen voidaan luoda sisältöä tuomalla myös todellisesta maailmasta 360° -videota. Sisältö voi olla myös täysin keinotekoisesti tietokoneella luotua. Virtuaalitodellisuuden sisältö voi olla myös todellisen ja keinotekoisien yhdistelmää. (Kaitlyn, 2017)

4.2 Augmented Reality (AR)

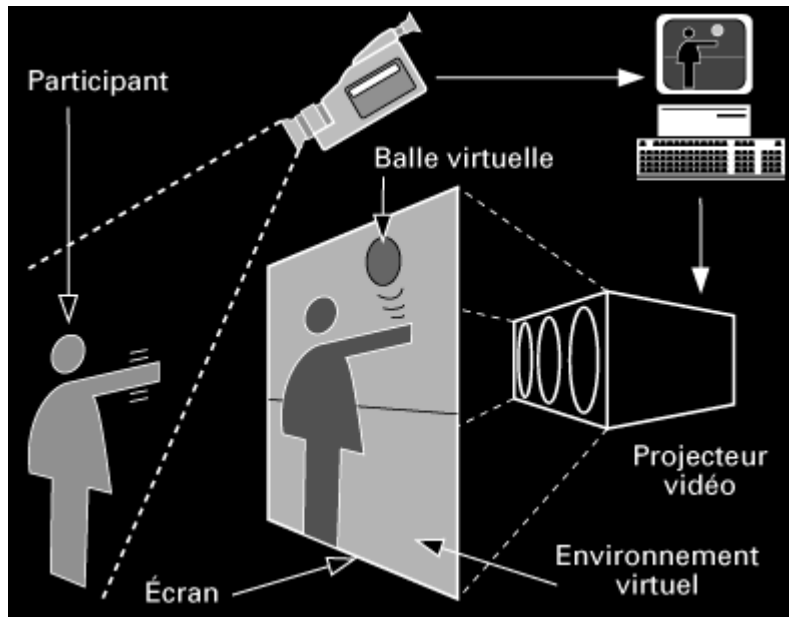
Augmented reality eli lisätty todellisuus tarkoittaa kokonaisuutta, johon todelliseen ympäristöön on liitetty tietokoneella tehtyä materiaalia ja näitä tarkastellaan erilaisten näyttöjen kautta. Materiaalit voivat sisältää ääntä, videota, kuvia, GPS-tietoja sekä tekstiä. AR:n välityksellä on mahdollista reaaliaikaisesti ja vuorovaikutteisesti hahmottaa ongelmia 3D-muodossa. Erilaisiin ympäristöihin käyttäjä voi käyttää datalaseja tai mobiililaitetta. (Ficom, 2020)

Näyttöjä, joilla voidaan katsella lisättyä todellisuutta ovat jaettavissa kolmeen päätyyppiin: Pään puuttavat eli Head-Mounted-Display(HMD), kädessä pidettäviin (Handheld) ja projisoitavaan (SAR). HoloLens -lasit ovat esimerkki pään puuttavasta laitteesta, matkapuhelin voi olla kädessä pidettävä laite ja projisoitava laite voi olla videoprojektori. (Carmigniani & Furht, 2011).

Paikanmäärittäminen on toteutettu esimerkiksi Microsoftin toisen sukupolven HoloLens 2 AR-laseissa 6DOF-seurannalla ja laseissa on gyroskooppi, magnetometri, kiihtyvyyssanturi, näkyvän valon kameroita, IR-kameroita, syvyys sensori ja varsinainen kamera. HoloLens -lasit seuraavat käyttäjän käsiä, silmiä ja ääntä ja skannaavat ympäristöstä 3D-karttaa. (Palladino, 2019)

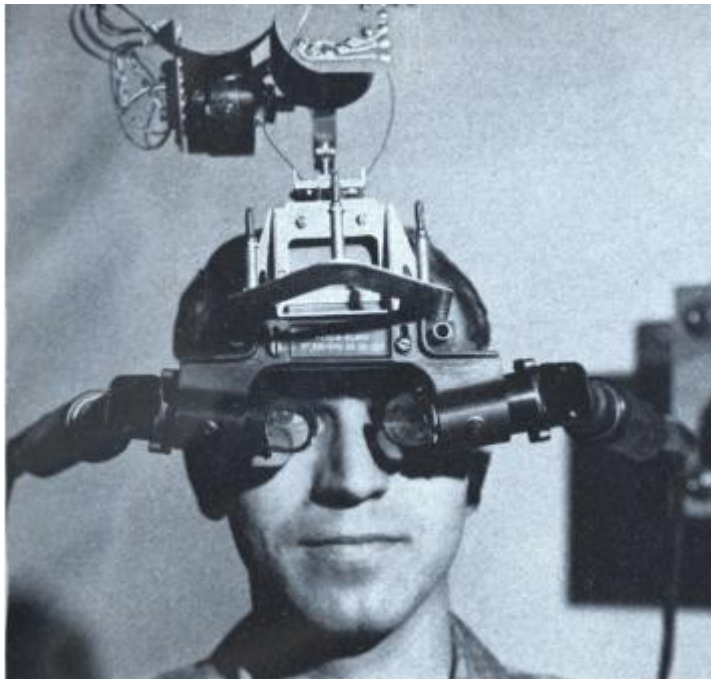
Entisen Boeing tutkijan Tim Caudell:in uskotaan keksineen nimityksen AR-termin vuonna 1990. Caudell tutki David Mizell:in kanssa tapaa, jolla voisi ohjeista työntekijöitä asentamaan uuden suihkukoneen monimutkaisia osia käyttäen läpinäkyvää näyttöä. (Sariego, 2019)

Myron Kruegeria pidetään AR:n pioneerina hänen kehittämänsä Videoplace-laitteistonsa vuoksi (kuva 14). Videoplace-laitteistossa kamera kuvasi käyttäjää ja tämä kuva yhdistettiin virtuaalisen objektin kanssa ja nämä heijastettiin seinälle. Käyttäjä näki koko ajan oman hahmonsa ja pystyi reaaliaikaisesti vaikuttaa keino-otekoiseen objektiin. (Krueger, 1975)



Kuva 14. Videoplace-laite (Krueger, 1975)

Tietokonegrafiikan isäksi kutsuttu Ivan Sutherland oppilaineen loi ensimmäisen varsinaisen päähän istutettavan näyttölaitteen (HDM). Tätä laitetta kutsuttiin Damokleen miekaksi, koska se oli painava ja katosta ripustettava. Tässä laitteessa oli jo päänliikkeen seuranta ominaisuus. Damokleen miekka kuvassa (15) alla. (Sutherland, N.D.)



Kuva 15. Damokleen miekka (Sutherland, N.D.)

Ronald T. Azuma on määritellyt vuonna 1997 lisätyn todellisuuden kolmen pääkohdan mukaan yhdistäen todellisen ja virtuaalisen maailman, lisäksi vuorovaikutus näiden välillä on reaaliaikainen. Kolmas olennainen osa lisättyä todellisuutta on kyky kohdistaa virtuaalisia -ja reaaliobjekteja toisiinsa. (Azuma, 1997)

Niantic labs:in kaiken ikäisille kehittämä mobiilipeli Pokemon Go hyödyntää lisättyä todellisuutta. Peli toimii IOS ja Android laitteilla. Pokemon Go -pelissä on tehtävänä etsiä Pokemonia käyttäen realistisen ja virtuaalimaailman yhdistelmää. Pelissä taustana on virtuaalinen maastokartta mobiililaitteen ruudulla ja pelaajan sijainti määritellään puhelimen GPS-signaalin kautta. Tässä pelissä voi siirtyä AR-tilaan VR-tilasta, jolloin pokemonit yhdistyvät todelliseen näkymään puhelimenäytöllä. Pelissä kohde pokemonin löydyttyä kartalta, pelaajan täytyy klikata laitteesta löydettyä hahmoa, ja siirrytään AR-tilaan, jossa sitten voidaan pyydystää hahmo heittämällä virtuaalipallo sitä kohti. Kuvassa (16) alla näkymä Pokemon Go-pelistä. (Niantic, Inc., N.D.) (Niantic Inc., N.D.)

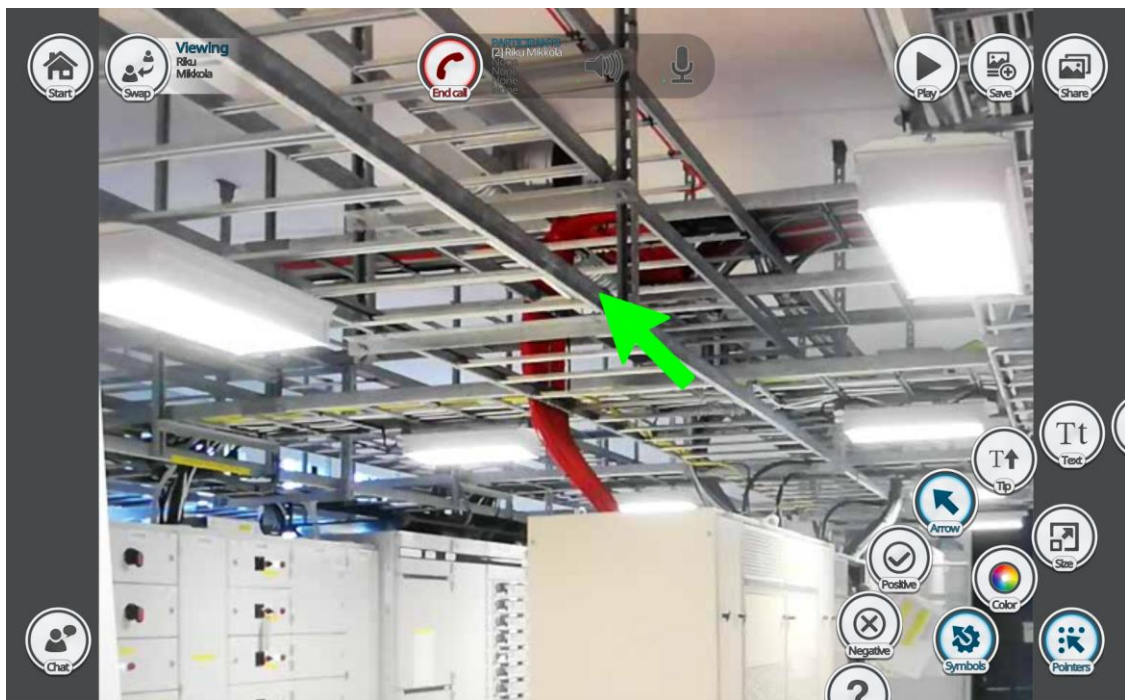


Kuva 16. Pokemon Go AR-mobiilipelisovellus

4.2.1 POINTR- sovellus

Vuonna 2013 perustettu Delta Cygni labs on julkaissut Pointr-nimisen AR-sovelluksen. Ohjelman idea lähti siitä, kun täytyi saada työkalu kommunikoinnin parantamiseksi avaruusaseman ja maanpinnalla sijaitsevat komentokeskuksen välillä. Työkalun täytyi toimia asennuksen tukena kapealla ja pätkimisherkällä tietoliikennekaistalla. Pointr-sovelluksella yhteys on tietoturvallinen käytettäessä mobiiliverkkoa tai WiFi-verkkoa, koska sillä on oma tiedonsiirtoprotokollansa. Sovellus tarjotaan asiakkaille SaaS-palveluna eli ohjelmalla ei ole asiakaskoh- taista tuotantoympäristöä, vaan sama ympäristö palvelee kaikkia asiakkaita ja käytöstä maksetaan sen laajuuden mukaan. (Kuula, 2020)

Ohjelma toimii eri alustoilla, kuten Windows, Mac, Android tai älylaseilla. Ku- vassa (17) alla on työmaalta sähkötilasta matkapuhelimella kuvatusta liveku- vasta otettu still-kuva. Tähän kuvaan on Pointr-sovelluksen PC-työpöytäversi- olla lisätty kommentiksi nuoli osoittamaan tiettyä kaapelihyllyä ja tämä merkintä näkyy työmaalla olevan kännykässä, mutta kommunikointi ruudulla käy halutta- essa molempiin suuntiin. (Kuula, 2020)

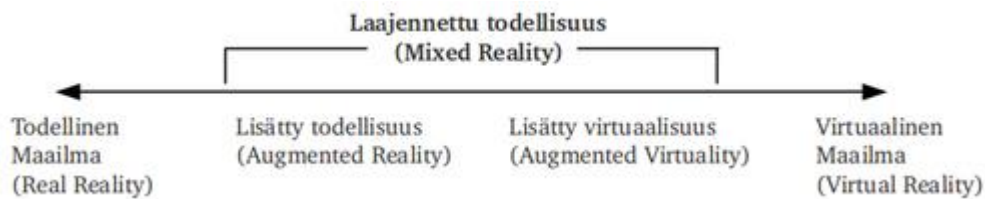


Kuva 17. Näkymä Pointr-sovelluksesta.

4.3 Mixed Reality (MR) ja Extended Reality (XR)

Mixed Reality (MR) eli yhdistetty todellisuus yhdistää virtuaalisen ja todellisen maailman ominaisuuksia. MR viittaa kaikkiin mahdollisiin yhdistelmiin virtuaalisten sekä reaali- ja maailmojen välillä. Tämä sisältää lisätyn todellisuuden ja lisätyn virtuaalisuuden. (Ficom, 2020)

Lisätty todellisuus (AR) voidaan liittää terminä hieman laajempaan nähtävään käsitteenä yhdistettyyn todellisuuteen, joka nähdään jana, jonka toisessa päässä todellinen maailma ja toisessa päässä virtuaalinen maailma. Tämä tunnetaan Paul Milgramin kehittämänä Milgramin jatkumona, kuten kuvassa (18) esitetään. (Milgram, 1994)



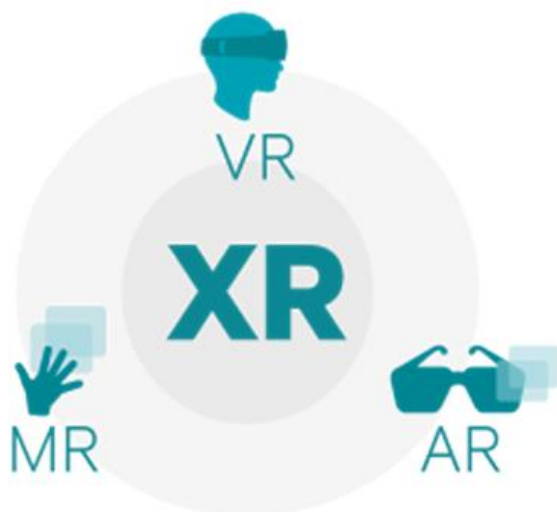
Kuva (18). Milgramin jatkumo (Ficom, 2020)

Extended Reality (XR) eli laajennettu todellisuus viittaa terminä kaikkeen todellisen ja virtuaalisen ympäristön yhdistämiseen tietoteknisesti ja päälle puettavien laitteiden osalta. X-kirjain voi olla XR-lyhenteessä voi olla mikä tahansa kirjain. (Kaitlyn, 2017)

4.4 AR, MR, VR, XR tekniikoiden eroavaisuudet

Teknologia Virtuaalitekniikoiden saralla vilisee erilaisia käsitteitä ja lyhennelmiä. Selkeyttämään ja erottamaan näitä tekniikkoja toisistaan, voidaan alla olevassa kuvassa nähdä pelkistetysti tekniikoiden vuorovaikutus toisiinsa. Virtuaalitodellisuudessa (VR) ihminen uppoutuu keinotekoiseen ympäristöönsä täysin. Lisätyssä todellisuudessa (AR) luodaan keinotekoisia sisältöä todellisen päälle ilman tämän vuorovaikutuksen mahdollisuutta ympäristöön.

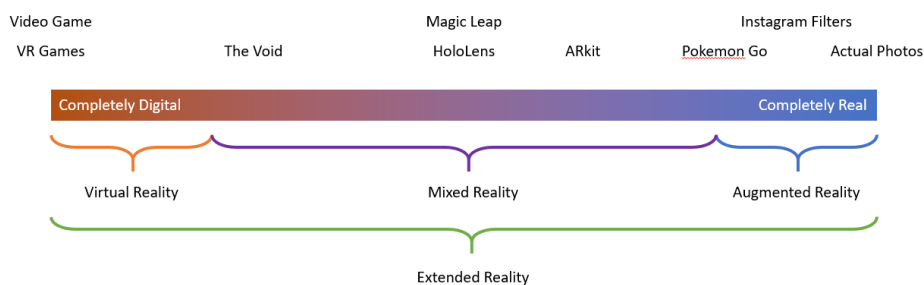
Yhdistetyssä todellisuudessa (MR) sekoitetaan virtuaalitodellisuus todelliseen ympäristöön, jossa on keinotekoisia kohteita, jotka voivat vuoro vaikuttaa todellisen ympäristön kanssa. Laajennettu todellisuus (XR) yhdistää kolme edellä mainittua tekniikkaa yhteen (kuva 19). (North of 41, 2018)



Kuva 19. Virtuaalikäsiteiden erot (North of 41, 2018)

VR-pelit ovat täysin keinotekoisia elementtejä sisältäviä. Esimerkkejä erilaisten virtuaalilasien ja sovellusten sijoittumisesta virtuaalitekniikoihin: Peliä The Void pelataan VR-lasit ja haptiset eli tuntoaistiin perustuvat varusteet puettuna tilassa, jossa on rajoina seiniä ja ovia ja tässä pelissä virtuaalitodellisuus kohtaa reaali maailman. HoloLens välityksellä koettu on jo MR:ää ja Pokemon Go AR:ää, normaalit valokuvat ovat todellisuutta. Esimerkkejä reaali maailman ja virtuaali maailman sovelluksista on kuvassa (20) alla.

Reality – Virtuality Spectrum



Kuva 20. Virtuaalitekniikoiden kirjo. (Liu, 2018)

4.5 Laitteita

VR-laseista on viime vuosien aikana julkaistu usean eri valmistajan toimesta useita erilaisia. Alla esimerkki taulukko (1). VR-lasien valikoimasta vuonna 2016. (Pänkäläinen, Virtuaalilasit – esittelyssä 6 parasta mallia!, 2017)

Virtuaalilasit 21.3.2016 Virtuaalimaailma.fi	Google Cardboard	Samsung Gear VR	HTC Vive	Oculus Rift	Sony PSVR
Hinta	7€	n. 150€	n. 950€	n. 750€	n. 500€
Langaton	kyllä	kyllä	ei	ei	ei
Ohjaimet	ei	Kehitteillä	Käsiohjaimet mukana	Xbox ohjain, käsiohjaimet Q2 2016	Käsiohjaimet mukana
Liikkuminen VR-tilassa	ei	ei	5 x 5 m	1,5 x 1,5 m	1,5 x 1,5 m
Resoluutio	Riippuu puhelimesta	1280x1440	1080x1200	1080x1200	1080x960
Kuvataajuus	Riippuu puhelimesta	60	90	90	120
Peligrafiikan laatu	*	**	****	****	****
Parhaimmillaan	360 video	360 video	Pelit huoneen kokoisessa tilassa	Pelit istuen tai seisoen	Pelit istuen tai seisoen
Julkaisu	Myyntissä	Myyntissä	05/04/2016	28/03/2016	H1 2016
Vaatii toimiakseen	Älypuhelimien	Uudehkon Samsung puhelimen	Tehokkaan tietokoneen	Tehokkaan Tietokoneen	PS 4 pelikonsolin

Taulukko 1. Esimerkki virtuaalilasien valikoimasta 2016 (Pänkäläinen, Virtuaalilasit – esittelyssä 6 parasta mallia!, 2017)

Tämän jälkeen on markkinoille tullut itsenäiset VR-lasit Oculus Quest 2 noin 350€ hintaluokassa ja niille riittää älypuhelinsovellus, mutta niitä voi myös käyttää pelitietokoneen kanssa. Oculus Rift S tarvitsee riittävän tehokkaan tietokoneen seurakseen ja hintaluokka on 450€. Oculus -laseille tarvitaan erilliset käsiohjaimet.

4.5.1 Teollisuudessa käytössä olevia AR/MR- headsettejä

Microsoft HoloLens 2 -laseissa on katselukenttä 52°, näytönresoluutio 2K, paino 566g ja hintaluokka on 3500\$ ja akkukesto 2-3h. Laseja myydään toistaiseksi vain yritys, tai kehittäjäkäyttöön. Kuvassa (21) on HoloLens 2 -virtuaalilasit. Käyttökohteita laseille löytyy kunnossapidossa ja ongelmanratkaisuja korjaustilanteessa, koulutuskäyttöön, tuote-esittelyssä, kokoonpanossa ja automaation

datatiedon seurannassa. Työmaakäytössä täytyy olla henkilösuojaimet käytössä, joten Trimble on integroinut turvakypärään HoloLens 2 -virtuaalilasit, kuten kuvassa (22) alla. (Microsoft, 2020)



Kuva 21. Microsoft HoloLens 2 (Microsoft, 2020)



Kuva 22. HoloLens 2 integroitu kypärään T (Microsoft, 2020)

Realwear HMT-1 on älylasit, jotka soveltuvat märkiin ja kuumiin olosuhteisiin, painaa 380g, näyttö vastaa suuruudeltaan 7” ja resoluutioltaan WVGA, hinta on 2500\$. Akkukestoksi valmistaja lupaa 9-10h. Kuvassa (23) alla HMT-1 on sovitettu yhteen suojakypärän kanssa. Käyttökohteita laitteelle on esimerkiksi tekninentuki, laadunvalvonta ja suunnittelukatselmukset. (Realwear, N.D.)

Epson Moverio BT-300 AR-lasit ovat alle 700€ hintaiset, resoluutioltaan 720p HD, akkukestoltaan 6h, kuva-alueeltaan tosin vain 23°, mutta kevyet 69g ilman johtoja. Kuvassa (24) alla Epsonin älylasit. Käyttökohteina on nelikopterin lennättäjän lasit, etätuki ja kunnossapito. (Seiko Epson Corporation, N.D.)



Kuva 23. HMT-1 integroituna suojakypärään (Realwear, N.D.)



Kuva 24. Epson Moverio BT-300 (Seiko Epson Corporation, N.D.)

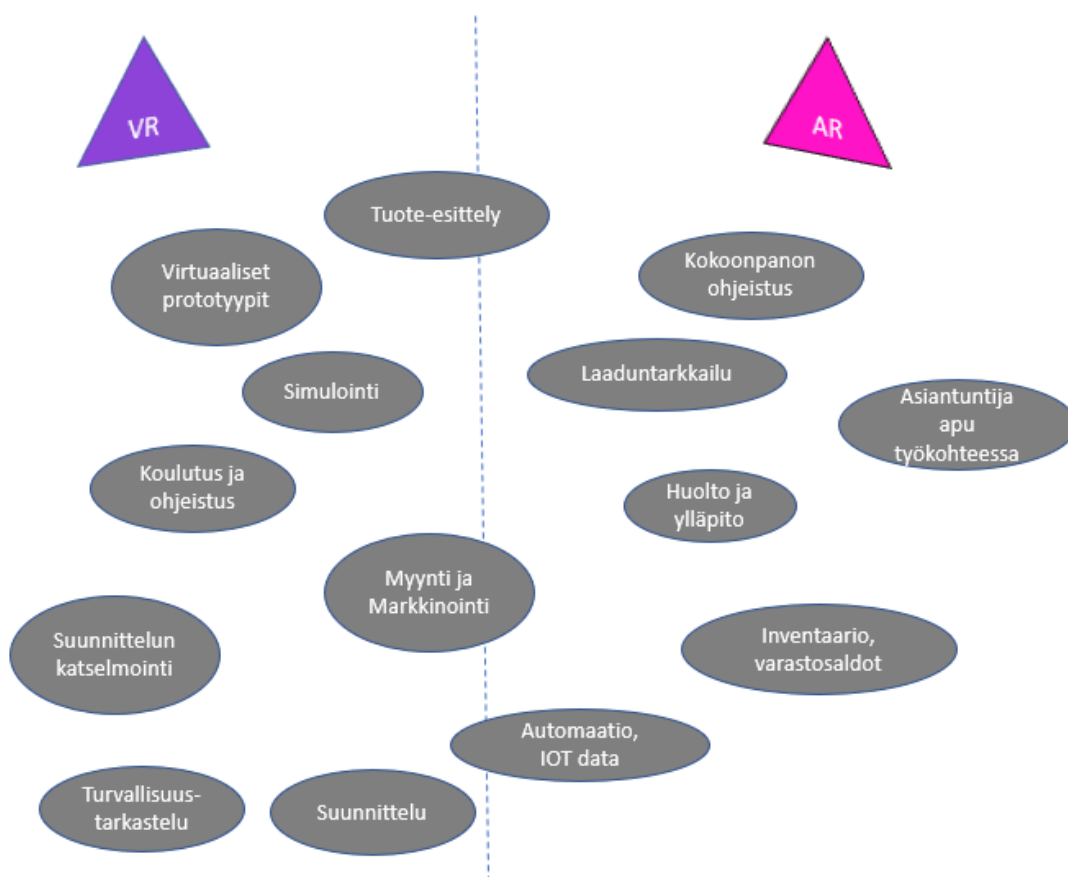
5 Virtuaalitekniikoiden sovelluksia teollisuudessa

Pienet ja keskisuuret yritykset voivat hyödyntää VR/AR-teknologiaa tuotesuunnittelussaan. Enää ei tarvitse välttämättä tehdä fyysistä prototyyppiä tuotteesta tuotekatselmusta varten, vaan tuotetta voidaan tarkastella 3D-mallista VR-lasien lävitse. Tällaisessa tuotekatselmuksessa voidaan kysyä mielipiteitä myös muilta kuin varsinaisen suunnitteluhenkilöstön jäseniltä. Huoltohenkilöstöltä voidaan kysyä mielipidettä tuotteesta jo suunnittelun alkumetreillä, että esimerkiksi kuinka huollettava tuote on. ABB teollisuusrobottien etäohjelmointi ohjelmaan RobotStudio:on on ollut tuki VR-laseille. Siemensin NX 12.02 CAD-suunnittelu-sovelluksella on myös tuki VR-laseille. Tuoreitten tietojen mukaan ABB:n RobotStudio:n on saatavilla AR viewer app (ABB, N.D.) (SeAMK, N.D.)

Tuotesuunnitteluun kuuluu myös koko laitteen elinkaaren ajattelu, suunnittelusta valmistuksesta huoltoon saakka. Virtuaalitekniikat tarjoavat tilaisuuden kokeilla tuotteen kokoonpantavuutta ja tuotetestausta ennen todellista valmistusta. Näin voidaan huomata etukäteen ongelmat ja puutteet tuotteessa tai työvaiheissa. Virtuaalisesti on mahdollista kehittää koulutusmateriaalia kokoonpanoa tai huoltoa varten. (SeAMK, N.D.)

Alla olevaan kuvaan (25) on kerätty erilaisia mahdollisia VR:n ja AR:n käyttökohteita teollisuudessa. Rajat VR:n ja AR:n käyttömahdollisuuksista eivät välttämättä ole kovin tarkat, vaan useampia tekniikoita voi käyttää eri tarkoituksiin. VR:n avulla voidaan simuloida esimerkiksi robottisolun toimintaa. Erilaisia suunnittelukatselmoitteja ja törmäystarkasteluja rakennusten ja laitosten 3D-mallista on mahdollista tehdä VR-lasien avulla. Myynnissä ja markkinoinnissa voidaan esitellä tuotteita virtuaalisesti VR tai AR-tekniikan avulla. Turvallisuustarkastelua voidaan tehdä VR:n avustuksella menemättä itse fyysisesti kohteeseen, vaan tarkastelemalla mallista vaaranpaikat. Koulutuksessa ja ohjeistamisessa voi käyttää esimerkiksi metsäkoneen koulutussimulaattoria VR:n avulla.

Laaduntarkkailussa ei ole pakko seurata vain valvomonruutua, vaan voidaan AR-lasit päässä nähdä eri prosessiarvot prosessiteollisuudessa. Kokoonpanon ohjeistuksessa, huollossa ja ylläpidossa voidaan käyttää AR-teknologiaa. Inventaarion tekemisessä, varastosaldojen tarkkailussa ja keräilyssä logistiikkayhtiöt voivat jo nyt käyttää AR-tekniikkaa. Asiantuntija-apua voidaan tarjota kauempana sijaitsevalle työmaalle, matkustamatta itse paikalle. Automaation IOT-dattaa eli esimerkiksi antureiden näyttämiä voidaan tarkastella virtuaalilasien välityksellä kannettavan tietokoneen näytön sijaan. (Keituri & Kund, 2020)



Kuva 25. VR ja AR käyttömahdollisuuksia

5.1.1 Wärtsilä

Wärtsilä Oyj käyttää päälle puettavaa AR-tekniikka mm. laivateollisuudessa työmaalla operaattorin tukitoimissa, laadunvarmistukseen, etäopastukseen ja ylläpitotoimiin. Työmaalla on heillä käytössä päähän puettava tablet-tietokone HMT-1, joka on Realwearin valmistama. HMT-1 -laite mahdollistaa täysin kädet vapaana toimimisen, tämä laite on vesi- ja pölytiivis IP66, äänikomennoilla ja päännliikkeillä ohjattava. Tämän laitteen kanssa voidaan käyttää normaaleja turvavarusteita eli kypärää ja suojalaseja. Wärtsilä käyttää HMT-1 -tabletilla Delta Cygni labsin Pointr-sovellusta työmaan ja toimiston väliseen reaaliaikaiseen puhe- ja videokuva -kommunikaatioon. Alla kuva (26) työmaalta.



Kuva 26. Wärtsilä remote guidance service (Wärtsilä Oyj, 2019)

Wärtsilän tapauksessa huoltotoiminnat usein tapahtuvat laivoissa keskellä merta. Näissä tilanteissa on reaaliaikaista videokuvaa ja puhetta siirrettävä pahimmillaan keskellä merta olevasta laivasta, jolloin ei ole perinteistä tietoliikenneverkkoa käytössä. Tällöin voidaan ottaa käyttöön LTE connectivity kit, jossa LTE-antennilla ollaan yhteydessä max.70km etäisyydellä sijaitsevaan mastoon tai satelliitti lähettimeen. LTE-reititin voidaan kytkeä laivan sähköverkkoon ja tästä WIFI-reitittimeen.

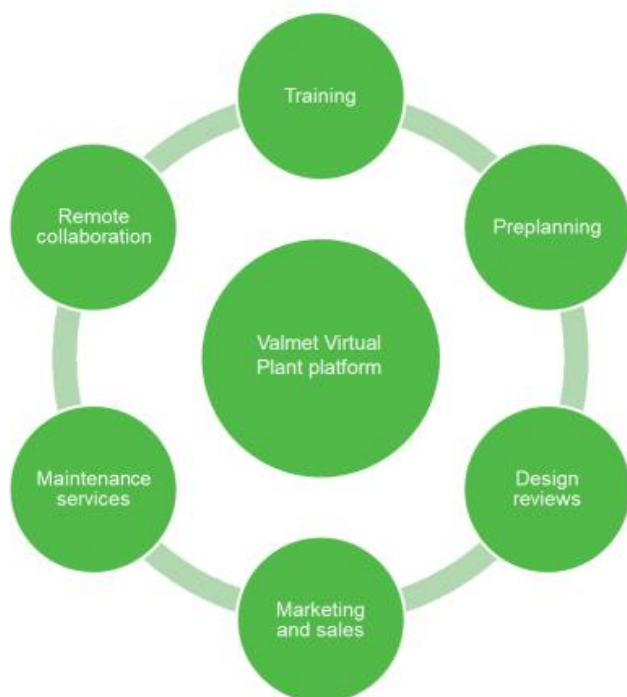
(Kuula, 2020)

5.1.2 Valmet

Valmet on lanseerannut skaalautuvan Valmet Virtual Plant -alustan. Tämän alustan on luvattu tuovan lisäarvoa laajennetun todellisuuden (XR) kokemuksen kautta räätälöidyissä asiakasprojekteissa. Avoimen laajennetun todellisuuden alustan luvataan tarjoavan mahdollisuutta tehostaa projektien elinkaarta. Valmet Virtual Plant on monikäyttöinen, useamman yhtäaikaisten käyttäjien alusta suunnittelukatselmuksen, esisuunnitteluun, ylläpitoon, koulutukseen ja asiakasprojektien eri vaiheiden etäyhteistyön toimintoihin. Tällä alustalla kyetään yhdistämään MR, VR, ja vuorovaikutteinen AR -kokemus älypuhelimien, tablettiin sekä VR taikka MR päähän puettavaan laitteeseen. (Valmet Oyj, N.D.)

Valmet Virtual Plantin luvataan tarjoavan eri sidosryhmille mahdollisuuden uppoutua suunnittelumalliin mallikatselmuksen yhteydessä uusien projektien yhteydessä. Tekniikka soveltuu myös rebuild-projektista luodun pistepilvi-mallin tarkasteluun. Valmet Virtual Plant on mahdollista käyttää koulutukseen perinteisen manuaalien ja monisteiden lukemisen sijasta. Tällä on mahdollista toteuttaa reaaliaikaista vuorovaikutusta koulutettavien ja asiantuntijoiden välillä tallennettujen todellisten tapausten kautta. (Valmet Oyj, N.D.)

Yhdistettyä todellisuutta hyödyntävänä alustana Valmet Virtual Plant parantaa etänä tapahtuvaa asiakkaan ja Valmet Performance Center:in yhteistyötä reaaliaikaisen tuen avulla HoloLens:ia käyttämällä tai matkapuhelimen AR-sovelluksen kautta. Valmetin virtuaalialustaa voidaan käyttää myös ylläpidon ja huoltojen etukäteissuunnitteluun, kun voidaan tarkastella automaatiojärjestelmään tallentunutta mittausdataa laitteilta. Virtuaalitekniikkaa hyväksikäyttäen on myös myynnissä ja markkinoinnissa mahdollista näyttää asiakkaalle, että miltä valmis laitos tulisi näyttämään. Kuvassa (27) alla Valmet Virtual Plant mahdolliset käyttökohteet. (Valmet Oyj, N.D.)



Kuva 27. XR-Valmet käyttökohteet (Valmet Oyj, N.D.)

Valmet Virtual Plant virtuaalimallissa nähdään eri laitteiden laitetunnukset eli laitetagit ja käyttäjän on mahdollista muokkailla laitetietoja. Alla olevassa (28) kuvassa tuhkakuljettimen laitetagi. (Valmet Oyj, N.D.)



Kuva 28. Tuhkakuljettimen laitetagi. (Valmet Oyj, N.D.)

5.1.3 Boeing

Lentokone valmistaja Boeingilla on 30 vuoden kokemus AR-tekniikasta. Boeing käyttää lentokoneidensa johtosarjojen asennuksen apuna Googlen Enterprise Edition AR-laseilla Upskillin Skylight ohjelmistoalustaa. Johdotuksen oikein kytkeminen lentokoneissa täytyy olla virheetöntä. Aiemmin käytettiin asennusohjeina paksua nippua kaavioita ja kannettavia tietokonetta, mutta katseen joutui kääntämään aika ajoin pois asennuskohteesta ja keskeytykset hidastivat töitä. Boeing aloitti käyttämään uutta puettavaa teknologiaa (kuva 29). Nyt asennus ei häiriinny, kun katsetta ei tarvitse kääntää pois asennuskohteesta. Älylaseja voi ohjata äänikomennoilla, älylasien kosketuslevyllä tai pään liikkeillä. Äänikomennot säästävät käyttäjän mukaan valtavasti aikaa. Älylasien avulla voi myös pyytää apua videokuvan välityksellä suunnittelijoilta. Uuden älylasien avulla käytettävän sovelluksen myötä Boeing näkee leikkaneensa tuotantoajasta 25% ja vähentäneensä asennusvirheet nollaan. Työntekijät ovat tehokkaampia, heillä on parempi ergonomia, tiedon jakaminen on helpompaa sekä on uudet työntekijöiden pääsevät nopeammin tehokkaaseen työtahtiin.

(UPSKILL, N.D.)



Kuva 29. johtosarjan asennuksesta (UPSKILL, N.D.)

6 Kenttätesti ja asiantuntijahaastattelut

6.1.1 Kenttätesti työmaalta Pointr-sovelluksella

Teimme kenttätestin E&I-neuvonantajan kanssa Pointr-sovelluksen käytöstä työmaalla Turkissa lokakuussa 2020. Hänellä oli Wurthin headset ja matkapuhelimeen kiinnitettynä halvahko Android-yhteensopiva VGA-tarkkuuteen pystyvä endoskooppikamera. Työmaalla oli 4G-matkapuhelinverkko eli tiedonsiirron nopeuden ei teoriassa pitänyt olla ongelma. Käytännössä jo toimistokontti - olosuhteessa huomasi kameran kuvanlaadun olevan heikohko, mutta tähän saattoi VGA-kuvatarkkuuden lisäksi vaikuttaa kaksi erillistä USB-adapteria puhelimen liittimen ja kameran USB-A -liittimen välillä. Kävellessä videokuvassa esiintyi viivettä, mutta kuitenkin puheesta sai selvää. Muutaman kerran Pointr-yhteys katkesi, kun neuvonantaja kulki portaikossa ja pari kertaa yhteys katkesi, kun neuvonantaja yritti katsoa puhelimella pdf-tiedostoa ja kertaalleen puhelimen valikon hypähdyksen takia. Kaiken kaikkiaan endoskooppikameran käyttö Pointr-sovelluksella asentajalla ja valvojalla työmaalla on varmasti hyödyllistä, kunhan kamerankuvanlaatua saadaan parannettua.

6.2 Haastattelu R&D

Opinnäytetyöprosessin yhteydessä haastateltiin vapaamuotoisesti Valmet Automaatio -liiketoimintalinjan tutkimusjohtajaa ja liiketoiminnankehittäjää syksyllä 2019. Aihepiirit koskivat Valmet Automaatio -liiketoimintalinjalla tutkittuja ja käytössä olevia virtuaalitekniikoita.

6.2.1 HoloLens

Indonesiassa Valmetilla on ollut käytössä kypärässä kiinni HoloLens -lasit huol-totehtäväkäytössä, mutta jatkossa HoloLens 2 -versioiden avulla on tarkoitus laajentaa käyttötarkoituksia. HoloLens kamerassa ei ole autofocusta, joten tämän laitteen täytyy olla lähellä tarkasteltavaa kohdetta. Jos on olemassa valmis 3D-malli käytettävissä, voidaan se ottaa käyttöön HoloLens:illä, mutta paikoitukseen mallissa tarvittaisiin HoloLens 2 kehittyneemmät ominaisuudet. HoloLens

ei tarvitse lisälaitteita, kuten hanskoja, sillä sen sensorit pystyvät tarkasti aistimaan useammankin kuin kahden sormen eleet. Työmaalla on kannettavilla tietokoneella ja HoloLens:iin tallennetut mallit mukana, koska pilvipalvelua käytettäessä tarvittaisiin hyvä internet-yhteys, joka on haasteellista saada työmaa ympäristöön. (Karaila & Arabzadeh, 2019)

6.2.2 5G-tekniikka

5G-tekniikkaa on sisätiloissa ollut Valmetilla testissä, mutta tämä vaatii älylasien kameralle mallinnuksen sisätilasta ja aluksi tämä toimii vain IOS-laitteilla. Ongelma 5G:n käytössä on myös, että se vaatii tukiaseman ja se täytyy kalibroida, jotta saataisiin edes puolen metrin tarkkuus mallissa. Tekniikassa käytetään kameraan perustuvaa paikannusta, vaikka tässä voitaisiin käyttää myös tagiperusteista paikannusta. Jos ihmisellä olisi sijaintimajakka mukanaan, niin mallissa voitaisiin seurata ihmisen liikettä. Tässä täytyisi yhteensovittaa sijainti 3D-mallissa ja sisätilassa, tarkalla GPS:llä tämä onnistuisi hienosäätämisen jälkeen. Tulevaisuudessa työmaalla voidaan puhelimella katsella 5G-tekniikan avustuksella VR-mallia. (Karaila & Arabzadeh, 2019)

6.2.3 Valmet XR-malli

Objekteja voi raahata ja pudottaa suoraviivaisesti Valmetin XR-mallissa, ja siinä voi kulkea laitoksen seinien ja kerrosten lävitse, mutta esineitä ei voi asettaa paikoilleen suoraan. Tähän käytetään toistaiseksi POI-pisteitä, joita voi asettaa haluamaan kohtaan. Nämä POI-pisteet voivat sisältää laitteen datalehtiä tai muuta tietoa. Ongelmana suunnittelun kannalta on, mallissa ei ole mahdollista tallentaa liikkeitä ja laitteiden siirtoja ja näistä nähtävää tietoa ei saada siirrettyä takaisin koneelle tiedostoon ja suunnitteluun. Tämä on tuleva olemaan seuraava tekniikan kehitysaskel. (Karaila & Arabzadeh, 2019)

Malli tallentaa vain missä kohtaa ja missä asennossa kukin komponentti on, eikä mallia ole suunniteltu usean sadan komponentin malliksi. Valmetilla on harkittu hankittavaksi VR-huoneen tekemistä, jotta voitaisiin katsella huoneskaalassa katsella laitosmallia, toistaiseksi kustannus on ollut liian suuri. Nyt käyte-

tään FPX-mallia MR:ssä, ja tämä voi sisältää 2D-videota, 360°-videota tai vaikkapa kattilan sisältä otettuja valokuvia. HoloLens:ille on mahdollista luoda FPX-malli parhaimmillaan alle tunnissa. Valmet XR:ssä on korkeampi resoluutioinen malli tietokonetta varten ja matalampi resoluutioinen malli itse HoloLens:iä varten. Eli Valmet XR-malli on mahdollista tehdä suhteellisen pienellä vaivalla halutusta projektista. (Karaila & Arabzadeh, 2019)

6.2.4 Asennustyömaiden tuki

Android-laitteeseen on mahdollista kytkeä endoskooppikamera esimerkiksi kypärään kiinnitettynä, jotta kädet jäävät vapaaksi Pointr-sovellusta käytettäessä. Huolto oli toivonut lisää valoa hämärässä, mutta eivät olleet kytkeneet endoskooppikameran varoja päälle. Tällaisen asian ilmetessä laitekoulutuksen merkitys ennen tekniikan käyttöönottoa korostuu. 360° -kameraa ei voida liittää Pointr-sovellukseen, koska sovellus on tehty käyttämään 2D-kameraa. Samsungilla on kamera malli, jolla voi tehdä still-videoita ja nämä videot pystytään tarvittaessa siirtämään XR-malliin. (Karaila & Arabzadeh, 2019)

6.2.5 Suunnittelu

Suunnittelussa VR:n hyöty ei ole vielä suuri, koska kaikkea dataa ei pysty siirtämään mallista takaisin tietokoneelle. Myyntitilanteessa VR tai AR avulla saadaan saada Vau-efekti potentiaaliselta asiakkaalta. Tavoitteena on saada 3D-malli laajaan aktiiviseen käyttöön suunnitteluun, rakentamiseen, tukeen ja huoltoon. Tavoiteltavaa olisi myydä näitä osa-alueita asiakkaalle pidempi aikaiseksi huoltosopimukseksi, eikä vain kertaluontoisesti. Huoltosopimuksissa piilee suurin tuloksen teko toivo. (Karaila & Arabzadeh, 2019)

6.3 Haastattelut suunnittelijat ja asentajat

Opinnäytetyön aikana haastateltiin Valmetilla myös kaapelihyllyjen asennustöissä ollutta, nykyistä kaapelihyllysuunnittelijaa, entistä sähköpuolen asennusvalvojaa ja käyttöönottajaa sekä layout-suunnittelijaa ja sovellussuunnittelijaa. Heiltä kysyttiin vapaamuotoisesti kolme kysymystä.

- 1. Onko heillä mahdollisesti käyttökokemusta Microsoftin HoloLens tai HoloLens2 -virtuaalilaseista tai muista äylaseista. Onko heillä käyttöideoita äylaseille ja onko lasien käyttö heidän mielestään hyödyllistä hyödytöntä nykyisessä työympäristössä.**

Hyllyasentajan mielestä AR-teknoologiaan kannattaa panostaa työmaantukitoiminnoissa. Tekniikan pitää tulevaisuudessa olla niin pitkälle vietyä, että sen on mahdollista olla käytettävissä jokaisella hyllyasentajalla eikä vain työnjohtajalla tai asennusvalvojalla. 3D-mallin täytyisi kulkea silmien edessä koko ajan, jotta hyöty on paras mahdollinen. Erilaisia tekniikoita pitäisi hänen mielestään testata enemmän. Virtuaalilasien tuoma pieni lisäpaino päähän ei ole ongelma, koska itse kypärä painaa kuitenkin. Toiveena on yhdistää työmaaympäristö ja suunnittelu virtuaalilaseihin, jotta etenkin kaapelihyllyjen kannakoinnin vaatima tila ja paikka olisivat paremmin hahmotettavissa virtuaalilaseilla nähtynä. AR-tekniikan hyöty on kunnossapidon puolella asennuksissa ja ohjeistuksissa saavutettavissa aiemmin kuin itse uuden suunnittelussa. (Hyvärinen, 2020)

Asennusvalvojan mielestä virtuaalitekniikoiden turvallisen käytön näkökohdat täytyy miettiä tarkkaan, käyttäjän täytyy olla tietoinen koko ajan ympäristöstään. Hänen mielestään virtuaalitekniikat voisivat nopeuttaa suunnittelun ja työmaavälistä kommunikointia. Myös kattilalaitoksen myyntivaiheessa voisi sopia virtuaalimallista tietyt toimitukselliset rajapinnat tarkemmin. (Mannelin, 2020)

Sovellussuunnittelija kokee, että AR-lasit voisivat sopia asentajalle sekä huoltohenkilöstölle paremmin kuin VR-lasit. Hän haluaisi nähdä mitä reittiä jokin yksittäinen sähkökaapeli olisi asennettu ja kuinka se olisi kytketty, ilman useiden paperisten tai sähköisten dokumenttien läpi kahlausta. (Oksman, 2020)

Layout-suunnittelijalle virtuaalilasien testikäyttö ei ollut kovin miellyttävä kokemus ja hänellä esiintyi tasapainoastin menetystä. Keveät virtuaalilasit silmälasivahvuuksilla voisi houkutella käyttämään jatkossa AR-laseja. Layout-suunnittelussa on tärkeää tilanhallinta. Hyödyn virtuaalimallin käyttämiseen ylipäätään kattilalaitoksen suunnittelussa hän näkisi mittasuhteiden hahmottamisen paremmin, koska mittasuhteiden taju saattaa nykyisellään pelkästään monitorilta katseltavalta mallin kanssa saattaa hävitä. Hänen mielestään virtuaalimallin hyöty myyntivaiheessa olisi lähinnä alustava kohteiden hahmottaminen. Suurin hyöty virtuaalimaailman käytöstä on varmasti huollossa ja kunnossapidossa, koska mallista voisi nähdä laitteen tagin ja esimerkiksi varastosaldon ja -paikan varosille. (Numminen, 2020)

2. 360° -kameran käyttökokemuksia ja mahdollisia ideoita tämän käyttöön.

Haastatelluilla ei ole kaikilla ole kokemusta 360° -kameran käytöstä, mutta layout-puolella on kameran kuvista huomattu olleen etua, kun vanhaan rakennukseen tehdään uusia rakenteita. 360° -kuvaa olisi suotavaa olla kaikista laitosremonttikohteista, sillä pelkästään vanhoihin dokumentteihin ei voi luottaa, kun sovitetaan laitteita laitosrakennukseen. 360° -kuvadatan tieto voi hyödyttää useampaakin käyttäjäryhmää verrattuna perinteiseen kuvaamiseen, koska ennen on voinut rajautua jokin asia pois, kun kuvaajalla on erilaiset intressit kuvattaessa kuin jollain muulla voisi olla. (Hyvärinen, 2020) (Mannelin, 2020) (Oksman, 2020) (Numminen, 2020)

3. Mahdolliset kokemukset Valmetilla käytettävästä Pointr AR-mobiilisovelluksesta.

Kellään haastatelluista ei ollut vielä omakohtaista kokemusta Pointr-sovelluksen käyttämisestä. Tutustuttuaan pintapuolisesti ohjelmaan, he kuitenkin uskovat, että ohjelmaa käyttämällä voitaisiin ratkoa ongelmia työmaan ja suunnittelun välillä. Sovellusta pitäisi päästä asennusvalvojan mielestä testaamaan enemmän työmaalla. (Hyvärinen, 2020) (Mannelin, 2020) (Oksman, 2020) (Numminen, 2020)

7 POHDINTA

Työssä oli tarkoitus pohtia, soveltuvatko virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden tekniikat käytettävyydeltään 3D-sähkösuunnitteluun tai työmaille. Tarkoitus oli myös tarkastella, sopivatko virtuaalitekniikat suunnittelun apuvälineeksi ja onko niistä hyötyä esimerkiksi suunnittelun ja työmaan välisessä kommunikaatiossa.

Koronaviruspandemia on osoittanut, että karanteenimaisissa olosuhteissa etätyössä joudutaan käyttämään erilaisia viestintäohjelmia kuten Teams, Zoom, Skype. Virtuaalitodellisuuden laitteita ja sovelluksia hyödyntämällä voidaan etäältä tukea ja avustaa asentajaa. Toisaalta pelkät virtuaalitekniikat eivät korvaa täysin ihmisten välistä vuorovaikutusta.

Työmaaympäristössä on mahdollista käyttää mobiililaitteella Pointr-sovellusta ja mobiililaitteeseen on mahdollista liittää endoskooppikamera asentajan kypärään kiinnitettynä. Kapean tietoliikennekaista-vaatimuksen omaava Pointr-sovelluksen luvataan toimivan heikommallakin mobiiliyhteydellä, mikä on havaittu hyväksi työmaille, joissa usein on heikot tietoliikenneyhteydet. Mobiiliverkon kuuluvuus kattilalaitoksella 5G:n myötä pitäisi tulevaisuudessa parantua ja virtuaalimallin reaaliaikainen pyörittäminen esimerkiksi pilvipalvelun kautta pitäisi olla mahdollista. Nykyisellään virtuaalimallin täytyy kuitenkin olla fyysisesti mukana halutulle katselulaitteelle ladattuna.

EI&C -osastolla on lisäksi ollut testikäytössä 360°-kamera, jolla on ollut tarkoitus käydä kuvaamassa työmaalla asennuksen aikana. 360°-kamerassa on kaksi linssiä. Osastolla oleva kamera on Garminin valmistama Virb 360° -kamera, joka on 4K-tarkkuuksinen ja vesitiivis. Kameran kuvaan on valmistajan mukaan mahdollista lisätä haluttaessa AR-päällekkäistietoja mobiilisti tai tietokoneella. Alla kuva 360° -kamerasta (kuva 30).



Kuva 30. Garmin Virb 360° -kamera (Garmin, N.D.)

360°-kameraa on käytetty asennusaikaisella voimalaitostyömaalla vierailtaessa, kypärään kiinnitettynä, kuten kuvassa (31) alla. Saaduista kuvista on koostettu dokumenttipaketti, josta voidaan myöhemmin tarkastella esimerkiksi kaapelihyllyjen toteutuneita reittejä verrattuna aiemmin suunniteltuun. Muutamien tehtyjen testien perusteella 360°-kamerasta on hyötyä suunnittelun eri vaiheissa, eikä kaikkea potentiaalia ei ole välttämättä edes hyödynnetty. Asennusten valmistuttua voitaisiin kuvata voimalaitos uudelleen ja näiden kuvien pohjalta voitaisiin tehdä Asbuilt-kuvat.



Kuva 31. 360°-kuva kaapelitilasta (Kallio, 2020)

Yhdeksi suureksi kysymykseksi työssä nousi myös, että onko virtuaalitekniikoiden käyttäminen työmaaympäristössä riittävän turvallista? Virtuaalilasien kohdalla on huomattu, että jos lasit peittävät näkökenttää liiaksi, on suurimpana ongelmana esimerkiksi putoamisvaara tai itsensä loukkaaminen muutoin. Havaittiin myös, että virtuaalilaseja, etenkin AR-laseja, käyttäessä molempien käsien olisi hyvä olla vapaana.

Pohdinnassa oli myös, onko virtuaalitekniikoiden käyttäminen kustannustehokasta? Virtuaalitekniikoiden avulla on saavutettavissa oikein käytettynä kustannushyötyä, kun esimerkiksi näiden avulla voidaan järjestää koulutuksia tai tukea etänä ja tällöin jää pois turhat kalliit aikaa vievät matkapäivät.

AR-tekniikan Pointr-sovelluksen soittojen määrä Valmetilla kokonaisuudessaan vuonna 2020 tammikuusta - elokuuhun oli kasvanut 230 % ja yli viisi minuuttia kestäneet puhelut olivat samalla aika välillä kasvaneet 1600 %. Erityisesti maaliskuussa alkoi pitempien puhelujen selkeä hypähdys. Yli viisi minuuttia kestäneet Pointr-puheluita voidaan pitää todellisina tukipuheluinä, eikä vain pelkkinä yhteyskokeiluinä. Työmaakäytön apuna voisi siis käyttää enemmänkin Pointr-sovellusta. (Kuula, 2020)

Haastattelujen perusteella voidaan todeta, että virtuaalilasien tekniikka ei ole välttämättä tasoltaan itse suunnitelmien, etenkin kaapelihyllylinjojen, piirtämiseen vielä riittävää nykyisillä Valmetin käyttämillä ohjelmistoilla. Suunnittelumallin katselmoinnissa voisi virtuaalilaseja kylläkin hyödyntää jo nykyisellään. Virtuaalimallin käyttö voisi nykyisellään olla hyödyllistä kattilalaitoksen myyntivaiheessa ja tämän jälkeen suunnittelun etenemistä voisi näyttää asiakkaalle. Virtuaalilasien avulla voisi järjestää myös esimerkiksi turvallisuuskoulutuksia.

Tulevaisuudessa kattilalaitoksenkin tarjousvaiheessa voidaan ajatella mallinnettavan nykyistä enemmän objekteja. Objektit sähkötilan sisällä voisivat olla valittavissa tietynlaisen kattilatyypin mukaisesti, esimerkiksi modulaariset kojeistot, kaapelitilan hyllyt ja isoimpien moottoreiden kaapelit. Runsaammin varusteltu Navisworks-malli asiakkaalle esiteltynä auttaisi saamaan paremmin WAU-efektin ja kenties tiukassa tarjouskyselyvaiheessa vaaka kallistuisi Valmetin puoleen.

Jos hyvissä ajoin suunnittelun edetessä saataisiin laitetagit 3D-malliin, niin virtuaalilasit päässä voisi tarkastella 3D-mallia ja liittää infopisteitä näihin. Vielä tois-taiseksi suurin hyöty virtuaalimallista ja sieltä löytyvistä objekteista on huoltohenkilöstöllä.

Eri virtuaalilasien saatavuus markkinoilla vaihtelee. Esimerkiksi AR-tekniikan laitteet Realwear vs. HoloLens 2; Realwearin saatavuus on parempi ja hinta halvempi vaikkei siinä ole kaikkia HoloLens 2 ominaisuuksia, mutta todennäköisesti Valmetin työmaakäyttöä ajatellen riittävät. Wärtsilä käyttää Realwear laitteistoa menestyksekkäästi. Molemmat voidaan kiinnittää vaadittavaan henkilöturvavarustukseen eli kypärään. (Wärtsilä Oyj, 2019)

Tulevaisuudessa 5G-tekniikan myötä tiedonsiirto nopeutuu virtuaalilasien ja muiden laitteiden sekä virtuaalimallien välillä, josta seuraa, että monimutkaisempia malleja voidaan siirtää verkovälityksellä ilman suuria viiveitä. Nykyisellä ei tarkkuus mallissa riitä piirtämiseen, mutta kun tämä paranee, voidaan jatkossa myös suunnitella suoraan 3D-malliin. Tekniikan kehittyessä lisää muutaman vuoden kuluessa, onnistunee jo kaapelihyllyjen piirtäminen käsien liikkeillä suunnitteluohjelmaan.

Tulevaisuudessa sähkösuunnittelu voisi tapahtua erillisessä huoneessa ilman hiirtä ja yksittäistä näyttöä. Raskaista päälle puettavista ja liikettä rajoittavista virtuaalivarusteista päästään todennäköisesti eroon muutaman vuoden kuluessa. Toki virtuaalilasien korvikkeet voisivat jo aiemmin olla silmiin laitettavat piilolinssit, joihin virtuaalieleментit heijastuisivat. Ne siis toimivat näyttönä, jonka läpi nähdään samalla reaali maailma.

Kauempana tulevaisuudessa suunniteltavan voimalaitoksen malli voisi olla kenties hologrammi ympäristöä, kuten Star Trek-sarjassa holokansi. Eri osa-alueiden suunnittelijat kulkevat virtuaalisesti mallissa ja esimerkiksi käsiliikkeillä tekevät suunnitelmia.

Opinnäytetyössä oli myöskin tarkoitus pohtia hieman, että voitaisiinko virtuaalitekniikoita hyödyntäen paremmin minimoida törmäilyjä 3D-mallissa eri suunniteluhaarojen, kuten putkistosuunnittelun, teräsrakennesuunnittelun ja kaapelihyllyjen sähkösuunnittelun välillä. Törmäystarkastelua voidaan jo nykyisellään tehdä virtuaalilasien avustuksella, tosin jokaisella osapuolella täytyy olla sama näkymä virtuaalimallissa riippumatta kunkin fyysisestä sijainnista. Tulevaisuudessa tekniikan kehittyessä virtuaalisuudesta olisi hyötyä, kun piirrettäessä objekteja ne näkyisivät reaaliaikaisesti myös muilla suunnittelijoilla ja viiveet jäisivät pois. Tällöin olisi mahdollista myös tulla välittömästi törmäysvaroitus ilmoitus suunnittelijalle.

3D-suunnittelujärjestelmä toimittajalta Aveva:lta on tulossa XR Studio -ohjelma, jota vielä ole julkaistu virallisesti, mutta Aveva:lta kerrottiin, että ohjelmistoa voisi koekäyttää Valmet:lla jo nyt sopivilla virtuaalilaseilla, esimerkiksi Oculus Rift -virtuaalilaseilla. (Carlini, Roberto, 2020)

Tämän työn päämääränä ei ollut tarkastella virtuaalilasien varsinaista käyttöönottoa. Tämä voisi olla toinen jatkotutkimus, ehkä jopa opinnäytetyö. Virtuaalilasien malli voisi olla Oculus Rift S tai Oculus Quest 2, niiden hankkiminen osastolle ja testaaminen Avevan XR studio -sovelluksen kanssa. Samalla voisi selvittää, että mitä tiettyjen virtuaalilasien käyttöönotto EIC-osastolla vaatii nykyisiltä tietokoneilta teknillisesti ja ohjelmistollisesti.

LÄHTEET

ABB. (N.D). RobotStudio AR viewer. Haettu 11. 10 2020 osoitteesta <https://new.abb.com/news/detail/66541/ar-smartphone-robot-installations>

Arts, U. S. (2020). *Morton Heilig : Inventor VR*. Haettu 30. 8 2020 osoitteesta <http://uschefnerarchive.com/morton-heilig-inventor-vr/>

Azuma, R. T. (8 1997). A Survey of Augmented Reality. Haettu 23. 8 2020 osoitteesta <http://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>

Boger, Y. (2. 6 2014). *RoadtoVR, Overview of Positional Tracking Technologies for Virtual Reality* . Haettu 10. 10 2020 osoitteesta <https://www.roadtovr.com/overview-of-positional-tracking-technologies-virtual-reality/>

Carlini, Roberto . (19. 10 2020). *Aveva XR Studio demo*.

Carmigniani, J.;& Furht, B. (2011). Augmented Reality: An Overview. Haettu 12. 10 2020 osoitteesta <http://pire.fiu.edu/publications/Augmented.pdf>

Cherdo, L. (24. 3 2020). *The 8 best augmented reality smartglasses in 2020*. Haettu 20. 9 2020 osoitteesta <https://www.aniwaa.com/buyers-guide/vr-ar/best-augmented-reality-smartglasses/>

Ficom. (23. 9 2020). Haettu 23. 9 2020 osoitteesta Lisätty todellisuus ja virtuaalitodellisuus: <https://www.ficom.fi/ict-ala/tietopankki/internetpalvelut/lisatty-todellisuus-ja-virtuaalitodellisuus/lisatty-todellisuus-ja-virtuaalitodellisuus/>

Garmin. (N.D.). *buy.garmin.com*. Haettu 29. 8 2020 osoitteesta <https://buy.garmin.com/fi-FI/FI/p/562010>

Heaney, D. (5. 5 2019). *How virtual reality positional tracking works*. Haettu 11. 10 2020 osoitteesta VentureBeat: <https://venturebeat.com/2019/05/05/how-virtual-reality-positional-tracking-works/>

Hyvärinen, J. (Haastattelu 12. 3 2020). Hyllyasentaja. (R. Mikkola, Haastattelija)

Kaitlyn, I. (31. 10 2017). *XR: VR, AR, MR—What's the Difference?* Haettu 24. 8 2020 osoitteesta Viget.com: <https://www.viget.com/articles/xr-vr-ar-mr-whats-the-difference/>

Kallio, J. (2020). Kaapelitila. *Valmet Technologies Oy*.

Kangdon, L. (Maaliskuu 2012). *ResearchGate*. Haettu 18. 10 2020 osoitteesta https://www.researchgate.net/publication/257692981_Augmented_Reality_in_Education_and_Training

Karaila, M.; & Arabzadeh, V. (17. 9 2019). Valmet XR. (R. Mikkola, Haastattelija)

Keituri, M.; & Kund, K. (13. 10 2020). Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen 3D-sähkösuunnittelussa.

Krueger, M. (1975). *Videoplace*. Haettu 20. 9 2020 osoitteesta <https://aboutmyronkrueger.weebly.com/videoplace.html>

Kuula, M. D. (8. 9 2020). POINTR-esittely.

LAB8. (N.D.). *LAB8 Service Experience Laboratory*. Haettu 5. 10 2020 osoitteesta <https://www.lab8.fi/the-box/sanasto/>

Liu, J. (2. 4 2018). *The difference between Ar, Vr, MR, XR and how to tell them apart*. Haettu 1. 11 2020 osoitteesta <https://hackernoon.com/the-difference-between-ar-vr-mr-xr-and-how-to-tell-them-apart-45d76e7fd50>

Mannelin, J. (Haastattelu 12. 3 2020). Käyttönottaja, asennusvalvoja. (R. Mikkola, Haastattelija)

Microsoft. (2020). *HoloLens 2, Get to know the new features and technical specs*. Haettu 8. 11 2020 osoitteesta <https://www.microsoft.com/en-us/hololens/hardware>

Microsoft. (24. 2 2020). *Trimble XR10 with HoloLens 2*. Haettu 8. 11 2020 osoitteesta <https://news.microsoft.com/microsoft-at-mwc19/photos/trimble-xr10-with-hololens-2/>

Miettinen, K. H. (Maaliskuu 2015). *Valmet Flow*. Haettu 8. 8 2019 osoitteesta Valmet Flow

Milgram, P. K. (12 1994). Article. *A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays*. Haettu 12. 10 2020 osoitteesta https://www.researchgate.net/publication/231514051_A_Taxonomy_of_Mixed_Reality_Visual_Displays

Niantic Inc. (N.D.). *The Niantic story*. Haettu 23. 8 2020 osoitteesta <https://nianticlabs.com/en/about/>

Niantic, Inc. (N.D.). Pokémon GO. Haettu 20. 8 2020 osoitteesta <https://www.pokemon.com/fi/app/pokemon-go/>.

North of 41. (20. 3 2018). *What really is the difference between AR / MR / VR / XR ?* Haettu 27. 9 2020 osoitteesta <https://medium.com/@northof41/what-really-is-the-difference-between-ar-mr-vr-xr-35bed1da1a4e>

Numminen, S. (Haastattelu 1. 9 2020). Layout-suunnittelija. (R. Mikkola, Haastattelija)

Oksman, C. (Haastattelu 6. 7 2020). Sovellussuunnittelija. (R. Mikkola, Haastattelija)

- Palladino, T. (25. 2 2019). *Hololens 2, All the Specs*. Haettu Luettu 8.11.2020 osoitteesta <https://hololens.reality.news/news/hololens-2-all-specs-these-are-technical-details-driving-microsofts-next-foray-into-augmented-reality-0194141/>
- Pänkäläinen, T. (5. 15 2017). *Virtuaalilasit – esittelyssä 6 parasta mallia!* Haettu 5. 8 2020 osoitteesta <https://www.virtuaalimaailma.fi/virtuaalilasit/>
- Pänkäläinen, T. (15. 1 2017). *Virtuaalitodellisuus – 108 miljardin markkina vuonna 2021?* Haettu 5. 8 2020 osoitteesta <https://www.virtuaalimaailma.fi/virtuaalitodellisuus/>
- R, P. (5. 1 2016). *The Bolt, CES 2016: INDOOR TRACKING FOR VIRTUAL REALITY*. Haettu 20. 9 2020 osoitteesta <https://blog.abt.com/2016/01/ces-2016-indotraq-indoor-tracking-for-virtual-reality/>
- Realwear. (N.D.). *HMT-1*. Haettu 26. 9 2020 osoitteesta <https://www.realwear.com/products/hmt-1/>
- Sariego, J. (8. 10 2019). *The past, present, and future of Augmented Reality*. Haettu 18. 10 2020 osoitteesta <https://www.onirix.com/the-past-present-and-future-of-augmented-reality/>
- SeAMK. (N.D.). *Mobiili VR/AR tuotesuunnittelussa. Mobiili VR/AR tuotesuunnittelussa*. Haettu 11. 10 2020 osoitteesta <https://www.seamk.fi/yrityksille/tki-projektit/mobiilivrar/mobiili-vr-ar-tuotesuunnittelussa/>
- Seiko Epson Corporation. (N.D.). *Täysin uusi tapa nähdä maailma*. Haettu 8. 11 2020 osoitteesta <https://www.epson.fi/products/see-through-mobile-viewer/moverio-bt-300/Tekniset-tiedot>
- Sutherland, I. (N.D.). *The Sword of Damocles*. Haettu 25. 8 2020 osoitteesta https://www.researchgate.net/figure/The-Sword-of-Damocles-by-Ivan-Sutherland_fig2_291516650
- UPSKILL. (N.D.). *Upskill and Boeing Augmented Reality*. Haettu 20. 10 2020 osoitteesta <https://upskill.io/landing/upskill-and-boeing/>
- Valmet Oyj. (N.D.). *Valmet Virtual Plant*. Haettu 21. 8 2020 osoitteesta <https://www.valmet.com/about-us/learning-services/learning-technologies/extended-reality-learning/>
- Valmet Technologies Oy. (N.D.). <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/>. Haettu 15. 7 2019 osoitteesta Valmet.com: <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/>
- Valmet Technologies Oy. (N.D.). *Valmet CFB Boiler*. Haettu 13. 8 2020 osoitteesta <https://www.valmet.com/energyproduction/cfb-boilers/>

Visuri, S. (3 2017). Virtuaalitodellisuus kehittäjän näkökulmasta. *Lumen : Lapin ammattikorkeakoulun verkkolehti*. Haettu 15. 10 2020 osoitteesta <https://www.lapinamk.fi/loader.aspx?id=8498b575-5420-411a-ba8d-b34d189893e2>

Wärtsilä Oyj. (15. 3 2019). Wärtsilä, Remote guidance service. Haettu 12. 10 2020 osoitteesta <https://www.wartsila.com/media/news/15-03-2019-wartsila-successfully-tests-remote-guidance-service-capabilities-2401858>

Xinreality community. (N.D.). *Positional tracking*. Haettu 8. 11 2020 osoitteesta https://xinreality.com/wiki/Positional_tracking