



Olli Seppälä

Metaversumin vaikutukset rakennusteollisuuden ja -kulttuuriin

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työjohto

Opinnäytetyö

19.3.2024

Tiivistelmä

Tekijä: Olli Seppälä
Otsikko: Metaversumin vaikutukset rakennusteollisuuteen ja -kulttuuriin

Sivumäärä: 44 sivua + 0 liitettä
Aika: 19.3.2024

Tutkinto: Rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työnjohto
Ammatillinen pääaine: Talonrakennustekniikka
Ohjaajat: Lehtori Niina Raistakka

Ajatus aihepiiriin syntyi jo vuonna 2022 Hollannissa, Groningenissa. Vaihto-opiskelin kaupunkisuunnittelua ja suuntauduin digitalisaatioon rakennetussa ympäristössä. Tässä työssä on tavoitteena avata tekniikan kehitystä yleisesti rakentamisessa sekä rakenteilla olevan tekniikan, metaversumin, vaikutuksista rakennuskulttuuriin. Kiinnostusta aiheeseen oli ja se kasvoi, kun aiheesta löytyi rajallisesti informaatiota, jopa maailmanlaajuisesti.

Pohdimme tulevaisuuden tekniikan vaikutuksia yksilön henkisen hyvinvoinnin tasolta aina rakennusteollisuuden kehittymiseen. Kuinka eri sidosryhmien yhteistyön voi parantua ja vaikutuksesta AEC-koulutuksessa.

Lähteenä on käytetty enimmäkseen digitaalisia teoksia aihepiiristä, mutta myös fyysisistä kirjallisuutta.

Aihe ja sen laajuuden ymmärtäminen kasvoi prosessin aikana merkittävästi. Liikkeelle lähdetäänkin aikajanapohjaisesti ja otetaan katsaus kauas historiaan, josta matkataan nykyhetkeen, uudenpiin teknologioihin, tulevaisuuden teknologiaan ja millaisia vaikutteita se meille tuo.

Kokonaisuutena voidaan uskoa, että metaversumin adaptaatiosta rakennusteollisuudessa on huomattavia positiivisia ja tehostavia vaikutuksia.

Avainsanat: metaversumi, rakennuskulttuuri, digitalisaatio-rakentamisessa

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Olli Seppälä
Title: Metaverse's Effects on Construction Industry and Culture
Number of Pages: 44 pages + 0 appendices
Date: 19 March 2024

Degree: Bachelor of Construction Management
Degree Programme: Construction Site Management
Professional Major: Building technology
Supervisors: Niina Raistakka, Senior Lecturer

The idea for the topic was born already in 2022 in Groningen, Holland. I studied urban planning and focused on digitization in the built environment. The aim of this graduate study is to chart the effects of the technology under construction, metaverse, on the building culture. Interest grew when there was little data on the subject, even on a global scale.

We think about the effects of future technology from the level of an individual's mental well-being to the development of the construction industry. How is it possible to improve the joint work of different stakeholders and the impact in AEC training?

The source has mostly been digital works on the subject, but also physical literature.

My understanding of the topic and its scope grew significantly during the process. The study begins in a form of a timeline and looks back in the history, from which we travel to the present, the latest technologies, future technology and what kind of consequences it will bring us.

We can believe that the adaptation of metaverse to the construction industry will have considerable positive and enhancing effects.

Keywords: metaverse, building culture, digitalization in construction

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Rakentamisen historiallinen kehityskaari	2
2.1	Muutos	2
2.2	Mistä olemme tulleet	3
2.3	Miten rakentaminen on muuttunut	3
2.4	Kehittyminen teollisessa rakentamisessa	4
2.5	Rakentamisen moderni aika	5
3	Teknologian väliintulo	6
3.1	Yleisesti	6
3.2	Internet työmaalla	7
3.3	RFID-tekniikka työmaalla	8
3.4	AR-tekniikka	10
3.5	Teknologian kehitys	11
3.6	Metaversumi yleisesti	11
3.7	Metaversumin mahdollisuuksia	13
4	Vaikutuksenalaiset	15
4.1	Arkkitehdit ja suunnittelijat	16
4.2	Valvonta ja laadunhallinta	16
4.3	Seuranta ja analysointi	17
4.4	Loppukäyttäjät	17
4.4.1	Ongelmakohtia	17
4.4.2	Käyttäjälähtöisyys ratkaisuna	19
4.5	Nykyinen käyttö	20
5	Tutkimusta	22
5.1	Potentiaali koulutuksessa	22
5.2	Barcelonan tutkimus	22
5.3	Ensimmäinen vaihe	24
5.4	Toinen vaihe	28

5.5 Tulokset	31
5.6 Bangladeshin tutkimus	36
5.7 Käytetyt metodit	36
5.8 Tutkimuksen yhteenveto	38
5.9 Henkiset vaikutukset	39
6 Yhteenveto ja johtopäätökset	40
Lähteet	43

Lyhenteet

- AEC: *Architecture, Engineering, and Construction*. Arkkitehtuuri, suunnittelu, rakentaminen.
- AR: *Augmented Reality*. Lisätty todellisuus.
- BIM: *Building Information Modelling*. Rakennuksen tietomallintaminen.
- CAGR: *Compound annual growth rate*. Kertyvä vuotuinen kasvuprosentti, mittaa esim. sijoitukset korkoa sijoitusjakson aikana.
- Drone: Termi miehittämättömälle ilma-alukselle (UAV).
- IoT: *Internet of Things*. Esineiden internet.
- LiDAR: *Light Detection and Ranging*. Valotutka, eräänlainen kaukoluotaustekniikka.
- MIVES: *Integrated value model for sustainability assessment*. Integroitu arvomalli kestävyysarviointiin.
- PLS: *Partial Least Squares*. Menetelmä, jolla on yhteys pääkomponenttien regression kanssa.
- RFID: *Radio Frequency Identification*. Radiotaajuuden etätunnistus.
- VR: *Virtual Reality*. Virtuaalitodellisuus.

1 Johdanto

Tämä työ kertoo rakentamisen ja teknologian yhdistämisestä. Mitä se on tänään ja millaiseksi se on muuttumassa. Tavoitteena tutkimustyössä on tuoda lukijalle kosketuspintaa, miten laaja-alaisesti tulevaisuudessa tulemme näkemään digitalisaation muutoksen rakentamisen ympärillä sekä millä kaikilla osa-alueilla se vaikuttaa. Tuomme esille, millainen on meidän kehityksemme suunta. Mitkä ryhmät ovat keskiössä tämän uuden ajan teknologian vaikuttaessa. Millaista vastaanottoa se on saanut koulutuskäytössä ja mikä on sen potentiaali? Esitämme työmaaolosuhteissa toteutettua testausta ja sen tuomia tuloksia. Unohtamatta kuitenkaan yksilötason henkisen hyvinvoinnin pohdintaa. Tutkimme, onko teknologiasta hyötyä käyttäjälähtöisessä rakentamisessa. Aihejakaumamme on varsin laaja. Lähdemme liikkeelle varhaisesta menneisyydestä käyden rakentamisen historiaa läpi. Tutkien aina uusimman teknologian, metaversumin, vaikutusta kokonaisvaltaisesti. Oletko itse koskaan miettinyt, millaisen teknologisen kehitysharppauksen olemmekaan rakennusteollisuudessa saavuttaneet?

Käytämme paljon termiä ”metaversumi”. Se voi olla tuntematon tai varsin kaukainen ja syystäkin. Nykyisen käytön tila rajoittuu vahvasti vielä kehitysasteella oleviin ohjelmistoihin, kuitenkin suuntaus eteenpäin on vahva. Lyhyesti, mistä tässä oikein puhutaan? Rakennusteollisuus on usein ollut edelläkävijänä teknologisten innovaatioiden soveltamisessa, pyrkien hyödyntämään uusia ideoita, jotka tehostavat tuottavuutta. Hiljattain on kuitenkin noussut esiin uusi konsepti, metaversumi, jolla on mahdollisuus muuttaa selkeästi rakennustuotantoa ja -kulttuuria. Metaversumi on virtuaalitodellisuustila, joka sallii käyttäjien sosiaalisen kanssakäymisen keinotekoisesti tehdyssä ympäristössä, tarjoten näin rakentamiselle erilaisia hyötyjä ja potentiaaleja. Metaversumi käsitteenä juontaa juurensa tieteiskirjallisuudesta ja on muuttunut käytännön todellisuudeksi. VR:n, AR:n, AI:n ja Internetin kasvun myötä metaversumin kehittymiselle on luotu vankka perusta. Metaversumi tarjoaa käyttäjille immersiiivisen ja kiehtovan ympäristön, missä voimme vuorovaikuttaa fyysisestä maailmasta luotujen digitaalisten kohteiden parissa. Tämä puolestaan tuo mahdollisuuden eri

rakennusprojektien projisointiin ja eri sidosryhmien integraatioon. Miten siis metaversumi vaikuttaa rakennusteollisuuteen ja -kulttuuriin?

2 Rakentamisen historiallinen kehityskaari

2.1 Muutos

Maailma muuttuu ja muutoksessa on syytä pysyä mukana. Muutos tuottaa meille uusia mahdollisuuksia, ongelmanratkaisukykyjä, toimintatapoja ja työpaikkoja. Väistämättä kuitenkin myös uusia ja uudentyypisiä ongelmia.

Mitä on muutos ja milloin voimme todeta muutoksen tapahtuneen? Muutos on yksityinen ja yhteiskunnallinen jatkuva prosessi, joka kulkee sykleissä, mutta pitkän aikavälin trendi on kasvava. Muutoksen vaikutusta mitattaessa nähdään eksponentiaalisia nousuja.

Mikä tällaisia nousuja aiheuttaa? Lähi-historiasta voitaisiin nostaa esille, vaikka höyrykone ja sen kehityksen myötä muut voimakonevariaatiot. Nykyaikaan tullessamme, yksi vastaavan mittaluokan vaikutuksiin pystynyt, on Internet. Sen mahdollistava, ihmisiä yhdistävä vaikutus on tullut jäädäkseen ja seurauksia tullemme todistamaan iäisyyteen asti.

Internetin vaikutus rakennuskulttuurissa on ollut mullistava. Vaikutus on nähtävissä jokaisella osa-alueella. Rakennusmateriaalien hankinta ja saatavuus on helpottunut huomattavasti sekä valinnanvaraa on mittaamaton määrä. Etätyökentelyn on tullut mahdolliseksi ja yhä suosittumaksi. Suunnittelua hyödyntävät apuohjelmat ovat työmaalla arkipäivää aivan pääsuunnittelijalta kirvesmiehelle asti. Yleisesti tiedon levittäminen ja viestintä sujuu työmaan sisällä mutkattomasti jokaiselta löytyvän puhelimen ja sille luotujen sovellusten välillä.

Katsotaan siis hieman menneisyyteen, millaisen kehityskulun olemme saavuttaneet.

2.2 Mistä olemme tulleet

Rakennettu on jo kauan. Olduvain-rotkossa Tansaniassa on arkeologit löytäneet kiviymyrän, joka muistuttaa sen aikaisten metsästäjäkeräilijöiden majan perustuksia. Radiohiiliajoituksella iäksi oli saatu noin 1,8 miljoonaa vuotta. Perspektiiviä antaa varmasti se, että nykytieteen valossa nykyihminen, Homo Sapiens, syntyi Afrikassa noin 300 000 vuotta sitten. Siis noin puolitoista miljoonaa vuotta myöhemmin, kun löytämämme majojen perustukset. On hyvin selvää, että rakentamisella on vankka pohja. (Jones, R. 2022.)

Tuoreempia löydöksiä tutkittaessa, Mesopotamiassa rakennettiin suuria rakennuksia, palatseja ja temppeleitä 4000 eaa. kehittyneemmillä tekniikoilla ja kyseiseltä alueelta on löydetty vanhimmat tunnetut tiet. Tiet olivat päällystettyjä ja avainasemassa kaupankäyntiin Babylonin ja Urin kaupungeissa. Tietenkin meidän on nostettava esille muinainen Kreikka, Rooma, Kiina ja Egypti. Pyramidit sekä niiden rakennustekniikat hämmentävät ja mietityttävät meitä vielä tänäkin päivänä, kuten myös kreikkalaiset temppelit ja Kiinan palatsit. Suunnittelu puolella henkilö nimeltä Imhotepia on nykyvalossa ensimmäinen tiedetty arkkitehti ja insinööri, joka eli 2650–2600 eaa. Rooman imperiumiin hän oli mukana suunnittelemassa ja toteuttamassa yli 80.000 km pitkän tieverkoston Syyriasta Britanniaan, jota voidaan pitääkin aikakaudelle hyvin kunniahimoisena hankkeena. (Jones, R. 2022.)

2.3 Miten rakentaminen on muuttunut

Arkkitehtuurin ja tekniikan merkitys erillisinä ammatteina kasvoi huomattavasti. Andrea Palladio (1508–1580 jKr.) tunnetaan yleisesti ensimmäisenä modernin ajan arkkitehtina. Hänen työnsä oli tunnettu kyvystä sovittaa materiaalit asiakkaiden tarpeisiin. Palladio suunnitteli palatseja ja kartanoita italialaisille aatelisille. Hänen vaikutuksensa myöhempisiin arkkitehteihin oli merkittävä, ja hänen klassisen temppelin julkisivun käyttö kuistina sisäänkäynnin suulla oli yksi hänen huomattavimmista innovaatioistaan. (Jones, R. 2022.)

John Smeatonia (1724–1792) tunnetaan "maa- ja vesirakentamisen isänä" hänen vallankumouksellisista saavutuksistaan vesirakentamisen, tieverkoston, siltojen ja tehdashankkeiden parissa. Hänen tunnetuin projektinsa oli Eddystoneen majakka Cornwallissa, Yhdistyneessä kuningaskunnassa, joka oli ensimmäinen kivistä rakennettu majakka. Smeato ei kuitenkaan rajoittunut pelkästään käytännön töihin vaan muutti insinööriammatin ja perusti maailman ensimmäisen insinööriyhdistyksen, Society of Civil Engineers, edistäen ammattimaisuutta ja tietämyksen jakamista insinöörialalla. Eddystone majakka oli tekninen mestariteos, joka toimi esikuvana myöhemmille majakoille. Society of Civil Engineers kasvoi merkittäväksi insinööriyhteisöksi ja vaikutti myöhempään insinööriyhdistykseen ja -järjestöihin. John Smeaton jätti merkittävän perinnön rakennettuun ympäristöön ja insinöörikunnalle, ja hänen vaikutuksensa elävät edelleen. (Jones, R. 2022.)

2.4 Kehittyminen teollisessa rakentamisessa

Teollisen vallankumouksen aikakaudella, erityisesti 1600- ja 1700-luvuilla, rakentamisessa tapahtui merkittäviä muutoksia, kun tieteelliset läpimurrot mahdollistivat uusia materiaalien ja muotojen kokeiluja insinööreille ja arkkitehteille. Näiden innovaatioiden yhdistyminen 1800-luvun teolliseen vallankumoukseen mullisti rakennusteollisuuden. (Jones, R. 2022.)

Abraham Darby kehitti vuonna 1709 uuden raudan sulatusmenetelmän, mikä antoi alun valuraudan massatuotannolle ja avasi tien monille teknologisille innovaatioille. Darbyn pojanpoika oli valvojana ensimmäisessä rautasillan rakentamisessa Yhdistyneeseen kuningaskuntaan vuonna 1781, ja tämä silta edusti merkittävää teknologista edistystä. (Jones, R. 2022.)

Yhdysvaltojen nopea laajeneminen 1800-luvulla näki valuraudan laajan käytön uusien rakenteiden rakentamisessa sen edullisuuden ja kestävyysansioista. Valurautaa käytettiin ensisijaisena materiaalina rautateiden rakentamisessa, kunnes se myöhemmin sivuutettiin takoraudalla 1820-luvulla. Massatuotannon edistyminen mahdollisti esivalmistuksen, joka johti modulaaristen asuntojen

syntymiseen 1830-luvulla sekä postimyynnillä myytäviin taloihin, kuten Sears Roebuckin tarjoamiin taloihin. Eiffel-torni Pariisissa, joka valmistui vuonna 1889, oli yksi ensimmäisiä massiivisen esivalmistuksen esimerkkejä, koostuen peräti 12 000 valmistetusta komponentista. (Jones, R. 2022.)

Eräs teollisen vallankumouksen merkittävimmistä innovaatioista oli Bessemer-prosessi, jonka vuoksi terästuotannosta tuli huomattavasti edullisempaa. Tämä mahdollisti rautateiden korvaamisen teräksellä, ja vuoteen 1900 mennessä teräsrautateitä voitiin löytää ympäri maailmaa. Teräspalkkien käyttö mahdollisti korkeampien rakennusten rakentamisen, ja yhdessä mekanisoitujen rakennuskoneiden keksimisen ja turvallisempien hissien suunnittelun kanssa Bessemer-teräs käynnisti pilvenpiirtäjien rakentamisen aikakauden. Maailman ensimmäinen pilvenpiirtäjä, Chicago's Home Insurance Building, saatiin päätökseen vuonna 1885 ja laajennettiin myöhemmin 12-kerroksiseksi vuonna 1890. Teollinen vallankumous muutti perusteellisesti rakentamisen ja kaupunkiympäristöjen kehityksen. (Jones, R. 2022.)

2.5 Rakentamisen moderni aika

1900-luvulla rakentaminen jatkoi teollisen vallankumouksen aikana alkanutta kehitystä, hyödyntäen innovatiivisia tekniikoita. 1900-luvun alussa pilvenpiirtäjiä nousi huomattavasti erityisesti Chicago:on ja New York:iin. Tämä ajanjakso tunnetaan "pilvenpiirtäjä aikakautena", jolloin peräkkäin rakennettiin ennätysmäärä pilvenpiirtäjiä. Rakentajat kilpailivat keskenään rakentaen yhä korkeampia rakennuksia, ja yritykset käyttivät näitä rakennuksia brändinsä symbolina. New York Cityssä syntyi monia maailman korkeimpia ja ikonisimpia pilvenpiirtäjiä, kuten Flatiron Building ja Woolworth Building. Tänä aikana urakoitsijat ja insinöörit kehittivät tapoja alentaa rakennuskustannuksia ja tehostaa rakennusaikatauluja. 1900-luvun loppupuolella itäiset maat, erityisesti Lähi-itä ja Itä-Aasia, alkoivat kilpailla rakentamalla valtavia pilvenpiirtäjiä. Samoin kuin Chicagon ja New Yorkin rakentajat kilpailivat korkeimman pilvenpiirtäjän tittelistä 1900-luvun alussa, 2000-luvulla nähtiin kilpailua Lähi-idän ja Itä-Aasian maiden välillä. Esimerkkinä Kuala Lumpurin Petronas-kaksoistornit, jotka olivat aikoinaan

maailman korkeimpia, kunnes ne saivat seuraajakseen Taipei 101:n Taiwanissa vuonna 2003. Nykyisin korkein rakennus maailmassa on 828 metriä korkea Burj Khalifa Dubaissa, Yhdistyneissä arabiemiirikunnissa. Korkeuden lisäksi rakentajat kokeilevat erilaisia arkkitehtonisia tyylejä, innovatiivisia materiaaleja ja energiatehokkuutta, kuitenkin mukavuustekijöitä unohtamatta. (Jones, R. 2022.)

3 Teknologian väliintulo

3.1 Yleisesti

Nykytekniikka tarjoaa mahdollisuuden nykyaikaisten rakennusyritysten toimia paljon nopeammin, paremmin, tehokkaammin ja turvallisemmin. Modernit rakennusalan tarpeet ovat nyt kiinteässä yhteydessä Internetiin ja muihin verkkoyhteyksiin. Jokainen rakennusprojekti ja työmaa ovat yksilöllisiä ja niillä kaikilla omat haasteensa, tehtävänsä ja riskinsä. Tuottavuuden lisääminen ja prosessien virtaviivaistaminen ovat keskeisiä tavoitteita. Nykypäivänä suurilla osin myös pienemmillä rakennustyömailla on käytössä monenlaisia mobiilisovelluksia ja ohjelmistoja helpottamassa työmaan hallintaa. (Internetin merkitys rakennusteollisuudessa. 2021.)

AR-tekniikka, IoT-laitteet ja dronet lisäävät työmaiden tuottavuutta. Internet luotettavan pilvipalvelun on mahdollistavana tekijänä tässäkin. Kuten materiaaleihin ja laitteisiin integroidut anturit voivat seurata liikkeitä. Tietokone auttaa tallentamaan ja analysoimaan nämä liiketiedot, mikä johtaa ratkaisuihin, jotka optimoivat työkalujen ja materiaalien sijoittelun. Tämä parempi saavutettavuus vähentää seisokkeja ja tehostaa työmaan tuottavuutta. Yhdysvaltain työturvallisuushallinnon (OSHA) tilastojen mukaan rakentaminen kuuluu vaarallisimpiin toimialoihin. Joka viides työntekijän kuolema Yhdysvalloissa liittyy rakennus- alalle. Lisäksi ei-kuolemaan johtavat vammat aiheuttavat Yhdysvalloissa yrityksille miljoonien dollareiden menetyksiä vuosittain työseisokkien ja tuottavuuden heikkenemisen vuoksi. (Internetin merkitys rakennusteollisuudessa. 2021.)

Digitalisoidut turvajärjestelmät tarjoavat ratkaisuja, joiden avulla yritykset voivat kerätä tietoa työprosesseista, päätöksenteosta ja yhteistyöstä. Nämä tiedot auttavat parantamaan turvallisuuskäytäntöjä ja tarjoamaan tehokasta turvallisuuskoulutusta työntekijöille. Lisäksi sovellukset auttavat työmaan johtajia seuraamaan reaaliajassa jokaista työryhmän jäsentä, hallinnoimaan liikennettä ja materiaalitoimituksia sekä suorittamaan muita turvallisuuteen liittyviä tehtäviä. Nykyaikaiset rakennusteollisuuden tarpeet ovat siirtyneet toimistotyöstä kohti paikan päällä tapahtuvaa toimintaa, tuettuna monipuolisilla mobiilisovelluksilla. Näiden sovellusten avulla voidaan parantaa mittauksia, hyödyntää GPS:n tarkkuutta, tehdä reaaliaikaisia tarkastuksia ja lisätä kuvamateriaalia yhteiseen pilvipalvelimeen. Automatisoidut dronet ja työmaan kulkuneuvot, varustettuina korkean resoluution kameroilla ja LiDAR-teknologialla, skannaavat päivittäin rakennustyömaata ja tuottavat tarkkoja valokuvia. Dronet voidaan myös ohjelmoida varaston seurantaan ja ilmoittamaan esimiehille tarvittavista materiaaleista tai niiden puutteissa. (Internetin merkitys rakennusteollisuudessa. 2021.)

Rakennusalan vaatimukset nykypäivänä edellyttävät luotettavaa internetyhteyttä näiden ja muiden palveluiden käyttämiseksi. On mahdollista, ettei rakennustyömaalla syrjäisen sijaintinsa vuoksi ole mahdollisuutta nykyaikaiseen kuituyhteyteen. Yleisesti langaton verkko on kuitenkin kauttaaltaan melko kattava. Oma Internet-tukiasema, dedikoitu palvelin, tarjoaa ratkaisun monille rakennustyömaille, jotka tarvitsevat luotettavaa langatonta Internet-yhteyttä. Se on täysin oma palvelin. Tämä mahdollistaa väliaikaisen työmaaverkon luomisen projektin ajaksi ja tarjoaa täyden pääsyn modernin rakennusteollisuuden tarpeisiin tai mahdollisuuden yhdistää olemassa olevaan langattomaan verkkoon. (Internetin merkitys rakennusteollisuudessa. 2021.)

3.2 Internet työmaalla

Internet of Things (IoT) on prosessi, jossa tavalliset esineet, laitteet ja koneet muutetaan siten, että ovat kytköksissä Internetiin. IoT-teknologian mahdollisuudet ovat lähes rajattomat, ja jatkuvasti kehitetään uusia tapoja sen hyödyntämiseen. Maailmanlaajuisesti tällä hetkellä on noin 27 miljardia IoT-laitetta, ja

odotetaan, että määrä kasvaa 125 miljardiin vuoteen 2030 mennessä. Rakennusteollisuudessa IoT-teknologiaa käytetään monin tavoin prosessien tehostamiseen, jätemäärän vähentämiseen, turvallisuuden parantamiseen ja ennen kaikkea ajan ja rahan säästämiseen. Rakennusalalla IoT:ta kutsutaan usein telematiikaksi. (Miller, A. 2019.)

Käytännön esimerkkejä IoT:n hyödyntämisestä rakennusteollisuudessa ovat etäohjattavat laitteet, jotka mahdollistavat koneiden etäkäytön vaarallisissa ympäristöissä tai vaikeasti saavutettavissa paikoissa. Puettava teknologia, kuten anturit ja älylasit, tukee työntekijöiden turvallisuutta ja suorituskyvyn parantamista. IoT-teknologia mahdollistaa reaaliaikaisen seurannan ja tiedon keräämisen rakennuskoneista, työkaluista ja työntekijöistä, mikä auttaa optimoimaan toimintaa ja vähentämään hävikkiä. Lisätyn todellisuuden teknologia, kuten DAQRI Smart Helmet, tarjoaa mahdollisuuden nähdä ideoita kolmiulotteisesti suoraan työmaalla. (Miller, A. 2019.)

IoT-teknologia näyttää lupaavalta ratkaisulta rakennusteollisuuden haasteisiin ja mahdollistaa tehokkaamman ja turvallisemman toiminnan työmailla. "Esineiden Internet" (IoT) tarjoaa merkittävää hyötyä rakennusteollisuudelle, mahdollistaen nopean tiedonvälityksen rakennuslaitteiden, työkalujen ja työntekijöiden liikkeistä. Hukkaan menevän ajan minimointi säästää kustannuksia, ja RFID-tunnisteet sekä laitteisiin ja työkaluihin asennetut anturit tehostavat toimintaa huomattavasti. (Miller, A. 2019.)

3.3 RFID-tekniikka työmaalla

Radiofrekvenssitunnisteet (RFID) ovat tunnisteita, jotka lähettävät tietoa radioaaltojen avulla. Niiden merkitys rakennusalalla kasvaa jatkuvasti, sillä ne parantavat tehokkuutta ja vähentävät kustannuksia. RFID-tekniikkaa on käytetty toisen maailmansodan ajoista lähtien, kun sitä käytettiin lentokoneiden tunnistamiseen tutkien ja transpondereiden avulla (IFF-järjestelmät.) Nykyään RFID-tekniikkaa hyödynnetään monin tavoin rakennusalalla. (Miller, A. 2019.)

Yksi sen käyttömuodoista on seurata rakennusmateriaaleja. Jos jokin tuote alkaa loppua varastosta, järjestelmä voi havaita sen ja ilmoittaa työntekijälle, että lisätilausta tarvitaan. Tämä vähentää seisokkeja ja tarvetta odottaa materiaalien saapumisia, mikä tehostaa rakennustyön etenemistä. RFID-teknologiaa käytetään myös työkalujen hallinnassa. Työmailla työkalut katoavat usein, ja RFID auttaa rakennusyrityksiä seuraamaan työkalujen ja laitteiden käyttöä. Tämä mahdollistaa tarkan tiedon siitä, kuka on vastuussa työkaluista ja kuinka kauan niitä on käytetty. (Miller, A. 2019.)

RFID:llä voidaan seurata myös muita rakennuskohteeseen liittyviä asioita, kuten rakennus- ja tarkastuslokit, kaluston hallinta, maanalaisten putkistojen ja kaapeleiden sijainti. Tämä helpottaa piilotettujen infrastruktuurien paikantamista korjausten tai muutosten yhteydessä. Anturit ovat toinen keskeinen osa IoT-ratkaisuja rakennustyömailla. Raskaat rakennuskoneet on varustettu antureilla, jotka seuraavat lämpötilaa, epänormaaleja olosuhteita, polttoaineen tai nesteiden määrää, kosteutta, painetta, kaasuja ja paljon muuta. Jos anturit havaitsevat poikkeamia tai vaaroja, työntekijöitä voidaan varoittaa tekemään tarvittavat muutokset ennen, kuin laite vaurioituu tai turvallisuus vaarantuu. Anturit toimivat osana ennaltaehkäisevää huoltoa, mikä mahdollistaa ongelmien hallinnan ennen kriittisen pisteen saavuttamista. (Miller, A. 2019.)

Rakennustietomallintaminen (BIM) yleisesti käytössä oleva IoT:n ominaisuus, joka on vakiintumassa osaksi rakennusprosessia. BIM mahdollistaa 3D-mallien luomisen rakennuksista, mutta se on myös paljon enemmän. Se pitää kaikki rakennuksen rakenteet ja järjestelmät integroituna ja reagoitavana suunnitelmana. Tietomallinnus esiteltiin ensimmäisen kerran, kun tietokoneiden ja Internetin pioneeri Douglas Engelbart kirjoitti ihmisen älyn kasvattamisesta. Hän korosti, että ihmisen älyn lisääminen tarkoittaa kykyä lähestyä monimutkaisia ongelmia, ymmärtää erityistarpeita ja löytää ratkaisuja niihin. BIM:n avulla voidaan hallita suunnitelmia ja havaita ongelmia ennen toteutumista. BIM auttaa vähentämään virheitä rakentamisprosessissa ja parantaa näin myös tehokkuutta. Se mahdollistaa eri osapuolten, kuten arkkitehtien, urakoitsijoiden ja rakennesuunnittelijoiden, saumattoman yhteistyön, koska suunnitelmat ovat yhteiset ja visuaaliset.

Lisäksi BIM tarjoaa rakennusten omistajille arvokasta tietoa kunnossapidon tarpeista ja auttaa tilan hallinnassa. Tietomallinnusta voidaan soveltaa myös muihin rakennusprojekteihin, kuten teihin, siltoihin, laitoksiin ja arkkitehtuuriin yleisesti. (Miller, A. 2019.)

3.4 AR-teknologia

AR teknologia on ollut nousussa vuosia useilla eri toimialoilla. Alun perin pelien ja viihteen pariin kehitetty tuotos on osoittanut potentiaalinsa niiden ulkopuolella. AR/VR- markkinoiden uskotaan kokevan 77 % CAGR:n vuosina 2019–2023. AR on siis lisättyä todellisuutta ja esimerkiksi terveydenhuollossa sitä voidaan käyttää elinten visualisointiin tai muuhun anatomian projisoimiseen. Verkko-kaupat voivat visualisoida asiakkaalle tuotteensa hänen omaan kotiinsa. Ja ymmärrettävästi sen rooli rakennusteollisuudessa on ollut ominaisuuksiensa puolesta menestyksenkäs. AR siis tuo tietokoneella toteutettuja objekteja ympäristöömme. Tässä voidaan hyödyntää tablettia tai siihen tarkoitettuja laseja. Sitä voidaan hyödyntää niin viestinnässä kuin myös projektisuunnittelussa. Rakennusprojekteissa on useita eri osapuolia ja sidosryhmiä ja tällaisten esittelyiden avulla projektista saadaan parempi yhtenäinen käsitys. Potentiaalia on havainnollistaville esityksille asiakas kierroksilla, jolloin lopputuloksesta saadaan varsin hyvä tuntuma. Edistymisen seurantaan voidaan teknologiaa hyödyntää varsin tehokkaasti. Sijainnin tunnistuksen avulla ohjelma pystyy ottamaan automaattisesti kuvia aina samasta kohdasta. Jolloin eri työntekijät tuottavat täsmälleen yhtenevää edistysseurantamateriaalia. Projektin eri osapuolet saavat jaettua 3D-dataa ja voivat välttää virheitä olematta kohteessa fyysisesti. (Miller, A. 2019), (Ellis, O. 2022.)

Turvallisuuteen on mahdollisuutta hyödyntää AR:rää ja sen kykyä skannata eri näisiä tarroja ja muita tunnisteita ja näin objektit voivat tuoda nähtäväksi turvallisuuteen liittyviä tekstiä tai 3D-malleja. Koulutus tarkoituksissa voidaan demonstroida vaarallisia materiaaleja sekä tilanteita altistamatta koulutettavia todellisuudessa. Harjoittelusta saadaan todentuntuempaa ja näin kehittävämpää. Kyseisen teknologian kasvu on ollut jäljessä verrattuna muihin yhteiskunnan

aloihin, vaikka sen hyötypotentiaali on huomattavasti suurempi kuin monella muulla alalla. Tulevaisuus vaikuttaa varsin lupaavalta ja kasvu onkin voimakasta. Jarruttavia tekijöitä on ollut rakennusalaalla digitaalisten ratkaisujen omaksumisen halukkuus, joka on kuitenkin nykyisellään kasvavaa. Mahdollisesti tuoreemman sukupolven vartumisella on suuri vaikutus. Tietenkin myös teknologian kehittyminen itsessään on avain asemassa. Vaikutus heijastuu myös kustannuksiin ja niiden alenemiseen. (Miller, A. 2019), (Ellis, O. 2022.)

3.5 Teknologian kehitys

Tietotekniikka ja rakennusteollisuus kulkevat tänä päivänä käsikädessä. Kehitys on ollut rakentamisen ympärillä laajaa ja käyttö on ollut lisääntyvää. Virtuaalitodellisuudella on jo pystytty auttamaan rakennusprojekteja, mutta mahdollisuudet ovat vasta alussa. Kuten aiemmin esitettiin, erinäisillä laseilla on pystytty havainnollistamaan esimerkiksi asiakasta hahmottamaan lopputulosta tai tarkastelemaan rakennusaikaisia työvaiheita. Näin voidaan olla varmoja yhteensopivuuksista.

Meillä ei kuitenkaan ole Suomessa tekniikkaa, jolla suuret ihmismassat pystyisivät osallistumaan esimerkiksi uudisrakentamiseen. Uudenlaisessa virtuaalitodellisuudessa pystyttäisiin toteuttamaan suunnitelmia sadoille tai sadoilletuhansille käyttäjille ja näin voidaan osittain ulkoistaa rakennusten toiminnallinen vastuu käyttäjille ja mitä todemmissa määrin rakennukset ja ympäristöt muokkautuisivat väistämättäkin suurinta käyttäjäryhmää parhaiten palvelevaksi siitä kerätyn laajan palautetietojen perusteella. Tekniikan tavoitteena ei ole viedä arkkitehtien töitä siirtämällä niitä loppukäyttäjille, vaan lähinnä hienosäätää pieniä, mutta mahdollisesti hyvinkin rajoittavia ”suunnitteluvirheitä” arkielämän näkökulmasta.

3.6 Metaversumi yleisesti

Metaversumi on nimitys, millä viitataan hyvin laajaan virtuaaliseen ja digitaaliseen ympäristöön. Se ylittää ns. perinteiset virtuaalitodellisuuden muodot. Tämä on jaettu tila, missä käyttäjät voivat olla vaikutuksissa keskenään. Tilassa on

projisoituna objekteja ja koko ympäristö. Sen tavoitteena on toteuttaa digitaalinen ekosysteemi, mikä vastaa tätä meidän fyysisenä koettua maailmaamme monelle eri mittarilla. Rakentaminen tulee olennaisesti näyttelemään silloin suurta roolia tällaisessa hankkeessa. Vielä tarkennetummin, itse Meta-yhtiö, johon kuuluvat Facebook, Messenger, Oculus, Instagram ja WhatsApp, on hiljattain lanseerannut, *englanniksi* "metaverse"-termin. Tämän tavoitteena on luoda 3D-versio koko Internetistä. Edustaen näin ns. virtuaalista maailmankaikkeutta. Metalla on suunnitelmissa luoda muitakin alustoja ja näin tavoitteena virtuaali-*maailmojen konsellaatio*. (Constro, O. 2023.)

Eri teollisuus alat ovat tarkkana mukana tässä digitaalisten ympäristöjen huimassa kehityksessä ja pyrkivät myös parhaansa mukaan hyödyntämään näitä. Bloomberg on ennustanut, että globaali metaversumin tulo voi nousta jopa 800 miljoonaan dollariin vuoteen 2024 mennessä. Ja eksponentiaalisesti siitä eteenpäin. Rakennusala on yksi tehokkaimmin tätä uutta teknologiaa käyttöön ottanut. Toki hyvin läheisen verrannollisuuden vuoksi. Metaversumi tarjoaa mahdollisuuden luoda, uusi, tätä maailmaa muistuttava digitaalipohjainen kenttä, joka heijastaa täysin todellisen maailman ympäristön ja ihmiset voivat olla siellä vuorovaikutuksissa toistensa kanssa. (Banusch, B. 2022) (Constro, O. 2023.)

On useita tapoja, miten rakennusalan yritykset ja koko rakennusteollisuus voi hyötyä tästä teknologiasta. Keskeisimmin teknologian avulla voidaan simuloida suuriakin rakennushankkeita, sekä koekäyttää erilaisia suunnitelmia virtuaalisesti ennen niiden todellista, fyysistä, toteuttamista. Tämä luonnollisesti parantaa projektien tehokkuuksia, sekä vähentää virheitä ja näin ollen kustannuksia. Tähän voidaan yhdistää vielä vuorovaikutus projektin eriosapuolten kanssa ja suunnittelu kuin myös viestintä tehostuu merkittävästi. Olemme seuraamassa paraatipaikalta, uuden, rakennusalan teknologian käyttöönottoa, joka tarjoaa innovoinnin ja vuorovaikuttamisen uudenaikaisessa digitaalisessa muodossa ja näin tulee muuttamaan tapamme työskennellä ja kommunikoida. (Constro, O. 2023.)

3.7 Metaversumin mahdollisuuksia

Mahdollisuuksia on lukematon määrä. Suunnittelupuolta tarkastellessamme, voidaan todeta sen tarjoavan insinööreille ja arkkitehdeille aivan uudenkaltaisen tavan tuottaa koko rakennusteollisuuden suunnitteluprosessi digitaalisella mallintamisella projektin eri osapuolten vuorovaikuttamisen kautta. Vuorovaikuttaminen tulee olemaan suuressa roolissa juuri yhteisön osallistamisen mahdollistamisen kautta. Rakennusmalleja voidaan luoda, sekä koeajaa ennen, kuin niitä on fyysisesti tuotettu. Sen tuomien mahdollisuuksien kautta yksittäisten ja koko kaupunkisuunnittelussa tullaan huomaamaan selkeitä parannuksia. Tähän tullaan liittämään erilaisia uudenaikaisia liiketoiminta mahdollisuuksia arkkitehdeille kuin myös rakentajille, kun käyttäjät voivat ostaa ja myydä virtuaalisia kiinteistöjä luoden kiinteistömarkkinaa muutoksia. (Beringer, U. 2023.)

Käyttäjätasolla tullaan saamaan ainutlaatuinen kokemus, kun vasta suunnitteluasteella olevien rakennuksissa vierailemisesta ja tutkimisesta tulee immerstiivisellä tavalla mahdollista. Rakennusprojektin suunnitteluvaiheessa arkkitehdit voivat luoda näyttelyitä ja näin rakentamattomista rakennuksista ja ympäristöistä saada jo varsin vahva tuntuma, tietoisuus ja tätä kautta palaute. On myös vaihtoehtoisia tapoja, joiden ero on AR ja VR-lasien välillä. Käyttäjät voivat käyttää AR-laseja rakennuskohteessa tai VR-laseja täysin paikka riippumattomasti. (Beringer, U. 2023.)

Metaversumi yhdistää useimmat keskeisimmistä pääkohdista, kuten yhteistyö, projektinhallinta, 3D-mallinnus ja datan visualisoinnin, antaen mahdollisuuden näiden vuorovaikutukseen. Lisääntynyt yhteistyön helpottuminen ja tehokas suunnittelu on ensiarvoisen tärkeää rakennusteollisuudessa. Lohkoketjuteknologia, jonka ympärillä metaversumi tulee pyörimään, antaa suojan immateriaalioikeuksille sekä yksinkertaistaa dokumentointiprosesseja. Kaikki tämä, tuo etuja kustannustasolla kuin käyttäjätyytyväisyydessä. (Beringer, U. 2023.)

Teknologian käyttöönotto on muuttanut rakennusteollisuuden normeja. Tämä innovaatio mahdollistaa laajasti erilaisia käytettäviä sovelluksia, jotka muuttavat perinteiset toimintatavat. Eräs merkittävä osa-alue on arkkitehtoninen

suunnittelu ja visualisointi, jossa metaversumi-alustat, varustettuna virtuaalidellisuuden VR ja lisätyn todellisuuden AR kyvyillä, mahdollistavat käyttäjien syventymisen moniulotteisiin suunnitelmiin. Tämän immerstiivinen mahdollisuus parantaa paitsi projektien esteettisyyttä ja toimivuutta, mutta myös kannustaa sidosryhmien keskinäiseen toimintaan pohjautuvaa päätöksentekoa, muodostamalla simuloidun esikatselun kohteesta. (Waqar ym. 2023)

Sidosryhmillä, kuten sijoittajilla, asiakkailta ja urakoitsijoilla on mahdollisuus tutkia virtuaalisia pohjapiirroksia jo varhaisessa vaiheessa ennen rakennusprojektin aloittamista ja suorittaa näin kattavia läpikäyntejä tulevaan projektiin, jonka metaversumi-teknologia mahdollistaa. Tällainen toiminnallinen osallistaminen auttaa luomaan yhtenäistä ajatusta ja poistaa epävarmuustekijöitä, mikä johtaa paremmin tiedostettuun päätöksentekoprosessiin hankkeen alkuvaiheessa. Metaversumi-alustat tarjoavat turvallisen digitaalisen ympäristön monialaisille tiimeille yhteisen suunnittelun alalla. Tässä ympäristössä tiimit voivat työskennellä yhdessä reaaliajassa, mikä mahdollistaa arkkitehtien, insinöörien, urakoitsijoiden ja muiden sidosryhmien vuorovaikutuksen suunnitelmien arvioinnissa ja mahdollisten konfliktien tunnistamisessa. Tämä johtaa lopulta tehokkaampaan toteutukseen ja yhtenäisempiin suunnitelmiin. (Waqar ym. 2023)

Rakennusalalla nähdään toistuvasti haasteita, kuten budjettilylyksiä, projektien aikataulun viivästymisiä ja kommunikaatiohäiriöitä. Alan on mahdollista hyötyä huomattavasti metaversumin käyttöönotosta. Virtuaali- ja lisätyn todellisuuden tekniikoiden avulla eri rakennusprosessin osapuolet, kuten insinöörit, arkkitehdit, asiakkaat ja urakoitsijat, voivat tehdä yhteistyötä saumattomasti. Tuoda haastavatkin suunnitelmat lähes käsin kosketeltaviksi ja pohtia sekä selvittää konflikteja aikaisessa vaiheessa. (Waqar ym. 2023)

Täten saadaan monia parannus mahdollisuuksia ja etuusia koko rakennusprosessin ajan. Sidosryhmät voivat esimerkiksi osallistua virtuaalisiin kierroksiin rakennuksissa ennen varsinaista rakentamista, kyeten reaaliaikaisiin suunnittelumuutoksiin ja näin parantaen asiakastytyvyyttä. Lisäksi tietomallintamista voidaan integroida rakennusteollisuuteen uudella tavalla, kuten mahdollistaen

4D-rakentamisen sekvensoinnin ja reaaliaikaisen toteutumisen valvonnan. Edistystä tullaan näkemään työmaan turvallisuuskouluttamisessa ja sen simuloimisessa. Näin vähentäen työntekijöiden tapaturmia ja lisäten turvallisuutta. Vaikutuksia tapahtuu myös rakennusten jälkikäytössä. Omistajat pystyvät tutkimaan ja hallinnoimaan kiinteistöjään virtuaalisen alustan kautta. Merkittävästä potentiaalista huolimatta, sillä on omat haasteensa. Uutena teknologiana käyttöönotto vaatii kustannuksia, kuten yleisestikin uusien tekniikoiden vallatessa aloja. Lisäksi huolenaiheina ovat tietosuoja, oppimiskäyrä ja yhteensopivuus, mitkä keskittyvät näiden tekniikoiden yhtymiseen jo olemassa oleviin työtapoihin. (Waqar ym. 2023.)

Vaikka kyseisen teknologian kiinnostus kasvaa rakennusteollisuudessa, tutkimukset ovat olleet varsin rajallisia tuoreen asemansa vuoksi. Tutkimuksia aihepiiristä kuitenkin on. Vaikka puhummekin maailmanlaajuisesta ilmiöstä, emme varmastikaan tule näkemään täysin yhtenevää käyttötapaa kulttuurillisten ja taloudellisten vaihtelevuuksien vuoksi. Pitkäaikaisen integraation vaikutukset näemme tulevaisuudessa.

4 Vaikutuksenalaiset

Kuten voimme olettaa, vaikutuksenalaisia tahoja tulevat olemaan suoraan tai välillisesti, jokaisessa rakennusalan osa-alueella. Vaikutusten laajuus ja ajankohta kuitenkin on hyvin riippuvainen kehitymisestä ja miten ihmisten osallistuminen, kuin myös vuorovaikutus tulee tapahtumaan. Teknologian kehitykseen voi varmasti olla myös lainsäädännöllisiä vaikutustekijöitä.

Loppukäyttäjän näkökulmasta ja tässä tutkimuksessa varsinkin julkisissa rakennuksissa uskotaan näkyvän edistystä. Se tietenkin vaatii edelleen osallistumista myös ympäristön asukkailta.

4.1 Arkkitehdit ja suunnittelijat

Teknologia tarjoaa arkkitehdeille uudenkaltaisen suunnittelupohjan, jossa on toisenlainen rajaton luovuus, kuin mihin olemme tottuneet. Arkkitehdit ja suunnittelijat saavat ainutlaatuisen joustavuutta tarjoavan tilan, kun rakennusten fyysiset rajoitteet voidaan ohittaa. Ideointi tulee olemaan rohkeampaa ja monimuotoisempaa. Pelkästään kaupunkisuunnittelun puolella voimme kokeilla täysin uusia kaavoitusmalleja, jotka pohjautuvat ihmisten virtuaalikäyttäytymiselle. Kestävän rakentamisen näkökulmasta erinäisten rakennelmien ja suunnitelmien ympäristövaikutuksia voidaan simuloida sekä testata erilaisia skenaarioita ennen, kuin päätökset todellisuudessa toteutetaan. Arkkitehtien ja suunnittelijoiden panos tulee olemaan merkittävä virtuaalisen maailman kehityksessä, joka heijastuu todelliseen rakentamiseen. Arkkitehtuurien yhdistäminen esimerkiksi eri kulttuureista avaa tien uudelle visuaaliselle ja toiminnalliselle todellisuudelle, joka vaikuttaa syvästi siihen, miten tulemme kokemaan ja rakentamaan ympäröivää maailmaamme. Samankaltaisuudet tulevat vaikuttamaan tietenkin myös sisustusarkkitehteihin ja maisemasuunnittelijoihin. (Zhang, ym. 2023.)

4.2 Valvonta ja laadunhallinta

Rakennusteollisuuden valvontaympäristöön saadaan kokonaan uudentyyppistä kosketuspintaa. Rakennusmallin valvontatiimi voi visualisoida ja simuloida rakennusprosessin 3D:ssä, mahdollistaen interaktiivisen ja moniulotteisen rakentamisen valvonnan. Tämä ehostaa rakennuslaatua, lisää turvallisuutta sekä minimoi onnettomuusriskit. Lisäksi metaversumi-teknologia mahdollistaa reaaliaikaisen valvontatietojen seurannan ja analysoinnin, yhdistäen näin valvonnan ja laadunhallinnan. Valvontamallin rakentaminen mahdollistaa valvontatietojen jakamisen ja yhteistoiminnan, lisäten valvonnan ja laadunhallinnan kyvykkyyttä ja täsmällisyyttä. Tämä edistysaskel auttaa vähentämään laatuongelmien esiintymistä rakennusteollisuudessa. (Zhang, ym. 2023.)

4.3 Seuranta ja analysointi

Metaverse-tekniikka tarjoaa innovatiivisen hallintaympäristön rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon, tehostaen prosesseja ja lisäten turvallisuutta. Arkkitehtuurillisesti tarkassa mallissa, pystytään mallia tarkastelemaan kolmiulotteisesti ja saadaan näin tarkka visuaalinen simuloitu kokemus, jota seuraa tilojen hallinta ja seuranta. Tämä parantaa kiinteistöhuollon tehokkuutta ja laadunvalvontaa, samalla vähentäen laitoshäiriöiden riskiä. Metaverse-tekniikan avulla voidaan myös integroida kiinteistöjen käyttö ja ympäristöhallinta, saavuttaen älykkään ja tarkan ympäristön seurannan ja hallinnan. Ympäristömallien rakentaminen tuottaa reaaliaikaisen ympäristötiedon seurannan ja analysoinnin, mahdollistaen tarkan ympäristön- ja hallinnansäätelyn. Tämä edistysaskel parantaa rakennusten kestävyyttä ja ympäristön laatua. (Zhang, ym. 2023.)

4.4 Loppukäyttäjät

Kaiken tämän kehittymisen ja sen tuomien seurausten perimmäisenä tarkoituksena on enemmässä määrin loppukäyttäjät. Vaikutuksia on niin rakennusprosessin aikana, kuin myös vuosia jälkeen. Onnistunut, loppukäyttäjät mukaan ottanut suunnittelu, mahdollistaa käyttäjäläheisemmän rakentamiskulttuurin ja tilaisuuden matalan kynnyksen vaikuttamiselle. Rakennusprojektin tulokset eivät poikke merkittävästi odotuksista ja sidosryhmien erimielisyyksien määrän voidaan nähdä laskevan.

4.4.1 Ongelmakohtia

Käyttäjänäkökulmasta tarkastelemalla voidaan todeta mahdollisia ongelmakohtia ja pohtia löytyisikö niihin ratkaisuja. Voimme ottaa esille yhden, verrattain harvinaisen, mutta kuitenkin tunnetun ongelman. Nimittäin epäonnistuneet rakennukset ja ympäristöt. Mielenpitoiset ovat yksilöllisiä, mutta myös todenmukaisia. Millaisia nämä ovat ja miksi niitä syntyy? Aina ei voida onnistua ja tämä on väistämätöntä. Voimme tutkia kauppakeskuksia tai toimistorakennuksia ja on kiistämätöntä, että jokainen niistä olisi ”onnistunut”. Ja mitä sillä tässä kohtaa

tarkoitetaan, on ennustettua matalampi käyttöaste. Rakenne voi olla epäkäytännöllinen, ruuhkainen, vaikeakulkuinen tai muuta epäedullista, jotka usein selviävät lopuksi, kun rakennusta käytetään suurilla ihmismassoilla. Paperilla aivan kaiken ennakointi on haasteellista, ellei jopa mahdotonta.

Mikä oikein johtaa meillä julkisissa uudisrakennuksissa matalaan käyttöasteeseen? Julkisia rakennuksia on paljon ja ne kattavat niin koulut, urheilukeskukset, kirjastot, virastot, kulttuurikeskukset, kauppakeskukset, toimistot yms. Ne ovat siis olennainen osa meidän yhteiskuntaamme. Aina suunnitteluvaiheesta lähtien, toteutus pyritään suunnittelemaan niin, että sen käyttöaste olisi mahdollisimman korkea. Lähes kukaan ei toivo matalaa käyttöasetta. Mitä syitä tällaiseen kuitenkin voisi olla? Ensimmäisenä voidaan nostaa esille huono sijainti. Se on varsin mahdollinen ja negatiivisesti vaikuttava. Jos sijainti onkin kaupungin parhaimmista, mutta ongelmat jatkuvat. On ehkä unohdettu suunnitella rakennus niin, että se palvelee käyttäjiään mahdollisimman loogisesti, esteettömästi, monipuolisesti ja tehokkaasti. Toki ongelmia voi myös olla esimerkiksi markkinoinnissa, mutta onnistunut rakennus myy itse itsensä.

Seuraukset ovat usein hyvinkin suuria ja ympäristöä kuohuttavia. Pettymys uudesta rakennuksesta voi olla lähiympäristön asukkaille suuri. Ketjureaktion vaikutukset heijastuvat päätöksentekijöihin varsin negatiivisesti. Rakennuttajan puolelta taloudelliset menetykset voivat paisua valtaviksi. Varsinkin vihreän rakentamisen näkökulmasta käytetään valtavasti ylimääräisiä resursseja ja energiaa tällaisessa tapauksessa.

Ratkaisu ongelmaan ennen kaikkea lähtee sijainnista. Se tulee valita strategisesti palvelemaan sille suunniteltua käyttäjäryhmää. Kunnollisesta markkinoinnista ja julkisesta tiedottamisesta. Silti, etenkin käyttäjien osallistamisesta rakennushankkeiden suunnitteluun. Tällöin voidaan taata niiden vastaavan alueen yhteisöjen vaatimia tarpeita. Käyttäjäkantaviinseiniin

kohtainen suunnittelu on avainasemassa. Näin voidaan jo suunnitteluvaiheessa kuulla käyttäjien tarpeita ja toiveita. Rakennuksista saadaan myös monikäyttöisempiä, palautelähtöisen suunnittelun avulla. (Hakamäki, S. 2022.)

4.4.2 Käyttäjälähtöisyys ratkaisuna

Mitä kaikkia etuja yhteisön osallistaminen rakentamiseen voikaan tuoda? Onnistunut kaupunkisuunnittelu on yhteiskuntamme yksi keskeisimmistä tukipilareista. Onnistunut kaupunkisuunnittelu tuottaa onnellisia asukkaita, jotka arvostavat ympäristöään. Onnellinen asukas on myös tuottava. Kansanterveydellisesti näkökulmaa unohtamattakaan. Kaupungistuminen on ilmiönä globaali. Kaupungit muuttuvat ja tiivistyvät. Tämä tuo ennen kaikkea haasteita, ja yksi keskeisimmistä onkin liiallinen rakentaminen. Kaupunkilaisten osallistaminen kaupunkisuunnitteluun ja päätöksentekoon voi olla varsin tehokas keino hillitä liiallista rakentamista ja kaupunkien ruuhkautumista. Näin kaupungit vastaavat vielä tulevaisuudessakin asukkaiden toiveita ja tarpeita. (Wijnjes, L. 2023.)

Kaupunkisuunnittelu käsitteenä on laajahko. Siinä päätetään esimerkiksi rakennusten sijainnit, koot, liikennejärjestely, viheralueet ja julkiset tilat. Se kuinka esteettömästi ne ovat saavutettavissa ja millainen yleinen tunnelma kaupungissa vallitsee. Millaisia tiloja kaupungilla on tarjota, on yksi onnistuneen kaupunkisuunnittelun peruspilareista. On siis varsin kiistatonta väittää, että nämä edellä mainitut asiat, tulisi täysin ulkoistaa asukkailta. Päätösten tulisi perustua yhteisöjen toiveisiin ja tarpeisiin. (Wijnjes, L. 2023.)

Kun asukkaita osallistetaan päätöksentekoon ja kaupunkisuunnitteluun on yhteisöllä mahdollisuus ilmaista mielipiteensä elinympäristöstään ja ne otetaan osaksi päätöksentekoa. On selvää, miten yhteisön päätöksenteon osallistamisen edesauttaminen on tärkeää. Uusien innovaatioiden myötä tulemme näkemään merkittäviä uudistuksia tulevaisuuden rakennusteollisuudessa ja -kulttuurissa ja asukkaiden päätöksentekomenetelmissä. Näin päästään kohti, kestäviä ja elinvoimaisia kaupunkeja myös tulevaisuudessa. (Wijnjes, L. 2023.)

Nykymuodossaan yhteisön osallistuminen on tapahtunut avoimina keskustelutilaisuuksina, verkkokyselyinä, kaupungilla järjestettyinä yhteisötilaisuuksina tai asukasyhdistysten kautta. Asukkaiden on tärkeä huomioida, ettei osallistaminen ole vain yksinkertaisen mielipiteen ilmaisuja, vaan ennen kaikkea, aktiivista vuorovaikuttamista kaupungin päätöksentekijöiden ja viranomaisten kanssa.

Nykyinen malli on kuitenkin ollut melko alkeellinen ja perinteikästä, riippuen tietenkin siitä, miten asia halutaan ilmaista. Osallistuminen on vaatinut ympäristön asukkailta myös tietoista paneutumista päätöksenteon ympärille, aikaa ja aika-
taulutusta. Tekniikan kehittyessä on tähänkin mahdollista saada muutosta.

Kun asiakkaat tai alueen yhteisöt pääsevät lähemmäksi rakennusprojekteja voidaan huomata reklamaatioiden määrän laskevan. Ne syövät urakoitsijalta paljon turhaa aikaa ja resursseja sekä mahdollisesti aloittavat jonkin epätoivotun ketju-
reaktion. Avoimet viestikanavat ovatkin avain asemassa. Alueen asukkaiden ollessa työvaiheista tietoisia, ei heille synny negatiivisia tunteita esimerkiksi meteliä tuottavista töistä pystyttyään varautua ennakkoon. (Wijnjes, L. 2023.)

Liiallisella rakentamisella voi olla paljon kauaskantavia negatiivisia vaikutuksia. Kaupungin ruuhkautuminen ja muut liikenneongelmat, jotka taas heijastuvat suoraan negatiivisesti asukkaiden elämänlaatuun. Vihreänsiirtymän aikakautena on tärkeä huomioida ympäristön ja luonnonvarojen tarpeeton kuluttaminen. Tunnetasolla ja myös viihtyvyyteen vaikuttavana epäsuhtaisena esiintymänä voidaan nostaa esille alueen kulttuurillisen ja historiallisen ilmeen negatiivinen muovautuminen moderneilla rakenteilla. Ilman minkäänlaista yhteisön osallistamista riskinä on tarpeettoman rakentamisen liiallinen kasvu ennen, kuin se on selkeästi tunnistettavissa ja on aiheuttanut peruuttamatonta vahinkoa ympäristölle. Positiivisena havaintona osallistamisessa nähdäänkin elämänlaadun parantuminen ja kaupungin houkuttelevuuden lisääntyminen. Keskinäisen yhteisöllisyydenkin voidaan nähdä kasvavan. (Kaupungin tiivistäminen uhkaa lisätä rakennusten purkamisia. 2021.)

4.5 Nykyinen käyttö

Kuten olemme huomanneet, konsepti mitä käsittelemme, on varsin alkutekijöissä. Kuitenkin se hiljalleen valtaa ja on vallannut markkinaa. Tässä muutamia yleisesti rakennusalalla tunnettuja yhtiöitä ja alustoja, jotka ovat ottaneet teknologiaa käyttöönsä.

Tapaustutkimusesimerkeistä ensimmäisenä voisimme nostaa esille Autodeskin Tandem-alustan. Alusta lanseerattiin metaversumipohjaisena jo vuonna 2020. Alustan keskeisin tarkoitus ja tavoite on yhdistää sidosryhmät toisiinsa, esimerkiksi tilaajat, urakoitsijat, insinöörit ja arkkitehdit. Painotus on eri ryhmien yhteistyön helpottamisessa ja sujuvoittamisessa. Rakennusten yleiset tiedot, rakentamis- ja huoltoaikataulut, suorituskykytiedot ja niin edelleen ovat helposti saavutettavissa. Autodesk Tandem onkin menestynyt alalla ja alustaa voidaan pitää yhtenä tämän hetken suosituimmista. (Metaversumi rakennusteollisuudessa: mahdollisuudet ja haasteet. 2023.)

Toinen havainnollinen tapaus metaversumin hyödyntämisestä rakennusteollisuudessa liittyy brittiläisen The Wild-yrityksen kehittämään virtuaalitodellisuus-alustaan. Tällä alustalla insinöörit, arkkitehdit ja rakennusurakoitsijat voivat myös pitää tehokkaasti yhteistyötä rakennussuunnittelussa sekä osallistua reaaliaikaisiin katselmuksiin, vaikka he olisivatkin fyysisesti eri paikoissa. (Metaversumi rakennusteollisuudessa: mahdollisuudet ja haasteet. 2023.)

Singaporilainen HoloBuilder-yritys on kehittänyt metaversumi-alustan, joka mahdollistaa rakennusalan ammattilaisten 3D-mallien luomisen rakennuksista, työmaista ja infrastruktuuriprojekteista. Tätä alustaa voidaan hyödyntää rakennushankkeiden etähallintaan, tiimityöskentelyyn reaaliajassa sekä rakennusprojektien kehittämisen analysointiin. Kyseessä onkin erinomainen esimerkki metaversumin hyödyntämisestä rakennusalalla. (Metaversumi rakennusteollisuudessa: mahdollisuudet ja haasteet. 2023.)

Trimble, Yhdysvalloissa toimiva teknologiayritys, joka tarjoaa ratkaisuja eri toimialoille, muun muassa rakennusteollisuudelle, on lanseerannut metaversumi-alustan nimeltä Trimble Connect. Tällä alustalla rakennusalan sidosryhmät voivat tehokkaasti työskennellä yhdessä, visualisoida rakennussuunnitelmia ja hallinnoida projektitietoja keskitetysti. (Metaversumi rakennusteollisuudessa: mahdollisuudet ja haasteet. 2023.)

Tässä on alustoista, joilla metaversumia hyödynnetään rakennusteollisuudessa tällä hetkellä. Teknologian edetessä ja kehittyessä on todennäköistä, että

tulemme todistamaan entistäkin innovatiivisempia metaversumiin pohjautuvia sovelluksia.

5 Tutkimusta

5.1 Potentiaali koulutuksessa

Lähi-vuosina meta-alusta pohjaista tekniikkaa on alettu integroimaan koulutukseen. Rakennus ja arkkitehtiopinnoissa on tunnistettu joitain ongelmia missä kyseisestä teknologiasta on mahdollisesti apua. On todettu, että opiskelijoilla on joskus vaikea ymmärtää, rakenteiden sisään jäävien rakenteen osien toteutusta ja oleellisuutta näiden ollessa piilossa. Pelkästään tekstein ja kuvin esitetty materiaali on todettu riittämättömäksi. Näin ollen rakennustyömaavierailut ovat korostaneet tärkeyttään. Isolla ryhmällä vierailu on kuitenkin useasti haasteellista. Rakennustyömaalla on aina turvallisuusriskit ja tarvitaan erillinen vakuutus näille. Matkustus ja siirtymät voivat olla haasteellisia paikkoihin, joihin julkinen liikenne ei kulje. Parannus ratkaisuna onkin digitalisaation soveltaminen rakennus- ja arkkitehtuurikoulutuksessa. Ollen näin täydentävä opetusmetodi perinteisempien rinnalla. (Onecha, ym. 2023.)

5.2 Barcelonan tutkimus

Espanjalaisessa koulussa, Universitat Politècnica de Catalunyaassa, suoritettiin digitaalisten alustojen testausta eri opiskelijaryhmille rakennus- ja arkkitehtiopinnoissa. Menetelmien rakenne koostuu kahdesta päävaiheesta. Vaiheet sisältävät suunnittelu-, sovellus- ja arviointivaiheet. Menetelmät kaaviona. (Onecha, ym. 2023.)

Tutkimuksen merkitys korostuu arkkitehtuurin ja rakentamisen alan keskeisyydessä espanjalaisten arkkitehtien koulutuksessa. Espanjalaiset arkkitehdit poikkeavat muista maista siten, että heillä on täydellinen valtuutus, pätevyys ja oikeudellinen vastuu työstään, joka kattaa rakenteen, tilan ja suunnittelun.

Barcelonan alueen yksi tunnetuimmista arkkitehteistä on Antoni Plàcid Guillem Gaudí i Cornet (1852-1926.) (Onecha, ym. 2023.)

Kurssirakenne tutkimuksen aikana.

1. Tekniset perusteet: Pyrkimyksenä on opettaa opiskelijoille kaikki teknisen tiedon perusteet heidän arkkitehtuurin tutkinnolleen. Kurssin suurimpana tavoitteena on luoda opiskelijoille kattava ymmärrys arkkitehtuurin periaatteisiin, kuten soveltuvuus tilaan, soveltuvuus ympäristöön, eheyden, kestävän tuotannon ja esteettisyyden. (Onecha, ym. 2023.)

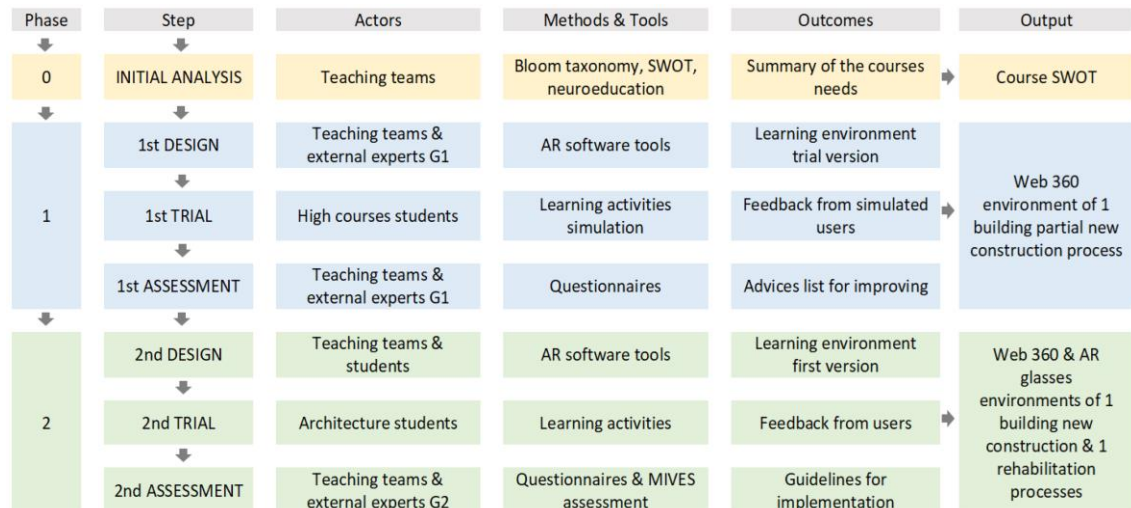
2. Rakentaminen I: Opiskelijat tutustuvat yleisimpiin rakennusmateriaaleihin ja -tekniikoihin. Osaavat tunnistaa tyypilliset ominaisuudet katto- ja seinärakenteissa. Kurssi tarjoaa myös ratkaisuja rakenteiden yksittäisiin osa-alueisiin, erityisesti asuinrakennuksissa, ja kannustaa opiskelijoita tekemään kriittisiä arvioita näistä projektipäätösten tueksi. (Onecha, ym. 2023.)

3. Rakentaminen II: Kurssi keskittyy yksityiskohtaisemmin rakenteisiin, kuten perustuksiin, tukiseiniin, pilareihin, kantaviin seiniin, palkkeihin, teräkseen, teräsbetoniin ja muurauksiin. Tavoitteena on syventää opiskelijoiden tietämystä näistä osa-alueista. (Onecha, ym. 2023.)

4. Rakentaminen IV: Kurssi keskittyy korjausrakentamiseen, tarjoten teknistä tietoa rakenteiden diagnosointiin, kunnostamiseen ja parantamiseen. Opiskelijoita ohjataan soveltamaan opittuja menetelmiä ja resursseja kuntoarvioiden tekemiseen, ongelmien diagnosointiin, turvallisuustekijöiden huomioimiseen ja asumiskelpoisuuden arviointiin sekä valitsemaan oikeat toimintatavat rakennuskohteiden korjauksiin. (Onecha, ym. 2023.)

5. Arkkitehtuurin ja teknologian innovaatiot: Kurssi keskittyy arkkitehtuurin ja teknologian uusimpiin innovaatioihin ja kestävän kehityksen hallintaan. Aihealueeseen kuuluvat prototyyppien tuottaminen, materiaalit, tuotanto, erilaiset rakennustekniikat ja myös korjausrakentaminen. (Onecha, ym. 2023.)

Seuraava kaavio osoittaa alustavan analyysin sekä kahden seuraavan päävaiheen keskeisimmät osat. Näitä ovat: vaihekokonaisuudet, toimijat, menetelmät & työkalut, tulokset sekä tuotokset. (Onecha, ym. 2023.)



Kuva 1 - Noudatetut menetelmät. (Onecha, ym. 2023.)

5.3 Ensimmäinen vaihe

Ensimmäisessä vaiheessa testattiin 360° asteen panoraamoihin perustuvaa oppimisalustaa. Opetustiimi ja ulkopuoliset asiantuntijat osallistuivat suunnitteluun ja arviointiin, tuoden mukanaan kurssitietoa ja ohjelmistotyökaluosaamista. Ensimmäisessä vaiheessa ulkopuoliset asiantuntijat, jotka olivat AR-tekniikan erityisosaajia, valittiin alustavalla analyysillä. Arkkitehtuuriohjelman korkeamman tason opiskelijat käyttivät ensimmäistä mallia ja suorittivat palautekyselyitä.

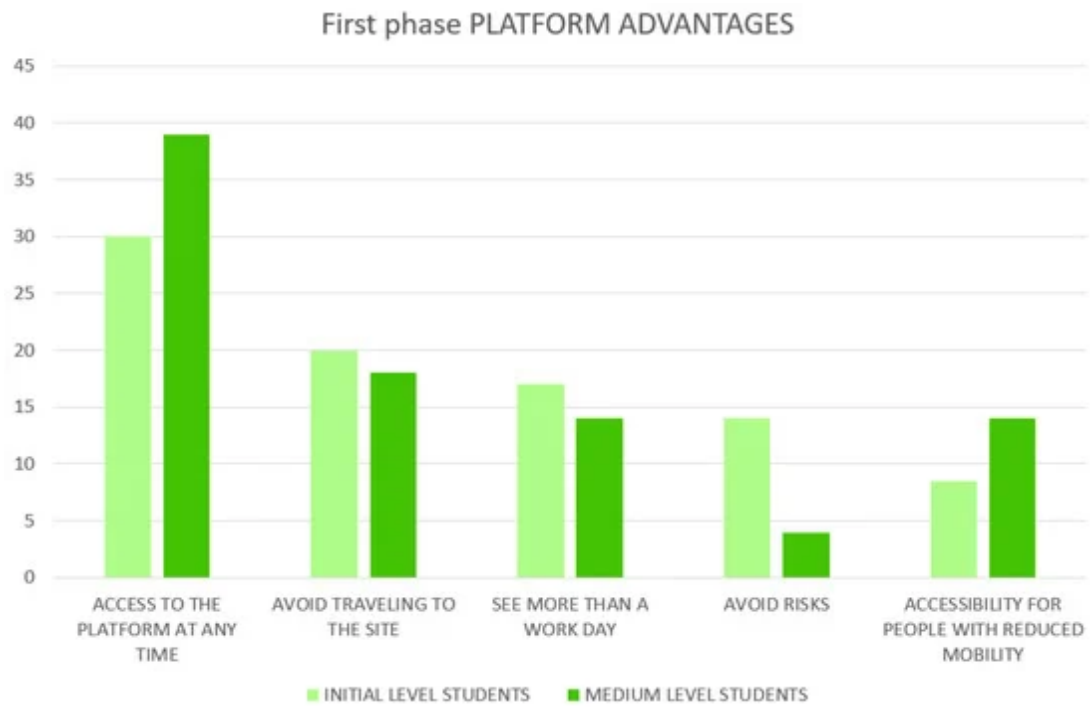
Palautetta annettiin 13 kysymyksen kyselylomakkeilla, jotka jaettiin kolmeen eri lohkoon: 1. etiikka, 2. kontekstualisointi ja 3. alustan käyttö. (Onecha, ym. 2023.)

Kysymykset	Vastaus vaihtoehdot
1. Lohko	
Etiikka	
1. Oletko samaa mieltä siitä, että vastauksillasi tähän kyselyyn parannetaan ETSAB:n ja ET-SAM:n kehittämää 360° Architecture -oppimisalustaa?	Kyllä Ei
2. Lohko	
Kontekstualisointi	
2. Millä kursilla teet tämän kyselyn?	Tekniset perusteet Rakentaminen I Rakentaminen II Rakentaminen III Rakentaminen IV Master MBarch, CP, Materiaali ja projekti Jokin toinen kurssi
3. Jos jokin muu kurssi, mikä?	Vapaa vastaus
4. Oletko koskaan vierailut rakenteilla olevassa rakennuksessa?	Kyllä, yksi Kyllä, yhdestä kolmeen Kyllä, enemmän kuin kolme Ei
5. Oletko koskaan vierailut alustalle simuloidussa fyysisessä rakennuksessa?	Kyllä Ei
3. Lohko	
Alustan käyttö	
6. Mitkä asiat Architecture 360 alustassa olivat mielestäsi hyödyllisimpiä?	360° panoraama Videot Vakiokuvat Tekniset tietojen saatavuus Kyky siirtyä rakennusvaiheesta toiseen Kyky liikkua kolmen pisteen välillä Kartta Panoraaman käyttöpalkki Muut
7. Onko jotain muuta hyödylliseksi havaittua, mitä?	Vapaa vastaus
8. Mitä etuja Arquitectura 360° -alustalla on mielestänne verrattuna käyntiin työmaalla?	Ei tarvetta matkustaa työmaalle Ei tarvetta suojavarusteille (kypärä, liivi, saappaat) Ei ole riskejä Mahdollistaa pääsyn liikuntarajoitteisille henkilöille Mahdollisuus vierailuun missä ja milloin vain

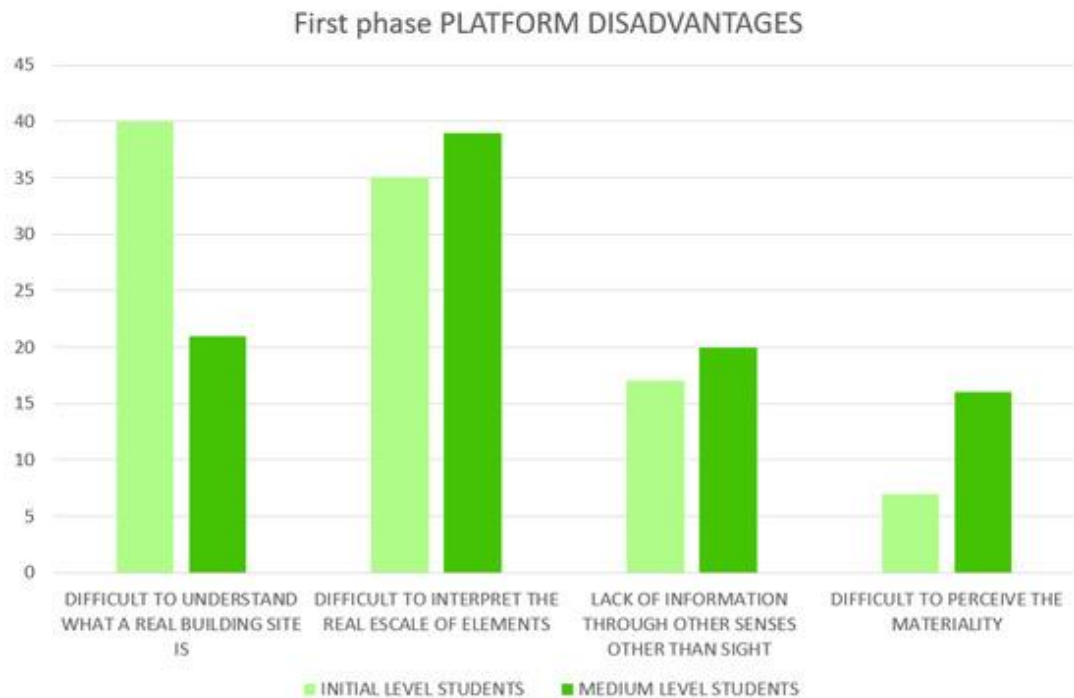
	Kyky liikkua eri työvaiheiden välillä Ei suurten ryhmien kohtaamia näkyvyys-/ääniongelmia
9. Onko jotain muita etuja/hyötyjä, mitä	Vapaa vastaus
10. Mitä haittoja Arquitectura 360° -alustalla on mielestäsi verrattuna käyntiin työmaalla?	On vaikea saada käsitystä alustalla näkemien asioiden laajuudesta Ainoastaan näköaisti on käytettävissä Materiaaleista ei saa fyysistä käsitystä Puuttuu kokonaan käsitys, mitä toteutus todella esittää Muut
11. Onko jotain muita negatiivisia havaintoja, mitä?	Vapaa vastaus
12. Yhteenvetona, Arquitectura 360° alusta verrattuna todelliseen rakennustyömaalla käyntiin on:	Parempi huonompi täydentävä muita
13. Miksi?	Vapaa vastaus

Taulukko 1 - Ensimmäinen kyselylomake (Onecha, ym. 2023.)

Ensimmäisen vaiheen tuloksena saatiin luettelo ehdotuksista oppimisympäristön parantamiseksi. Toisessa vaiheessa uudelleen suunniteltiin oppimisalustan ensimmäinen prototyyppi. Opetustiimi ja asiantuntijat suunnittelivat kokonaisvaltaisemman oppimisympäristön, huomioiden aiemman kokeilun ja arvioinnin. Ohjelmistoa muokattiin tarvittaessa, ja oppimisympäristöstä saatiin siten myös parempi. (Onecha, ym. 2023.)



Kuva 2 – Aloittavien ja edistyneempien oppilaiden tulosten suhde positiivisista vaikutuksista. (Onecha, ym. 2023.)



Kuva 3 - Aloittavien ja edistyneempien oppilaiden tulosten suhde negatiivisista vaikutuksista. (Onecha, ym. 2023.)

5.4 Toinen vaihe

Toisen vaiheen kokeilun suorittivat rakennus- ja korjausrakennusopiskelijat. Palautetta kerättiin nyt kyselylomakkeilla, joissa oli 15 kysymystä ja samat kolme lohkoa. Rakennusosaamisen tietotasoon liittyvät kysymykset poistettiin, ja kysely jaettiin kursseittain. Tulosten analysoinnissa yhdistettiin kyselylomakkeen analyysi kestävyysarviointiin, jossa käytettiin aiemmin kehitettyä MIVES-Delphi-työkalua. Työkalu arvioi oppimisvaihtoehtoja kvantitatiivisesti ja integroi tulokset globaaleihin ja osittaisiin indekseihin. (Onecha, ym. 2023.)

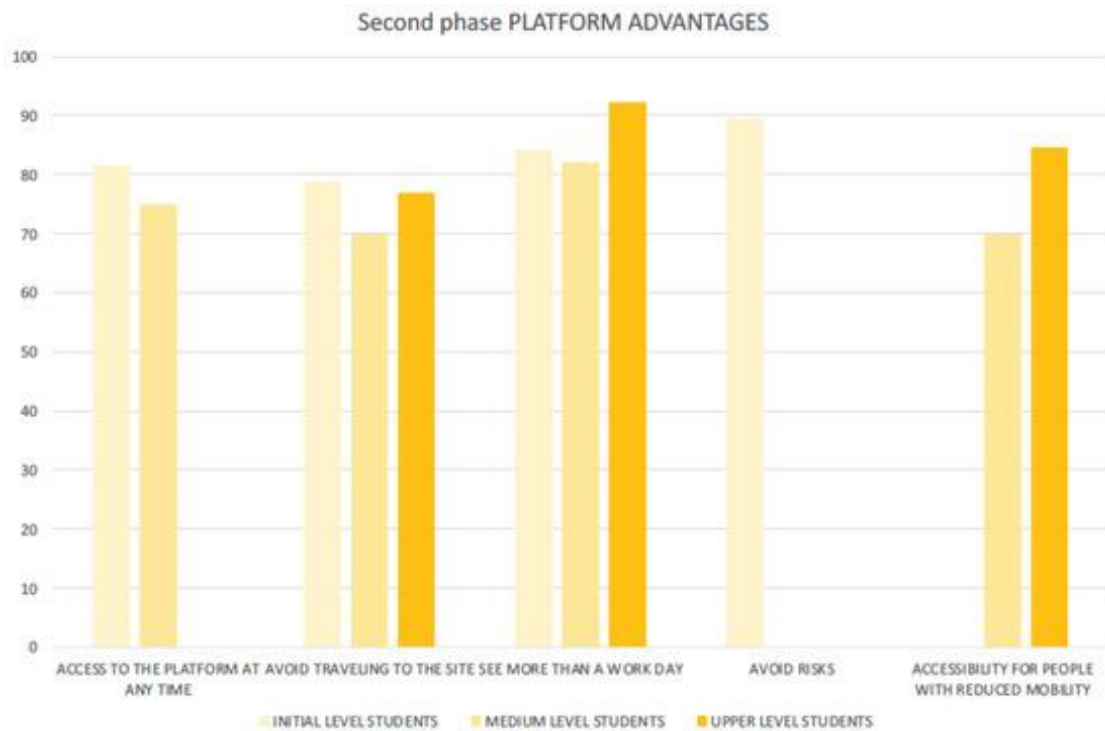
Kysymykset	Vastaus vaihtoehdot
1. Lohko	
Etiikka	
1. Oletko samaa mieltä siitä, että vastauksillasi tähän kyselyyn parannetaan ETSAB:n ja ETSAM:n kehittämää 360° Architecture -oppimisalustaa?	Kyllä Ei
2. Lohko	
Kontekstualisointi	
2. Millä kursseilla teet tämän kyselyn?	Tekniset perusteet Rakentaminen I Rakentaminen II Rakentaminen III Rakentaminen IV Master MBarch, CP, Materiaalisuus ja projekti Jokin toinen kurssi
3. Jos jokin muu kurssi, mikä?	Vapaa vastaus
4. Oletko koskaan vierailut rakenteilla olevassa rakennuksessa?	Kyllä, yksi Kyllä, yhdestä kolmeen Kyllä, enemmän kuin kolme Ei
5. Oletko koskaan vierailut alustalle simuloitussa fyysisessä rakennuksessa?	Kyllä Ei
3. Lohko	
Alustan käyttö	
6. Mitkä asiat Architecture 360 alustassa olivat mielestäsi hyödyllisimpiä?	360° panoraama Kyky siirtyä eri paikkojen välillä Kysy siirtyä päivästä toiseen Mahdollisuus visualisoida työmaa älylaseilla

	Muut
7. Onko jotain muuta hyödylliseksi havaittua, mitä?	Vapaa vastaus
8. Mitä etuja Architectura 360° -alustalla on mielestänne verrattuna käyntiin työmaalla?	Ei tarvetta matkustaa työmaalle Ei tarvetta suojavarusteille (kypärä, liivi, saappaat) Ei ole riskejä Mahdollistaa pääsyn liikuntarajoitteisille henkilöille Mahdollisuus vierailuun missä ja milloin vain Mahdollisuus rakennusprojektin eri työvaiheiden katseluun Ei suurten ryhmien kohtaamia näkyvyys-/ääniongelmiä
9. Jos alustalla on muita vahvuuksia ja etuja, mitä ne ovat?	Vapaa vastaus
10. Mitä haittoja Architectura 360° -alustalla on mielestäsi verrattuna käyntiin työmaalla?	Teknisiä Mukavuus: kuulokkeet häiritsevät Yhteys: alusta ei muodosta yhteyttä hyvin, joskus yhteys katkeaa Mukavuus: huimausta Käyttö: alustaa käyttäessä suunnistaminen hankalaa On vaikea saada käsitystä alustalla näkemien asioiden laajuudesta Ainoastaan näköaisti on käytettävissä Materiaaleista ei saa fyysistä käsitystä Puuttuu kokonaan käsitys, mitä toteutus todella esittää
11. Onko jotain muita negatiivisia havaintoja, mitä?	Vapaa vastaus
12. Yhteenvetona, Architectura 360° alusta verrattuna todelliseen rakennustyömaalla käyntiin on:	Positiivinen, olen voinut oppia paremmin kurssin sisällöstä Ei kovin hyödyllinen, olen pystynyt ymmärtämään paremmin joitain asioita Hyödytön
13. Miksi?	Vapaa vastaus
14. Yhteenvetona, Architectura 360° alusta verrattuna todelliseen rakennustyömaalla käyntiin on:	Parempi huonompi täydentävä muu
15. Miksi?	Vapaa vastaus

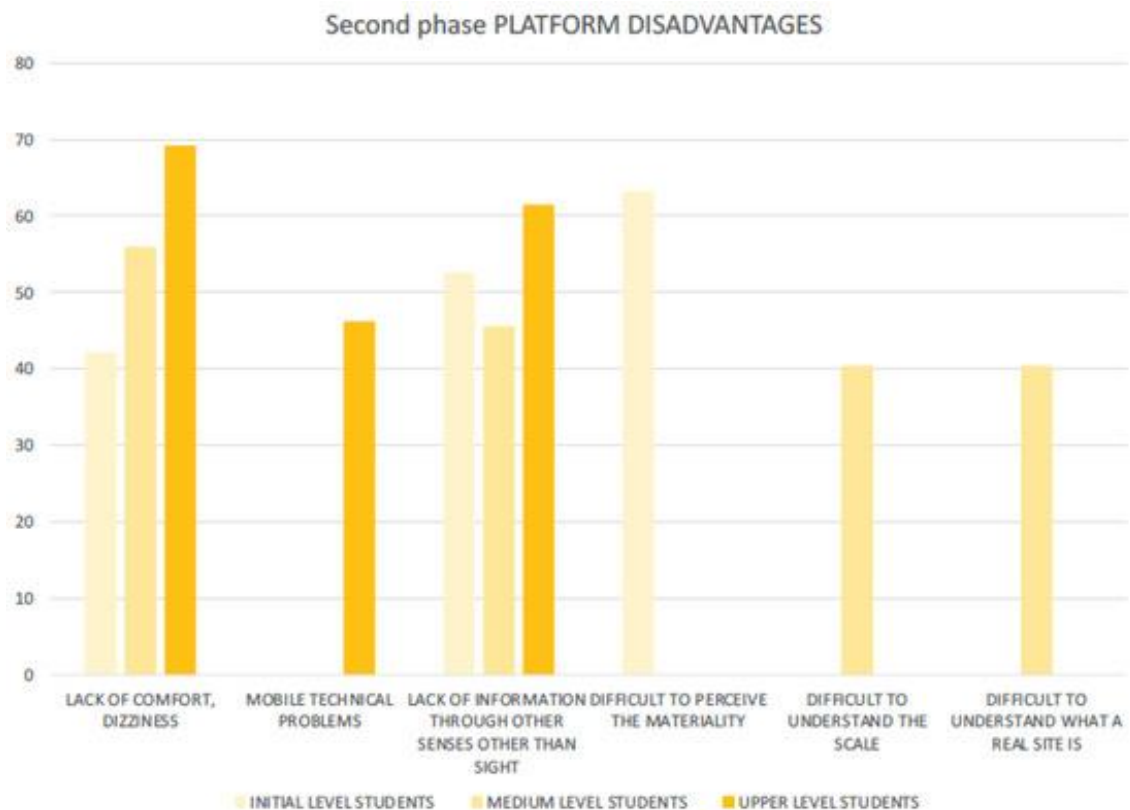
Taulukko 2 – Toinen kyselylomake (Onecha, ym. 2023.)

Opiskelijoiden joukosta suurin osa oli vierailut vähintään kerran rakennustyömaalla. Kuitenkaan, he eivät olleetkaan aiemmin käyneet analysoitavalla työmaalla. He korostivat kolmea keskeistä teemaa, jotka nousivat aiemminkin

esille: kyky nähdä rakennustöiden eri vaiheet yhdellä istunnolla ilman fyysistä matkustamista, parempaa saavutettavuutta liikuntarajoitteisille henkilöille ja mahdollisuus vierailuihin milloin tahansa. Haittana he mainitsivat vaikeuden ymmärtää, mitä rakennustyömaalla tapahtuu, rakennusosien olennaisuuden ja mitat nousivat esille, tiedon hankkimisen vain näön sekä vuorovaikutuksen puutteen rakennusympäristön työntekijöiden välillä. (Onecha, ym. 2023.)



Kuva 4 – Aloittavien, edistyneempien ja kokeneimpien oppilaiden tulosten suhde positiivisista vaikutuksista. (Onecha, ym. 2023.)



Kuva 5 – Aloittavien, edistyneempien ja kokeneimpien oppilaiden tulosten suhde negatiivisista vaikutuksista. (Onecha, ym. 2023.)

5.5 Tulokset

Kuten ensimmäinen vaihe näytti, tarkastuskäyntiä pidettiin välttämättömänä ennen virtuaalista vierailua, ja virtuaalinen vierailu nähtiin aina täydentävänä vaihtoehtona. Virtuaalivierailujen parhaiksi ominaisuuksiksi oppilaat nostivat esille mahdollisuuden siirtyä rakennusprosessin eri vaiheisiin, mahdollisuuden tehdä vierailuja koska vain, viikonpäivästä riippumatta. Matkustamista työmaalle ei enää tarvinnut sekä täydellinen esteettömyys varsinkin liikuntarajoitteisille. Kriittikinä tuotiin esiin haasteita ymmärtää rakennustöiden konkreettisia vaikutuksia sekä vaikeuksia hahmottaa niiden laajuutta ja merkityksellisyyttä. (Onecha, ym. 2023.)

Kaikki vastaajat olivat yhtä mieltä siitä, että paikan päällä tapahtuva vierailu olisi etusijalla. Virtuaalivierailut osoittautuivat erityisen hyödyllisiksi fyysisen vierailun

jälkeen, mahdollistaen tiettyjen näkökohtien muistamisen ja yksityiskohtaisemman lähestymisen ilman tarvetta palata fyysisesti työmaalle. Lisäksi merkittävänä seikkana pidettiin sitä, että virtuaalitodellisuuden avulla kyettiin käsittelemään visualisoitujen rakennusprojektien eri vaiheita milloin tahansa saman opitunnin aikana. (Onecha, ym. 2023.)

	Kyselylomake 1	Kyselylomake 2
Vastausten määrä	110	108
Mahdolliset vastaukset	585	995
Luotettavuus	92,5 %	92 %
Taso/vastaukset	Tekniset perusteet: 59/390 Rakentaminen II: 51/195	Tekniset perusteet: 38/390 Rakentaminen I: 10/195 Rakentaminen II: 28/195 IV: 13/195 IAT: 19/20
Aiempi kokemus rakennustyömailla käymisestä	Rajallisesti ensimmäisen asteen opiskelijoilla, mutta vähintään yksi käynti muilla	Rajallisesti ensimmäisen asteen opiskelijoilla, mutta vähintään yksi käynti muilla
Alustan ominaisuudet	360° panoraama Videot Valokuvat Tekniset tiedot Kartta Mahdollisuus siirtyä eri rakennusvaiheiden välillä	360° panoraama Videot Valokuvat Tekniset tiedot Kartta Mahdollisuus siirtyä eri rakennusvaiheiden välillä Visualisointi älylasien avulla
Rakennustöiden tyyppi	Uudisrakentaminen	Uudisrakentaminen ja korjausrakentaminen
Keskeisimmät edut	1. Mahdollisuus alustan käyttöön milloin tahansa 2. Ei tarvetta matkustaa työmaalle 3. Mahdollisuus nähdä enemmän, kuin yhden päivän tapahtumat	1. Mahdollisuus nähdä enemmän, kuin yhden päivän tapahtumat 2. Mahdollistaa pääsyn liikuntarajoitteisille henkilöille 3. Ei tarvetta matkustaa työmaalle 4. Mahdollisuus alustan käyttöön milloin tahansa
Keskeisimmät haitat	1. Vaikea ymmärtää millainen todellinen rakennustyömaa on.	1. Huimaus

	2. Rakennusten osien todellista mittakaavaa on vaikea tulkita	2. Muiden aistien kuin näön kautta kulkevan tiedon puute
	3. Muiden aistien kuin näön kautta kulkevan tiedon puute	3. Tekniset ongelmat
		4. Vaikea ymmärtää, millainen työmaa ympäristö todella on

Taulukko 3 - Ensimmäisen sekä toisen vaiheen tulosten vertailu. (Onecha, ym. 2023.)

Tutkimuksen molempien vaiheiden tulokset vastaavat kahteen tutkimuskysymykseen:

a) Voidaanko metaversumiympäristöillä visualisoida rakennettu todellisuus ja korvata vierailut paikan päällä?

b) Mitkä ovat näiden ympäristöjen hyvät ja huonot puolet?

Osallistuneiden opiskelijoiden enemmistö katsoi, että AR-vierailut ja fyysiset vierailut paikan päällä täydentävät toisiaan, ja ainakin yksi fyysinen vierailu on välttämätön. Fyysinen vierailu paransi ymmärrystä rakennuselementtien olennaisuudesta ja mitoista, mikä heijastui toisen vaiheen tuloksissa. (Onecha, ym. 2023.)

Toisessa vaiheessa tutkijat vertailivat kyselylomakkeen ja MIVES-työkalun tuloksia. He huomasivat, että jotkin ongelmat olivat yhteisiä, kun taas toiset näkökohdat täydensivät toisiaan uusien oppimisvaihtoehtojen arvioinnissa. Kyselyissä kuin myös MIVES:issä huomattiin, että uudella AR-versiolla on positiivisia puolia, kuten mahdollisuus esittää erilaisia hetkiä rakennus- ja korjausrakennustoista kaikille opiskelijoille esteettömästi, ilman turvallisuusriskejä sekä paremmalla saavutettavuudella. Nämä edut ovat yhteneviä aiempien tutkimusten kanssa, se korostaa metaversumin etuja oppimisessa etäopiskelun helpottumisen suhteen. (Onecha, ym. 2023.)

Kyselylomakkeilla pystyttiin havaitsemaan muitakin huomioita, kuten opiskelijoiden tunnetiloja ja fyysisiä vaikutuksia, jotka olivat myös aikaisemmin havaittavissa tieteellisessä tutkimuksessa. Merkittävä havainto kyselyistä oli, että AR-tekniikalla tuotetut käynnit eivät kyenneet havainnollistamaan rakennusosien olennaisuutta, rakennusosien kaikkia ominaisuuksia sekä rakennusalan ammattilaisten neuvoja, verrattuna fyysiseen vierailuun rakennustyömaalla. (Onecha, ym. 2023.)

Tämä on erityisen merkittävää arkkitehtuurin oppimisen kannalta, koska mukana olleet opettajat ja professorit näkevät, että fyysiset vierailut rakennustyömailla on todennäköisesti paras tapa lisätä ymmärrystä ja oppimista, vaikka fyysisiä vierailuja ei voidakaan suorittaa päivittäin jokaiselle luokalle. (Onecha, ym. 2023.)

Tutkimuksessa käytetyt menetelmät virtuaaliympäristön arvioimiseksi ovat osoittautuneet hyödyllisiksi. Sekä kyselyt, että MIVES-Delphi-menetelmä ovat tarjonneet arvokasta tietoa tekniikan heikkouksista ja vahvuuksista. Huomioitavaa on myös, että tekniikasta ja sen mahdollisuuksista on vasta päästy ottamaan vain murto-osa ja alustavia testauksia. Alustojen kehittyessä päästään tekemään uusia ja kokonaisvaltaisempia testauksia. (Onecha, ym. 2023.)

Jos tutkitaan uuden teknologian soveltuvuusindikaattoria, niin voidaan todeta sen pärjänneen paremmin, kuin hyvin tässä tutkimuksessa. Useimmat taulukon indikaattorit tuovat sen hyvin esille. Ehdottomasti juuri logistiset osa-alueet ovat huomattavan vahvoilla päästökustannuksiansa vuoksi. (Onecha, ym. 2023.)

Requirement	Indicators	A31	A32
Applicability	I01 Ease of application	0.74	0.70
	I02 Flexibility for adaptation	0.85	0.85
	I03 Transferability to other teachers	0.05	0.06
	I04 Transferability to other disciplines	0.62	0.47
Economic	I05 Direct costs	0.81	0.61
	I06 Logistic and scheduling issues	1.00	1.00
	I07 Dedication in class	0.88	0.88
	I08 Teachers' dedication outside	0.21	0.21
	I09 Students' dedication outside	1.00	1.00
Environmental	I10 Extra environmental impact	0.56	0.56
Social	I11 Roles, talents and ways of learning	0.44	0.62
	I12 Encouraging cooperative work	0.27	0.45
	I13 Autonomous work	0.76	0.76
	I14 Students' cognitive load	0.69	0.73
	I15 Students' interest and participation	0.77	0.95
	I16 Students and faculty contact	0.35	0.68
	I17 Feedback to students' time	0.87	0.87
	I18 Learning outcomes (cognition and affect)	0.61	0.61
	I19 University learning innovation	0.98	0.98
	I20 Teachers' new functions	0.64	0.64

Taulukko 4 – Sovellettavuusindikaattoreiden arviointi. (Onecha, ym. 2023.)

Taulukko näyttää päästö- ja ympäristökulutusten mittaamiseen, energian kulu-
 tukseen ja jätetuotannon edellä mainittujen teknologisten oppimistekniikoiden
 osalta. Taulukosta selviää, että kyseinen teknologia toimii erinomaisesti koulu-
 tuksessa tämän indikaattorin puitteissa. Oppimisen kiinnostumisen voidaan
 nähdä huomattavasti lisääntyneen, kuin myös itsenäisen työskentelyn.
 (Onecha, ym. 2023.)

5.6 Bangladeshin tutkimus

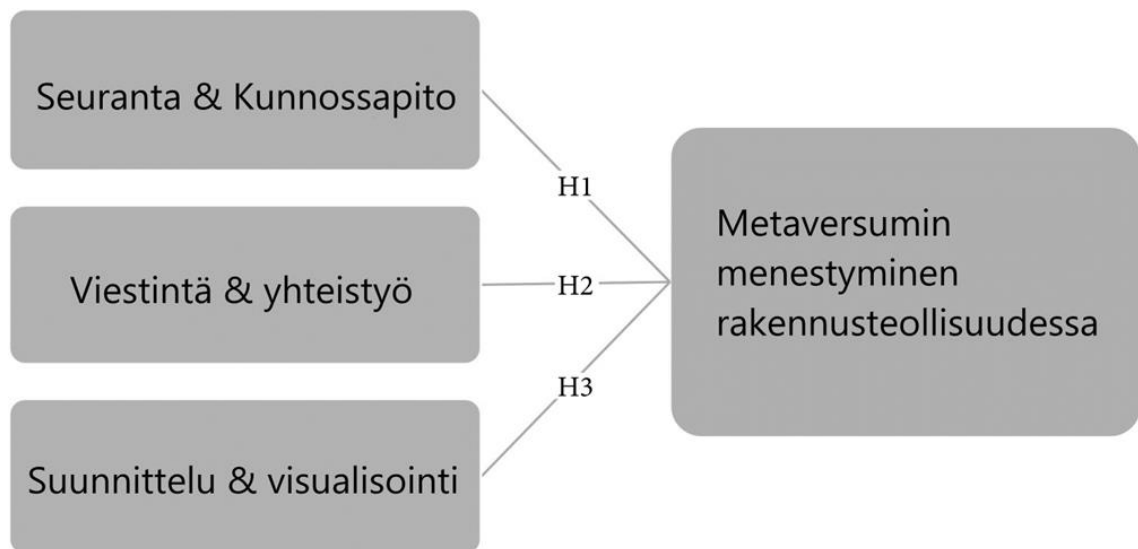
Bangladeshissa toteutetussa rakennusteollisuutta koskevassa tutkimuksessa osallistujien demografiset tiedot tarjoavat kattavan kuvan osallistujien taustoista. Tutkimus koostettiin eri alojen ammattilaisista, kohdehenkilöitä oli yhteensä 101. Työnkuvaltaan he olivat rakennusinsinöörejä, projektipäälliköitä, arkkitehtejä, mittahenkilöitä, sähköinsinöörejä sekä muita. Prosentuaaliselta hajonnaltaan ammattikunnat jakautuivat seuraavasti. Suurin osa oli rakennusinsinöörejä, joita olikin 59,41 % kaikista. Muiden osuudet olivat suurimmasta pienimpään, arkkitehdit 10,89 %, projektipäälliköt 9,9 %, rakennusvalvojat 9,9 %, sähköinsinöörit 6,93 % sekä muut, joita oli vain 2,97 %. Liittymät olivat organisaatiossa seuraavat, urakoitsija sidonnaisia 54,46 %, sidonnaisuuksia konsultteihin 38,61 % sekä asiakkaisiin 6,93 %. (Waqar, ym. 2023.)

Kokemuspohjaltaan hajontaa oli olennaisesti myös hyvin vaihtelevasti. Suurimmalla osalla, 34,65 % oli 1–15 vuoden kokemuspohja. Toiseksi suurin ryhmä oli 0–5 vuotta työkokemusta omaava, 25,74 % määrällä. 6–10 vuoden kokemuksella painotus oli 26,73 %. Toiseksi pienin osuus oli 16–20 vuoden kokemuksen omaavilla ja pienin, yli 20 vuoden työkokemuksen henkilöstö jakautui 5,94 % yksikköön. Näiden demografisten tietojen pohjalta voimme luoda syvemmän näkemys osallistujajoukosta. (Waqar, ym. 2023.)

5.7 Käytetyt metodit

Ensimmäisenä laadullisia haastatteluja suoritettiin viidentoista bangladeshilaisen alan asiantuntijan kanssa, jotka valittiin heidän rakennusosaamisensa ja kokemuksensa perusteella. Haastatteluaineistoa analysoitiin muun muassa teemaattisella analyysillä. Asiantuntijoiden lausuntoja hyödyntämällä pystyttiin luomaan ensimmäinen luokittelumalli, hypoteesi, joka sisältää kolme pääväitettä: (H1) Rakentamisen seuranta ja ylläpito vaikuttavat merkittävästi metaversumin menestykseen rakennusalalla, (H2) Viestinnän ja yhteistyön rakentaminen vaikuttavat merkittävästi metaversumin menestykseen rakennusalalla, ja (H3) Suunnittelu ja visualisointi vaikuttavat merkittävästi metaversumin

menestykseen rakennusalalla. Tämä hypoteesi toimii tutkimuksen perustana ja ohjaa jatkotutkimuksen suuntaa. (Waqar, ym. 2023.)



Kuva 5 – Tutkimuksen hypoteesit. (Waqar, ym. 2023.)

Tutkimuksen pohjana oli edellä mainittujen hypoteesien lisäksi kuusi puntaroitavaa kohtaa, johon hypoteeseja verrattiin aina omilla paikallisilla arvoilla. Kohdat olivat:

- Ekologisia aloja koskeva analyysi
- PLS-algoritmin tekijäanalyysi
- Konvergentin voimassaolo
- Empiirinen korrelaatiomatriisi
- Ennakoiva relevanssi
- Rakenteen suoritustason merkitys

Lisäksi arvioitiin Fornell-Larckerin kriteerin syrjivää pätevyyttä, jonka osalta kriteerit täytyivät. Jotta Fornell-Larckerin kriteerit täytyivät. Tuli jokaisen

konstruktion AVE:n oma neliöjuuri olla suurempi, kuin jonkin muun konstruktion välinen korrelaatio. AVE mittaa piilevän muuttujan keräämää varianssia suhteessa mittausvirheeseen. Lisäksi tehtiin Ross-kuormitusten arviointi. Ristikuormituksissa mitattiin määrää missä rakenteet kuormittavat toisiaan. (Waqar, ym. 2023.)

5.8 Tutkimuksen yhteenveto

Bangladeshin tutkimuksen pääpointtina oli tutkia metaversumin vaikutusta kolmeen aiemmin luotuun hypoteesiin (seuranta ja kunnossapito, viestintä ja yhteistyö, suunnittelu ja visualisointi) ja millaista sen menestyminen on ollut näissä sekä rakennusteollisuudessa yleisesti. Tulokset olivat varsin positiivisia kaikkien osalta. (Waqar, ym. 2023.)

Ensimmäisen hypoteesin, seuranta ja kunnossapito, tutkinnassa saatiin uskottavaa dataa. Hypoteesin ja metaversumin väliltä löytyi positiivinen korrelaatio. Voidaan uskottavasti todeta näillä olevan tuottoisa yhteys. Pääpiirteittäin hypoteesi H2, viestintä ja yhteistyö, toisti ensimmäistä. Metaversumin ja hypoteesin välisestä suhteesta menestykseen löytyi vahva positiivinen yhteys. Kolmantena oli suunnittelu ja visualisointi. Tulos oli yhtenevä positiivisuutensa kautta, kahden ensimmäisen kanssa. (Waqar, ym. 2023.)

Tulokset vahvistavat, että seurannalla ja kunnossapidolla, viestinnällä ja yhteistyöllä sekä suunnittelulla ja visualisoinnilla on olennainen rooli metaversumin menestyksessä rakennusteollisuudessa ja -kulttuurissa (Waqar, ym. 2023.)

On kuitenkin huomion arvoista nostaa esille, että tutkimuksessa käsitelty tieto on ollut tutkittavan itse ilmoittamaa. Joten on mahdollista, että tutkimuksessa on ollut puolueellisia piirteitä. Kuitenkin tulokset olivat huomattavan positiivisia kumoten täysin vääristyneen analyysin. Tutkimuksen edustavuus ja otoskoko olivat väistämättä kuitenkin pieniä suhteessa mitattavan kokonaisuuden kattavuuteen maailmanlaajuisesti. (Waqar, ym. 2023.)

5.9 Henkiset vaikutukset

Ihminen on mukautuvainen. Jokaisella kuitenkin on henkilökohtaiset rajansa. Miten suureen muutokseen kykenee muuntautumaan ilman negatiivisia sivuvaikutuksia, joka loogisesti heijastuu silloin myös työskentelyyn? Koronapandemian kautta nähtiin suuremmassa mittakaavassa, kuin aiemmin, millaisia vaikutuksia etätyöskentelyllä voikaan olla. Sen vaikutukset, sekä millä mielellä se otettiin vastaan, oli hyvin henkilökohtaista sekä työkuvasta riippuvaista. Eteenpäin puuskuttava digitalisaation tuo meille näitä mahdollisuuksia, jota voidaan haasteiksikin kutsua. Se vaatii muuntautumiskykyä, muokkautuvaisuutta ja paineensietokykyä. Uusien tekniikoiden ja normien sisäistäminen vie henkilökohtaista prosessointitehoa, toisilta enemmän ja toisilta vähemmän. Etätyö on yksi näistä. Uuden teknologia kehityksen ja sen tuomien tekniikoiden kautta rakennusallakin todelliset sosiaaliset fyysiset kontaktit tulevat vähentymään merkittävästi suunnittelun ja työnjohdon puolella. (Pennanen, J. 2023.)

Positiivisella työyhteisöllä ja sen tarjoamilla sosiaalisilla kanssakäymisillä on työhyvinvointia palvelevia vaikutuksia. Heijastumat voidaan nähdä tehokkuutena, kuin myös rikkaampana ajatuksen juoksuna. Suunnittelualoilla moniulotteisempina tuotoksina, kokeilun haluisempina yrityksinä ja abstraktimpana väri maailmana. Mitä tapahtuu, kun ihmiset menettävät osan sosiaalisista kontakteistaan ja suunnitelmia sekä päätöksiä tuotetaan enenevässä määrin henkilökohtaisemmin? Kanssakäyminen käydään virtuaalitodellisuudessa. Tästä voi syntyä aluksi ajatusharha siitä, että sosiaalisesta näkökulmasta tämä olisi työhyvinvoinnille ja ihmisen perustarpeille riittävä. Väheneekö fyysiseen sosiaaliseen kanssakäymiseen tarvittavat peruselementit meiltä entisestään? Kykymme katsoa toisia silmiin tai small-talk. joka suomalaisille on entisestäänkin hieman etäistä, loppuuko ne pienimmätkin kahvipöytäkeskustelut? Ilmeiden ja fyysisten eleiden merkitys kanssaihmisille on valtava. Pienetkin elehdinnät lähettävät signaaleja, joita sosiaalisissa kanssakäymisissä kukin vastaanottaa ja hyödyntää. (Singh, S. 2021.)

On kirjallisuutta, jossa todella valmistellaan yhteiskuntaan, pääpainona nuoret. 2030-luvun lapset / nuoret aikuiset tulevat olemaan hyvin syvällä tässä tulevassa teknologiassa. Yleinen ymmärrys on, että se tulee koskemaan rakennus-alaa valtavasti niiden kohdalla, jotka kyseisessä ympäristössä toimivat. Omiin kupliimme syventyminen tulee olemaan radikaalisti kasvavaa, kun osa meistä rakentaa tulevaisuudessa henkilökohtaisemmin omaa maailmaansa, joka poikkeaa jokaisen muun muodostamasta. (Lueth, ym. 2022.)

Olemmeko siis uusien normien edetessä ottamassa ihmiselle sopimattoman käyttäytymismallin käyttöön ja missä tämän vaikutukset rakennusteollisuudessa tulemme näkemään? Vaikka teknologia itsessään tuo varmasti tehokkuutta ja kustannussäästöjä, niin väistämättä voimme saada negatiivista kompensatiota heikkenevästä työhyvinvoinnista ja sen tuomista kustannuksista. Miten suuria nämä vaikutukset ovat, selviää tulevaisuudessa. Kuitenkaan ei ole mitään niin mullistavaa ja hyvää, ettei siitä löytyisi negatiivistakin.

6 Yhteenveto ja johtopäätökset

Kuten olemme todenneet, tuoreimmat tutkimukset osoittavat, että AR- ja VR-teknologioita käytetään aktiivisesti rakennusteollisuudessa sekä siihen liittyvissä toimissa. Teknologia tarjoaa kolmiulotteisen näkymän, jossa minkä tahansa näkyvän tai kuviteltavissa olevan paikan simulointi tietokoneella ja Internet pohjaisessa ympäristössä on mahdollista. Barcelonassa koululaisille tehdyssä tutkimuksessa keskityttiin AR-pohjaisten puettavien lasien hyötyihin koulutus käytössä rakennusalan opiskelijoilla, ja sen tavoitteena oli parantaa oppimista ja tuoda ilmi hyötyjä ja haittoja. Tutkimuksen tulosten mukaan AR:n ja VR:n avulla voidaan tarjota paitsi tehokkaamman oppimisympäristön myös parempaa työturvallisuutta ja terveyttä takaavia toimenpiteitä.

On selvää, että työympäristöstä löytyy empiiristä näyttöä rakentamisen tehokkuuden korrelaatiota teknisen kehityksen yhteiskäytössä. Metaverse-teknologia tarjoaa tässä ympäristössä kekseliäämpiä tuotanto mekanismeja ja sidosryhmien yhteneväisempää kommunikaatiota.

Metaversumi-tekniikan kehitys ja käyttö edistävät teollisuutta saavuttamaan digitaalisen muutoksen rakennusalaan perinteisen infrastruktuurin ulkopuolella. Samalla kohtaamme haasteita muutoksen ja uudistumisen edistämiseksi metaverkkojen avulla, tavoitteena on parantaa rakentamisen johtamista ja teollisuuden kehitystä, koulutusta, turvallisuutta, viestintää, virhemarginaalia.

Metaversumi on keskeinen suuntaus rakennusteollisuuden tulevaisuudessa, vaikka siihen ei vielä olekaan täysin kehittynyttä kaupallista sovellusta. Jatkuvan tekniikan kehityksen odotetaan kuitenkin lisäävän kyseisen tekniikan merkitystä.

Tekniikan kehittymisen myötä metaversumin ja rakennusteollisuuden voidaan odottaa integroituvan tiiviimmin. Rakennusteollisuuden on otettava tekniikka käyttöön uutena kehitysalueena ja keskityttävä metaversumien roolin perusteelliseen tutkimiseen eri rakentamisen vaiheissa. Pilottihankkeiden aktiivinen toteuttaminen edistää standardien kehittämistä. On selvää, että alalle tulisi luoda yhtenevä regulaatio.

Alustan rakentamisen ja toiminnan osalta korostetaan tarvetta edistää resurssien yhdistämistä ja avoimuutta tekniikan ja teollisuuden välillä. Tavoitteena on luonnollisesti aktiivisesti tukea ja kehittää metaversumi-tekniikan käyttöä rakennusteollisuudessa.

Tekniikan eteneminen ja käyttö edistävät merkittävästi digitaalista muutosta rakennusteollisuudessa sekä -kulttuurissa. Samalla ne edistävät alan harppauskehitystä. Uudistuminen kohtaa kuitenkin haasteita.

On olennaista tiedostaa, että metaversumi on keskeinen suuntaus rakennusalaan. Voimme rakentaa fyysisen maailman peruspiirteitä sekä simuloida niitä. Kuitenkaan, kun täysin kehittyneitä kaupallisia sovelluksia alalla ei vielä ole, tekniikka ei ole saavuttanut täyttä kypsyyttä eikä sen kaupallista arvoa ja potentiaalia ole täysin tutkittu sekä vaikutusten ennustaminen on haasteellista. Silti jatkuva teknologinen kehitys ja sen soveltaminen kasvattavat etenevää odotusta aiheen piirissä.

Tutkimuksena tämä oli varsin kiehtova ja pohdintaa herättelevä aihekokonaisuus. On selvää, että olemme matkalla jonnekin. Tarkkaa pysäkkiä on vaikea sanoa, eikä sellaista varmasti tulekaan. Kokonaisvaltaisen digitalisaation myötä, rakentamiskulttuuriin luomamme maailmankuva tulee muuttumaan. Vaikka edellä mainitussa tekstissä paljon positiivisia vaikutuksia tuotiinkin esille, niin onko se koko totuus? Vaikea sanoa. Toivon mukaan kyllä, mutta sattumalle ja monien tekijöiden yhteisvaikutukselliseen yllättävään tulokseen ei välttämättä kukaan osaa varautua, eikä tehdä ennustuksia. Emme voi tarkasti tietää uusien sukupolvien henkisen hyvinvoinnin korrelaatiota näin valtaisaan digitalisaatioon. Olisikin varmasti syytä tutkia syvemmin henkisen hyvinvoinnin ja kyseisen digitalisaation yhteyksiä sekä miten se tulee näkymään rakennuskulttuurissa. Kaikella on ja tulee olemaan vaikutuksensa, kuin fysiikan lakeihin vertaisi. Kaikella voimalla on vastavoima.

Lähteet

Banusch, Benjamin. 2022. Miten metaversumi muokkaa rakentamisen ja kiinteistöjen tulevaisuutta. Disruptiivisten teknologioiden johtaja.

Beringer, Ulrike. 2023. Metaversumi ja rakennusteollisuus. Viestintävastaava.

Constro, Ohi. 2023. Metaversumin käyttöönotto rakennusprojekteissa. Fasilitaattori.

Ellis, Ohi Grace. 2022. Lisätyn todellisuuden voima rakentamisessa. Sisältömarkkinointistrategian johtaja.

Hakamäki, Sami. 2022. Vajaakäyttöisten toimisto- ja toimitilarakennusten muutos suunnittelu. Rakennusarkkitehti.

Jones, Rachel. 2022. Rakennusteollisuuden lyhyt historia. Sisältömarkkinointipäällikkö.

Lueth Dirk, Di Bartolo Tommaso, Arkontaky John. 2022. Navigating the Metaverse

MHO Networks. 2021. Internetin merkitys rakennusteollisuudessa.

Miller, Andrew. 2019. Kuinka Internet mullistaa rakennusteollisuuden. Myynti- ja markkinointipäällikkö.

Onecha, Belen. Cornado, Cossima. Morros, Jordi. Pons, Oriol. 2023. Uusi lähestymistapa metaversumiympäristöjen suunnitteluun ja arviointiin oppimisen parantamiseksi korkeakoulutuksessa. Rakennustekniikan laitos.

Pennanen, Jenna. 2023. Miten voimme työssämme. Työkykykoordinaattori.

Singh, Shailey. 2021. Metaversen kulttuurinen muutos. Brandi strategisti.

Tampereen yliopisto. 2021. Kaupungin tiivistäminen uhkaa lisätä rakennusten purkamisia.

Vefavid. 2023. Metaversumi rakennusteollisuudessa: mahdollisuudet ja haasteet. Metaverse kehitysyhtiö.

Waqar, Ahsan. Othan, Idris. Aiman, Muhamad Shafiq. Khan, Muhammad Basit. Almujiabah, Hammad. Karim, Malik Abdul. Md. Mahmudul, Islam. 2023. Metaversumin käyttöönoton onnistumisen analysointi rakennusteollisuudessa. Rakennus- ja ympäristötekniikan laitos.

Wijntjes, Lucas. 2023. Viisi hyötyä yhteisön sitoutumisesta rakentamisen aikana. Digital nomad.

Zhang, Rui. Wen, Kang. Cai, Rujun. Liu, Hao. 2023. Metaversumin soveltaminen rakennusteollisuudessa. Tieteen ja tekniikan yliopisto. Harbin, Kiina.