



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

ASUINKERROSTALON INVEN- TOINTIMALLINNUSPROSESSI 3D-MITTAUSAINEISTOJEN AVULLA

TEKIJÄ: Mikko Vepsäläinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Rakennusarkkitehtuurin tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä(t) Vepsäläinen Mikko			
Työn nimi Asuinkerrostalon inventointimallinnusprosessi 3D-mittausaineistojen avulla			
Päiväys	18.4.2018	Sivumäärä/Liitteet	49/4
Ohjaaja(t) Lehtori Viljo Kuusela ja yliopettaja Janne Repo			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Sweco Rakennetekniikka Oy, M.A.D Oy, Niiralan Kulma Oy			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia ja selvittää inventointimallintamisen prosessi asuinkerrostalokohteessa 3D-mittausaineistojen avulla. Olevan rakennuksen lähtötiedoista laadittua tietomallia kutsutaan inventointimalliksi, johon kerätään tietoa erilaisten tutkimusten, dokumenttien ja mittausten perusteella. Inventointimalli voidaan laatia erilaisiin tarkkuustasoihin ja erilaisten mitta-aineistojen pohjalta, sen mukaan mikä on inventointimallin käyttötarkoitus ja tilaajan vaatimustaso. Olevan rakennuksen mittatarkka 3D-geometria on tärkeä lähtötieto inventointimallin laadinnassa.</p> <p>Työssä kokeiltiin asuinkerrostalokohteen mittaamista Flexijet 3D -laitteistolla. Mittausdatan pohjalta laadittiin asuinkerrostalon inventointimallia tilaajan vaatimusten mukaisesti. Flexijet-mittaamisen työvaiheita verrattiin laserkeilaukseen, koska laserkeilaaminen on menetelmänä vakiintunut rakennusalalla ja etenkin teollisessa rakentamisessa. Flexijet-mittaaminen ja tietomallintaminen mittausdatan pohjalta on vielä melko tuntematon työskentelytapa rakennuksen inventointimallin laadinnassa. Flexijet-mittalaitetta ei ole testattu laajemmin asuinkerrostalojen mittaamisessa Suomessa, joten opinnäytetyössä saatiin uutta tietoa asuinkerrostalojen 3D-kuvantamisen haasteista, mahdollisuuksista ja työvaiheista inventointimallinnusprosessissa.</p> <p>Opinnäytetyön kokeilujen ja selvitysten perusteella havaittiin, että Flexijet-mittaaminen ja laserkeilaaminen noudattivat samaa inventointimallintamisen prosessikaaviota, koska työmaalla tehtävä mittaus on molemmissa mittaustavoissa mittatietojen mallintamista tai keräämistä ja varsinainen inventointimallinnus suoritetaan myöhäisemmässä vaiheessa prosessia. Lisäksi huomattiin, että mittaus- ja mallinnustehtävien määrittely tilaajan kanssa prosessin alussa on ensisijaisen tärkeää, jotta tarkka 3D-mittaus saadaan kohdistettua tarpeellisille osin rakennusta ja rakennuksen tonttia. Flexijet 3D:n soveltuvuutta asuinkerrostalokohteen mittaamiseen arvioitiin ja todettiin, että koko asuinkerrostalon geometrian mittaaminen on työlästä ja mittauskohteena olleen teollisesti esivalmistetun betonikerrostalon lähtötiedot olivat tarpeeksi tarkat inventointimallintamisen suorittamiseen osittain vanhoihin piirustuksiin pohjautuen.</p>			
Avainsanat Flexijet 3D, Inventointimallinnus, Rakennuksen inventointi, Laserkeilaus, ArchiCAD			
Julkinen			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Construction Architecture			
Author(s) Mikko Vepsäläinen			
Title of Thesis Inventory Modeling Process of a Block of Flats with 3D Measuring Data			
Date	18 April 2018	Pages/Appendices	49/4
Supervisor(s) Mr Viljo Kuusela, Senior Lecturer and Mr Janne Repo, Principal Lecturer			
Client Organisation /Partners Sweco Rakennetekniikka Oy, M.A.D Oy, Niiralan Kulma Oy			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this final project was to examine and study the inventory modeling process of a block of flats with 3D measuring data. A building information model that is made based on the initial data of the existing building is called an inventory model. The inventory model comprehends the information based on various on site surveys, old documents and building measurement results. Depending on the requirements of the client, the inventory model can be made with different levels of accuracy and on the basis of several measuring data results. An accurate 3D geometry of the existing building is an essential part of initial data when making the inventory model.</p> <p>In this project, measuring the block of flats was tried with a <i>Flexijet 3D</i> device. The inventory model of the apartment building based on the measurement data was compiled according to the requirements of the client. The stages of <i>Flexijet</i> measuring were compared to laser scanning, since laser scanning is an established method that is used in the construction field and especially in industrial buildings. <i>Flexijet</i> measuring and making a BIM model on the basis of the measurement results is still a fairly unknown way to make the inventory model. The <i>Flexijet 3D</i> device has not been tested widely in the measuring of block of flats in Finland, so there is new information on the challenges, opportunities and work phases of the 3D imaging of block of flats in this thesis.</p> <p>Based on the experiments and studies of this project, it was found out that <i>Flexijet</i> measuring and laser scanning followed the same inventory modeling process diagram. With both measuring devices, the measuring on the building site is more modeling or collecting measurement data than making an actual inventory model. The inventory modeling is performed at the later stage in the process. Furthermore, it was noticed that the determination of measurement and modeling tasks with the client at the beginning of the process is very important in order to target the accurate 3D measuring to the necessary parts of the building and the site. The suitability of <i>Flexijet 3D</i> for measuring the apartment building was estimated and it was found out that the entire geometry of the apartment building was demanding to measure with the <i>Flexijet 3D</i> device. The initial data of the industrially prefabricated concrete building was accurate enough to perform the inventory modeling partly based on the old drawings.</p>			
Keywords Flexijet 3D, inventory modeling, building inventory, laser scanning, ArchiCAD			
Public			

ESIPUHE

Haluan kiittää kaikkia opinnäytetyössä mukana olleita yhteistyökumppaneita, jotka tekivät tämän työn tekemisen mahdolliseksi. Sweco Rakennetekniikka Oy tuki työn tilaajana ja työnantajana opinnäytetyön tekijää, jotta paras lopputulos oli saavutettavissa. Työpaikan käytävillä käydyt keskustelut asiantuntijoiden kanssa antoivat sopivasti työelämän näkökulmaa opinnäytetyön ja auttoivat oman näkökannan muodostamisessa.

M.A.D Oy lainasi Flexijet 3D -laitetta sekä opasti Flexijet 3D:n käytössä ja tein miellyttävän matkan Helsinkiin tutustumaan M.A.D:n toimistoon. Niiralan Kulma Oy oli kiinnostunut Flexijet 3D:n mahdollisuuksista ja tarjosi todellisen asuinkerrostalokohteen mittaamista varten. Ilman opinnäytetyön selvityksiä ja tutkimuksia moni asia inventointimallin laatimisessa olisi jäänyt arvailujen varaan.

Haluan kiittää työn ohjaajaa Viljo Kuusela, joka inventointimallintamiseen perehtyneenä osasi asettaa opinnäytetyön tavoitteet tarpeeksi korkealle. Saatoin pohtia monia viikkoja jotakin kysymystä, jonka ohjaaja esitti minulle. Asiat hahmottuivat yksi kerrallaan ja kasvoin opinnäytetyön edetessä asiantuntijaksi sellaisella alueella, josta minulla ei ollut aikaisemmin juurikaan kokemusta. Halu kehittää asioita ja tutkia uusien teknologioiden soveltuvuutta rakennusosalalla vallitseviin perinteisiin menetelmiin verrattuna lopulta antoivat motivaation tämän työn tekemiselle.

Kuopiossa 11.4.2018

Mikko Vepsäläinen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
1.1	Asuinkerrostalojen kasvava korjaustarve	8
1.2	Tietomallinnus korjausrakentamisessa	8
1.3	Sanasto	9
2	RAKENNUKSEN INVENTOINTIMALLINNUSPROSESSI	10
2.1	Mikä on rakennuksen inventointimalli?	10
2.2	Inventointimallinnuksen prosessikaavio	11
2.2.1	Mittaus- ja mallinnustehtävän määrittely tilaajan kanssa	12
2.2.2	Inventointimallinnuksen lähtötietojen hankkiminen	12
2.2.3	Inventointimallinnus	13
2.2.4	Suunnittelun lähtötietomalli	13
2.2.5	Tiedonsiirto ja laadunvarmistus inventointimallinnusprosessissa	13
2.2.6	Inventointimallin hyödyntäminen	15
2.3	Inventointimallinnusprosessi laserkeilausaineiston pohjalta	15
2.3.1	Pistepilven siirto tietomallinnusohjelmaan lähtötiedoksi	15
2.3.2	Mittatietomallit	16
3	FLEXIJET 3D JA ARCHICAD	18
3.1	Flexijet 3D -lasermittausjärjestelmä	18
3.2	Kannettava tietokone ja USB-lisälaitteet	20
3.3	BIMmTool-sovellus	21
4	ESIMERKKIKOHTTEEN MITTAUS	23
4.1	Kohteen esittely	23
4.2	Mittaus- ja mallinnustyön määrittely tilaajan kanssa	24
4.3	Mittaustyön suunnittelu	25
4.3.1	Mittausasemien yhdistäminen samaan koordinaatistoon	25
4.3.2	Tähyksien merkitseminen Flexijet-mittauksessa	26
4.4	Ensimmäinen mittauspäivä	27
4.5	Ensimmäisen mittauspäivän päätelmät	30
4.6	Toinen ja kolmas mittauspäivä	31
5	INVENTOINTIMALLINNUS	33
5.1	Inventointimallin sisältö	34

5.2	Mittauksen laadunvarmistus ja inventointimallin korkeusjärjestelmä	34
5.3	Talo-osat (12).....	35
5.4	Perustukset (121)	35
5.5	Alapohjat (122).....	35
5.6	Runko (123)	37
5.6.1	Kantavat seinät (1232)	37
5.6.2	Välipohjat (1235) ja yläpohjat (1236)	38
5.6.3	Runkoportaat (1237).....	38
5.7	Julkisivut (124)	39
5.7.1	Ulkoseinät (1241).....	40
5.7.2	Ikkunat (1242) ja ulko-ovet (1243)	40
5.8	Ulkotasot (125).....	41
5.9	Vesikatot (126).....	42
5.10	Tilaosat (13).....	44
5.10.1	Tilan jako-osat (131).....	44
5.10.2	Tilavarusteet (133).....	44
6	TULOKSET JA POHDINTA.....	45
6.1	Inventointimallinnusprosessi ja Flexijet 3D.....	46
6.2	Flexijet 3D:n lisäarvo ja laitteiston tulevaisuus	47
	LÄHTEET	48
	LIITTEET	49
	LIITE 1. Mittauksen ja inventointimallintamisen tehtävämäärittelylomake.....	50
	LIITE 2. Tietomalliselostus ja lähtötietomallin tarkastuslomake.....	55
	LIITE 3. Ote inventointimallinnuspalaverin pöytäkirjasta tilaajan kanssa.....	57
	LIITE 4. Rakennuskohteen rakennetyyppejä.....	58

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia ja selvittää inventointimallintamisen prosessi asuinkerrostalo-kohteessa 3D-mittausaineistojen avulla. Olemassa olevan rakennuksen inventointimalliin kerätään tietoa erilaisten tutkimusten, dokumenttien ja mittauksen perusteella. Inventointimalli voidaan laatia erilaisiin tarkkuustasoihin ja erilaisten mitta-aineistojen pohjalta inventointimallin lopullisen käyttötarkoituksen ja tilaajan vaatimustason mukaan.

Työssä kokeillaan Flexijet 3D -laitteistolla tehtävää asuinkerrostalon 3D-mittausta, ja mittausdatan pohjalta laadittavaa inventointimallintamista. Flexijet-mittaamisen työvaiheita verrataan laserkeilaukseen, koska laserkeilaaminen on menetelmänä vakiintumassa rakennusalalla ja etenkin teollisessa rakentamisessa. Flexijet-mittaaminen ja tietomallintaminen mittausdatan pohjalta on vielä melko tuntematon työskentelytapa rakennuksen inventointimallin laadinnassa. Flexijet 3D -laitteisto lainataan M.A.D Oy:ltä, ja yritys opastaa opinnäytetyön tekijää laitteen käytössä.

Sekä laserkeilauksessa että Flexijet-mittauksessa on kyse rakennuksen 3D-mittaamisesta tai 3D-kuvantamisesta, jossa rakennuksen kolmiulotteinen geometria mitataan lasersäteiden avulla koskematta mitattavaan kohteeseen. Flexijet 3D -mittalaitte on suoraan yhteydessä mallinnusohjelmaan ohjelmistolisäosan avulla, jolloin inventointimallin valmistusprosessi saattaa olla suoraviivaisempi laserkeilaukseen verrattuna. Flexijet-mittalaitetta ei ole testattu laajemmin asuinkerrostalojen mittauksessa Suomessa, joten opinnäytetyössä saadaan uutta tietoa asuinkerrostalojen 3D-kuvantamisen haasteista, mahdollisuuksista ja työvaihteista inventointimallinnusprosessissa. Niiralan Kulma Oy järjestää opinnäytetyön tekijälle todellisen asuinkerrostalokohteen, josta laaditaan inventointimallia Flexijet 3D-mittausaineistoon ja tilaajan vaatimuksiin pohjautuen.

Onko inventointimallinnusprosessi erilainen Flexijet-mittauksessa kuin laserkeilauksessa? Opinnäytetyössä selvitetään, miten paljon olevasta asuinrakennuksesta tehtyä 3D-mittausaineistoa täytyy lopulta työstää ja muokata ennen kuin arkkitehti ja muut erikoissuunnittelijat voivat aloittaa oman suunnittelunsa inventointimallin avulla. Ovatko inventointimalli ja suunnittelun lähtötietomalli sama asia? Kuinka hyvin 3D-mittaaminen soveltuu asuinkerrostalon mittatietojen keräämiseen?

1.1 Asuinkerrostalojen kasvava korjaustarve

Seuraavien kappaleiden teksti on PTT raportteja 251 julkaisusta (Hietala, ym. 2015, 9 - 22), jossa on tutkittu suomalaisten asuinrakennusten teknistä ja taloudellista korjaustarvetta. Asuinkerrostaloja korjataan paljon, ja etenkin suuren muuttoliikkeen seurauksena 1960- ja 1970-luvulla rakennetut asuinkerrostalot tulevat käyttöikänsä päähän LVIS-tekniikkansa osalta. Asuinkerrostalojen saneerauksista erityisesti linjasaneeraukset ovat olleet esillä rakennusalan medioissa.

Vuosina 2016–2025 noin 62 600 asuntoa on vuosittain korjaustarpeessa ja vuosina 2026–2035 noin 65 100 asuntoa. Korjaustarpeessa olevien asuntojen määrä kasvaa selvästi nykyisestä 60 300 vuositteisesta asunnosta. Kasvu tulee pelkästään kerrostalojen korjaustarpeen kasvusta. Korjaustarpeessa olevien omakotitalojen määrä ei juuri nykyisestä muutu. Vuosina 2016–2025 vuotuinen tekninen korjaustarve on keskimäärin 3,5 miljardia euroa. Tilanne ei merkittävästi muutu vuosina 2026–2035. Korjaustarpeen merkittävin kasvu seuraavan 10 vuoden aikana tulee pääosin kaupunkien kerrostalojen korjaustarpeen lisääntymisestä. Koko maan tasolla teknisestä korjaustarpeesta noin 92 prosenttia on myös taloudellisesta näkökulmasta perusteltua. Omakotitalojen korjaustarve on ikärakenteen ja poistuman takia jo vähenemässä.

Omakotitaloja on rakennettu paljon kaikkina vuosikymmeninä, mutta selvästi eniten heti sotien jälkeen 1940-luvulla. Kerrostalokannassa taas erottuvat piikkinä kaupunkeihin 1970-luvun suuren muuttoliikkeen seurauksena rakennetut rakennukset. Rivitalokannassa vastaava piikki ajoittuu 1980-luvulle.

1.2 Tietomallinnus korjausrakentamisessa

Tietomallintaminen on tehokas työkalu rakennushankkeen riskienhallintaan. Vaikka tietomallintaminen tuo suunnitteluun ja rakentamiseen uusia toimintatapoja, ja saattaa alussa jopa lisätä suunnittelun työmäärää, hankkeen edetessä tietomallintamisen hyödyt tulevat esiin. Ammattitaitoisesti tehtyjä tietomalleja voivat hyödyntää hankkeen kaikki osapuolet; esimerkiksi arkkitehti-, rakenne- ja talotekniikkasuunnitelmien keskinäinen vertailu ja niiden sovittaminen olemassa olevaan rakennukseen helpottuvat. (Tietovuoto.fi.)

Tarkan 3D-mittauksen pohjalta tehdyn inventointimallin avulla olemassa olevan rakennuksen ominaisuuksia ja mahdollisuuksia pystytään arvioimaan paremmin. Kun lähtötiedot ovat luotettavat, eivätkä muutu hankkeen aikana, vältetään uudelleen suunnittelua. Rakentamisen aikana lisä- ja muutostyöt vähenevät, koska suunnitelmat ovat virheettömämmät ja paremmin yhteensovitettuja. Tietomallien kolmiulotteisuus havainnollistaa haastavatkin ongelmakohdat rakennushankkeen eri jäsenille, varsinkin hankkeessa maallikkoina toimiville tilaajapuolen edustajille. Tietomallintaminen auttaa pitämään rakennushankkeen aikataulussa ja kustannukset varmemmalla pohjalla. Kun tietomallintaminen tehdään oikein ja tarkoituksenmukaisesti, saadaan sen pohjalta hankkeelle hyvät ja toimivat suunnitelmat, jotka toimivat luotettavina lähtötietona myös kohteen tulevissa korjaushankkeissa. (Tietovuoto.fi.)

1.3 Sanasto

3D-mittaus: Lasersäteiden avulla tehtävä mittaus, jossa selvitetään mittatarkasti rakennuksen kolmiulotteinen geometria mitattavaan kohteeseen koskematta.

ICT: Tietotekniikka, informaatioteknologia. Tietokoneiden ja digitaalisen tietoliikenteen avulla tehtävää tietojen muokkaamista ja hallintaa.

IFC: Industry Foundation Classes, rakennusalan standardi oliopohjaisen tiedon siirtoon ohjelmistojärjestelmästä toiseen.

Laserkeilaus: Mittaustapa, jolla rakennuskohteesta saadaan lasersäteiden avulla mittatarkkaa kolmiulotteista tietoa mitattavaan kohteeseen koskematta.

Pistepilvi: Kolmiulotteinen mittatietomalli, johon on sijoitettu piste jokaisen lasersäteen kimmoamispaikalle. Useiden miljoonien pisteiden avulla saadaan rakennuskohteesta muodostettua kolmiulotteinen pinta.

Prosessi: Sarja suoritettavia toimenpiteitä, jotka tuottavat määritellyn lopputuloksen.

Projektin koordinaatisto: Rakennuksen inventointi/tietomallin koordinaatisto mallinnusohjelmassa.

Rakennuksen inventointimalli: Olemassa olevan rakennuksen ja tontin lähtötiedoista laadittu tietomalli.

Rakennuksen tietomalli: Tiedonhallinnan viitekehys, jossa kaikkien rakennushankkeen tietojen mallintaminen, käsittely ja hallinta tehdään tieto- ja informaatiotekniikan avulla. Tietomalli sisältää yleensä mittatarkan kuvauksen rakennuksen 3D-geometriasta.

2 RAKENNUKSEN INVENTOINTIMALLINNUSPROSESSI

Tietomallinnuksen nopea yleistyminen uudis- ja saneerauskohteissa on luonut suunnittelualle uusia toimintamalleja ja käsitteitä. Inventointimallinnus on monivaiheinen prosessi, jonka lopputuloksena syntyy olemassa olevan rakennuksen tai saneerauskohteen inventointimalli. Inventointimallissa on rakennuskohteen tontin ja rakennuksen tietoja mallinnettuna hankkeen ja tilaajan edellyttämällä tarkkuustasolla. Inventointimallintamista ja inventointimallin laatimisprosessia käsittelevät laajemmin ainakin Yleiset tietomallivaatimukset 2012 -julkaisusarja sekä Tietoa Finland Oy:n tekemät tutkimuskehitykset, joihin tässä opinnäytetyössä pääosin viitataan. Tietoa Finland Oy on ollut mukana laatimassa YTV 2012 -julkaisusarjaa.

Julkaisusarja Yleiset Tietomallivaatimukset 2012 on laajapohjaisen kehittämishankkeen tulos. YTV 2012 -sarja on päivitys Senaatti-kiinteistöjen vuonna 2007 julkaisemille tietomallivaatimuksille. Tarve vaatimuksille ja niiden päivittämiselle juontaa rakennusalalla nopeasti kasvavasta tietomallintamisen käytöstä. Rakennushankkeen kaikissa vaiheissa osapuolilla on tarve määritellä entistä täsmällisemmin mitä ja miten mallinnetaan. Rakennuskohteen lähtötilanteen mallintamista käsitellään YTV:n osassa 2. (YTV osa 1, 2.)

Laserkeilausta ja keilausdatan avulla tehtävää inventointimallintamista on tutkittu useissa opinnäytetöissä, joiden tutkimustietoa hyödynnetään laserkeilausprosessin vaiheiden analysoinnissa ja vertaamisessa Flexijet-mittausprosessiin. Laserkeilaus ja Flexijet-mittaus ovat menetelmiä, joiden avulla voidaan kerätä olevan rakennuksen mittatiedot. Mittatiedot ovat tärkeitä lähtötietoja inventointimallin laadinnassa. Inventointimalli, jonka rakennusosien mittatiedoissa on pahoja puutteita, ei ole kelvollinen tietomalli jatkosuunnitelmien pohjaksi.

2.1 Mikä on rakennuksen inventointimalli?

Saneerauskohteen tai olemassa olevan rakennuksen lähtötiedoista laadittua tietomallia kutsutaan inventointimalliksi. Hankkeen lähtötietoja ovat esimerkiksi rakennuksen mittatiedot ja geometria, materiaalitiedot sekä tila- ja laajuustiedot. Lähtötietoja täydennetään olemassa olevien piirustusten ja muiden dokumenttien pohjalta. Inventointimallin vaaditusta tarkkuustasosta riippuen tarpeellisten lähtötietojen selvittäminen voi edellyttää erityisalojen suunnittelijoiden ja muiden konsulttien asiantuntemusta. (YTV osa 2, 6 - 7.)

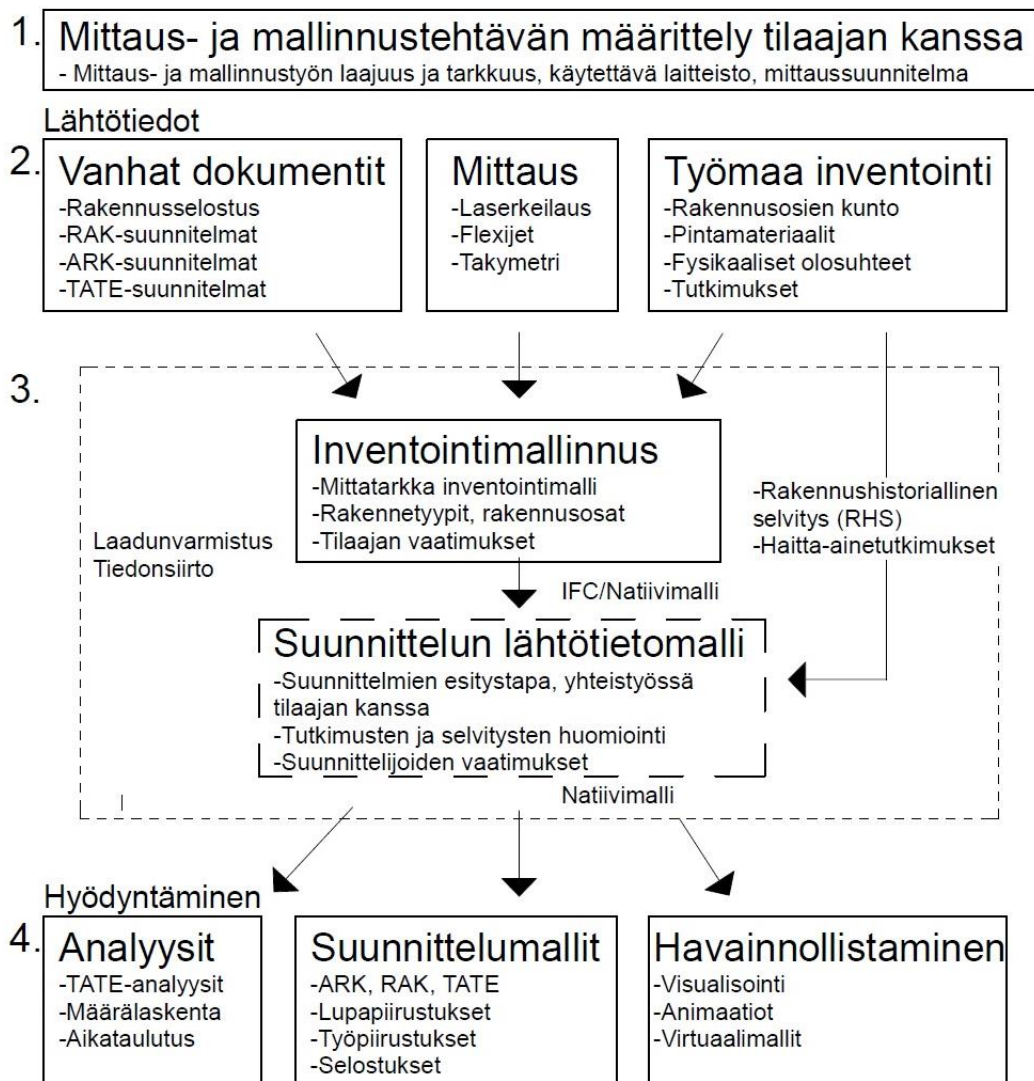
Inventointimalli ei välttämättä tarkoita 3D-mallia, vaan ylipäätään jotakin järjestelmällistä ICT-avusteista tapaa inventointitietojen kokoamiseksi. Huonekorttipohjainen ratkaisu saattaa olla käyttökelpoinen tapa tarvittavien lähtötietojen kokoamiseksi, jos saneeraushankkeessa ei tehdä rakenteellisia muutoksia. Huonekorteista kehittyneempi tapa on geometrisen tilamallin laatiminen. Tilamallilla ei kuitenkaan voida tarkasti kuvata saneerauskohteen rakenteita ja muotoja. Huonekorttien ja tilamallin lisäksi saneerauskohteesta tarvitaankin yleensä myös tarkempi geometrian kuvaus. Paras hyöty inventointimallista saadaan yleensä tekemällä rakennuskohteesta 3-ulotteinen inventointimalli,

jonka pohjalta voidaan laatia luotettavimmat suunnitelmat ja tehdä eri suunnittelualojen tietomallien välisiä tarkasteluja. (Rakennustieto.)

YTV:n osan 1 mukaan korjausrakentamishankkeissa rakennuspaikan ja olevien rakennusten mallinnus sisältyy tietomallivaatimuksiin, koska olemassa olevan tilanteen mallintaminen on perusedellytys tietomallipohjaiselle suunnittelulle ja kaikelle muulle mallintamiselle. YTV:n määrittelyn mukaan inventointimalli sisältää siis aina tietyllä tarkkuustasolla mallinnettua tietoa rakennuksesta ja rakennuspaikan tontista.

2.2 Inventointimallinnuksen prosessikaavio

Rajala (Rakennustieto) jakaa rakennusten inventointimallintamisen prosessin neljään vaiheeseen (kuvio 1). Inventointimallin tuottamisprosessia käsittelee myös YTV:n osa 2, jossa määritellään inventointimallin sisällön vähimmäisvaatimukset hankkeen eri vaiheissa. Opinnäytetyön prosessikaaviot eivät ota kantaa siihen, missä vaiheessa rakennushanketta mitään mallinnetaan. Kaavioista selviää inventointimallinnuksen prosessin vaiheet ja jokaisen vaiheen alla ovat listattuna lopputulokset.



Kuvio 1. Inventointimallintamisen prosessi Rajalan kaaviota mukailten (Vepsäläinen 2018)

Prosessikaavioon lisätään oma kohtansa suunnittelun lähtötietomallille. Inventointimallintamisen prosessin vaiheet ja vaiheiden lopputulokset ovat erilaisia rakennushankkeesta riippuen ja useasti prosessin vaiheet limittyvät jonkin verran keskenään. Suunnittelun lähtötietomalli -vaihetta ei ole numeroitu erikseen, koska hankkeesta riippuen valmis inventointimalli voi olla myös suunnittelun lähtötietomalli. Asiaan perehtyneillä asiantuntijoilla saattaa olla erilaisia näkemyksiä siitä, mitkä prosessin vaiheet ovat selkeästi eroteltavissa ja mitä vaiheita inventointimallintamisen prosessiin liittyy.

2.2.1 Mittaus- ja mallinnustehtävän määrittely tilaajan kanssa

Inventointimallien toteuttamiseen on olemassa erilaisia teknisiä ratkaisuja, joiden valintaan vaikuttavat esimerkiksi inventointimallin lopullinen käyttötarkoitus, vaadittu tarkkuustaso ja inventointimallin tarvittava tietosisältö. Tilaajan toiveiden pohjalta laaditaan hankekohtaiset mittaus- ja mallintamisvaatimukset ja -ohjeet, joiden avulla mahdollistetaan haluttu lopputulos. Tavoitteidenmäärittely tilaajan kanssa on välttämätöntä mittaus- ja mallinnustyön suunnittelun kannalta (Rakennustieto). Tilaajan kanssa käytyjen neuvottelujen pohjalta ei välttämättä tarvitse laatia kokonaan uusia mittaus- ja mallintamisvaatimuksia hankkeelle, vaan hankkeen sopimuksissa voidaan viitata soveltaen YTV 2012 -sarjan inventointimallinnusta koskeviin ohjedokumentteihin (liite 1).

Tilaajan kanssa määriteltäviä mittaus- ja mallinnustehtäviä:

- tarkoituksenmukainen mittaus- ja mallinnustarkkuus sekä mittauslaitteisto
- mitattavat ja mallinnettavat rakennusosat ja alueet
- tietosisällölliset tarpeet ja inventoinnin laajuus
- toimintaympäristöihin ja tiedonsiirtoon liittyvät vaatimukset sekä rajoitteet.

2.2.2 Inventointimallinnuksen lähtötietojen hankkiminen

Mallinnettavien lähtötietojen hankintatapa, tarkkuustaso, käsittely ja tehtäväjako sovitaan projekti-kohtaisesti tilaajan ja, jos mahdollista, yhteistyössä projektiryhmän kanssa, yksityiskohtaisesti niin, että tontin malli ja inventointimalli mahdollisimman hyvin palvelevat hankkeen tavoitteita (YTV osa 2, 9). Lähtötietovaiheessa oleva rakennus mitataan valittua mittauslaitteistoa ja -suunnitelmaa käyttäen ja mittaus tulokset taltioidaan inventointimallinnusta varten. Oleva rakennus ja rakennuksen tontti valokuvataan käyttöympäristön sallimassa laajuudessa, ja vanhat rakennuskohteen suunnitelmat toimivat vertailukohteina uusille mittaus tuloksille sekä muille inventointitiedoille. Joidenkin lähtötietojen selvittäminen vaatii rakennushankkeen ulkopuolisten asiantuntijoiden osaamista.

2.2.3 Inventointimallinnus

Inventointimallinnus voidaan suorittaa esimerkiksi vanhojen tarkemittauksilla täydennettyjen piirustusten pohjalta. Tällöin on otettava huomioon, että piirustusten pohjalta laadittu malli ei vastaa todellista tilannetta, vaan suunnitelmia. Inventointimallinnuksen lähtötietojen alkuperä tulee ilmoittaa tietomalliselostuksessa. (Rakennustieto.) Tietomalliselostuksissa voidaan eritellä ne rakennusosat, jotka ovat mallinnettu todelliseen mittatietoon tai vastaavasti vanhoihin piirustuksiin perustuen.

Inventointimalliin mallinnetaan hankkeessa määritellyn tarkkuustason mukaiset rakennusosat. Rakennusosat mallinnetaan käyttäen kyseisen osan mallintamiseen tarkoitettuja työkaluja; seinät mallinnetaan seinätyökalulla ja laatat laattatyökalulla. Rakennusosat tulee mallintaa siten, että tietoa siirrettäessä rakennusosan sijainti, sovittu tietosisältö ja geometria siirtyvät myös muiden osapuolten ohjelmistoihin (YTV osa 2, 7). Inventointimallintamisvaiheen lopputuloksena on mittatarkka inventointimalli, jota voidaan käyttää eri suunnittelualojen lähtötietomallina hakkeen vaatimuksien mukaan.

2.2.4 Suunnittelun lähtötietomalli

Inventoitavasta rakennuskohteesta johtuen inventointimallinnusprosessissa saatetaan tarvita suunnittelun lähtötietomalli -vaihetta. Lähtötietomalliin on lisätty tietoja esimerkiksi rakennushistoriallisesta selvityksestä ja haitta-ainetutkimuksista. Selvitysten ja tutkimusten tekijät ovat rakennushankkeessa erillisiä asiantuntijoita, jotka eivät välttämättä ole mukana inventointimallinnusvaiheessa. Vaativissa rakennushankkeissa prosessin eri vaiheissa työskentelee useita asiantuntijoita ja tehtävät ovat pilkottu pienemmiksi vastuualueiksi. Eri asiantuntijoiden tuottamaa selvitys- ja tutkimustietoa lisätään tarpeiden mukaan inventointimalliin, josta muodostuu suunnittelun lähtötietomalli. Lähtötietomallin tietosisältöön vaikuttavat myös muiden suunnittelijoiden vaatimukset ja suunnitelmien visuaalinen esitystapa, joita käydään läpi yhdessä tilaajan kanssa. Esimerkiksi rakennuksen rungon rakennetyypit voidaan esittää materiaalirajauksin tai pelkästään harmaalla täytteellä, johon on lisätty tieto rakennetyypeistä attribuutteina.

Koska inventointimalli sisältää mittatarkan kuvauksen rakennuksen geometriasta, saatetaan mittatarkkuutta pienentää viimeistään suunnittelun lähtötietomalli -vaiheessa. Aina ei ole tarkoituksenmukaista aloittaa suunnittelua niin, että suunnittelumallissa kahden seinän välinen kulma on asteen kymmenyksen alle suorakulman tai ulkoseinien kantavien runkojen sisäpinnat ovat muutamia millimetrejä eri kohdissa kerroksittain. (katso Liimatainen 2010, 54.)

2.2.5 Tiedonsiirto ja laadunvarmistus inventointimallinnusprosessissa

Jos inventointimallinnus tehdään laserkeilausaineiston pohjalta, tulee tiedonsiirtoon liittyviä asioita selvittää enemmän etukäteen. Laserkeilauksessa syntyvää mittaustietoa ei ole järkevää käyttää ilman esikäsitteilyä arkkitehdin ohjelmistossa, joten mittatiedostojen tai mittatietomallien yhteensopivuus ja muokkaus sopiviksi arkkitehdin ohjelmistoihin on selvítettävä.

Jos inventointimallinnuksen suorittaja on eri taho kuin arkkitehti, täytyy mittaustekniikasta riippumatta arkkitehdin kanssa sopia projektissa käytettävään tietomallinnusohjelmaan yhteensopiva tiedostomuoto. Hyödyllisintä olisi tehdä inventointimallinnus samassa tiedostoformaattissa, jota arkkitehti käyttää. Muutoin inventointimalli täytyy siirtää arkkitehdin ohjelmistoihin esimerkiksi IFC-tiedostoina, jolloin suurin osa inventointimallin parametrisyydestä ja muokattavuudesta katoaa (katso YTV osa 2, 20). Flexijet-mittauksessa rakennuksen ja rakennuspaikan tontin mittatiedot siirtyvät suoraan mittalaitteeseen liitettyyn tietomallinnusohjelmaan ja inventointimalliin. Jos Flexijet-mittaus suoritetaan arkkitehdin käyttämän tietomallinnusohjelman avulla, tiedonsiirtoon liittyvät haasteet ovat vähäisiä verrattuna laserkeilausprosessiin.

Tekninen laadunvarmistus on oleellinen osa lähtötietojen mallinnusta ja sitä tulee tehdä mittauksen, mallinnuksen ja muiden tuotettavien dokumenttien osalta. YTV:n ohjeiden mukaan tietomalliselosteen liitteenä toimitetaan täytetty ja allekirjoitettu lähtötietomallin tarkastuslomake (liite 2). Mittausaineisto tulee tarkastaa ennen mallinnuksen aloittamista.

Mittausaineistosta tarkistettavat asiat (YTV osa 2, 24):

- Mittausaineisto on sovitussa koordinaatistossa.
- Kaikki määrittelyn mukaiset tilat ja rakennusosat on mitattu ja mittaustulokset vastaavat mitattua rakennusta.
- Mittausaineistossa ei ole sisäisiä virheitä esim. yksittäinen mittaus eri koordinaatistossa.
- Mittaustarkkuus on vaatimusten mukainen.
- Mittausmenetelmä, -tarkkuus ja -ajankohta on kirjattu.
- Mahdolliset poikkeamat ja niiden syyt on kirjattu tietomalliselostukseen. Esim. lukittu tila, jota ei ole voitu mitata.

Inventointimalli ja siitä tuotetut mittausspiirustukset ja muut dokumentit tulee tarkastaa ennen materiaalin toimitusta tilaajalle ja muille suunnittelijoille. Tietomallin tarkastuksen tulee tehdä riittävän asiantunteva tarkastaja. Tarkastuksessa tulee hyödyntää soveltuvaa ohjelmistoa.

Inventointimallinnuksesta tarkastettavat asiat (katso YTV osa 2, 25):

- Mallin mittatarkkuus, mallin tulee vastata mittausspiirustusta.
- Piirustusten mittatarkkuus, piirustusten tulee vastata mallia ja mittausspiirustusta.
- Malli ja piirustukset ovat sovitussa koordinaatistossa ja korkeudessa.
- Tilat ja rakennusosat on mallinnettu tilaajan vaatimuksien mukaisesti.
- Tilat ja rakennusosat sisältävät tilaajan vaatimusten mukaiset tiedot.
- Malli on teknisesti vaatimusten mukainen.
- Mallissa ei ole törmäyksiä eikä päällekkäisyyksiä.

2.2.6 Inventointimallin hyödyntäminen

Inventointimallin tai suunnittelun lähtötietomallin hyödyntämisvaiheessa arkkitehti, erikoissuunnittelijat ja tilaaja käyttävät laadittua inventointimallia omien suunnitelmiensa valmistamiseen ja erilaisien analyysien sekä simulointien tekemiseen. Inventointimalli täytyy olla siinä muodossa, että suunnittelijat voivat aloittaa oman työskentelynsä. Arkkitehti käyttää inventointimallia esimerkiksi lupapiirustusten, huonekorttien sekä erilaisten määrä- ja pinta-alaluetteloiden tekemiseen.

2.3 Inventointimallinnusprosessi laserkeilausaineiston pohjalta

Kun inventointimallinnus suoritetaan laserkeilatun aineiston pohjalta (Kuvio 2), täytyy mittatietojen (pistepilven) tiedonsiirtoon ja esikäsittelyyn käyttää enemmän resursseja. Jos inventointimallinnuksen lähtötietoina ovat esimerkiksi paperille tulostetut tarkemittauksin täydennetyt piirustukset, voidaan mallinnus aloittaa millä tahansa mallinnusohjelmalla suoraan mittamallista eikä ylimääräisiä ohjelmistoja tai ulkopuolista konsultointia inventointimallintamisen suorittamiseksi välttämättä tarvita. Pistepilvitiedostojen käyttö ilman esikäsittelyä tietomallinnusohjelmissa on haastavaa tai jopa mahdotonta. Jotta laserkeilauksella saavutettu mittatarkkuus ja laaja tietomäärä saadaan siirrettyä tarkoituksenmukaisesti tietomallinnusohjelmiin, täytyy pistepilveä/pilviä esikäsitellä jollain tasolla.

Jokaisen pistepilveä tuottavan mittalaitteen valmistajalla on oma käsittelyohjelmansa. Useissa pistepilvenkäsittelyohjelmissa voidaan mallintaa ja tuottaa osin automaattisesti 3D-malleja pistepilvitietoon perustuen. Useissa pistepilvenkäsittelyohjelmissa voidaan mm. muodostaa pinta kolmen lähimmän pisteen välille. Kun tämä toiminto suoritetaan suurelle pistepilvelle, on tuloksena 3Dmesh eli pintamalli. Lisäksi ohjelmissa voidaan tehdä mm. solidmalleja. Ongelma on kuitenkin se, miten nämä mallit saataisiin arkkitehtisuunnittelijan käyttöön sopivaan muotoon ja formaattiin korjausrakennushankkeen lähtötietona. (Liimatainen 2010, 23.)

Pistepilvien käsittelyohjelmilla luotuja geometrisiä malleja (ts. mittatietomalleja) ei voida kääntää älykkäiksi tietomalleiksi. Visuaaliseen mallintamiseen ei siis kannata käyttää liikaa aikaa, mikäli lopullisena tavoitteena on tietomalli. Mallintaminen tulisi tehtyä kahteen kertaan, mikä ei ole järkevää. Mikäli tavoitteena olisi tehdä esimerkiksi inventointimalli, tulisi pistepilvestä tuottaa pelkästään tasopiirustuksia (Kuvio 2). Tämän jälkeen siirryttäisiin toiseen ohjelmaan, jossa varsinainen tietomallintaminen tehdään käyttäen tasokuvia ja pistepilveä ainoastaan lähtötietona. (Ahonen 2015, 18.)

2.3.1 Pistepilven siirto tietomallinnusohjelmaan lähtötiedoksi

Hämäläinen (2016, 23) kuvaa Savonia-ammattikorkeakouluun tekemässään opinnäytetyössään tiedonsiirtotapaa, jossa pistepilviaineisto yritettiin tuoda ilman esikäsittelyä (raaka pistepilvi) tietomallinnusohjelmaan: ”Mittausyrytykseltä saatu tiedosto sisälsi taulukkomuodossa olevan XYZ koordinaatistossa sijaitsevan pistepilvitiedoston. Taulukko oli kuitenkin niin suuri, että sen muokkaaminen ilman oikeanlaista ohjelmistoa oli vaikeaa. Mittausfirma muokkasi tiedostoa niin, että saatiin yhteensopiva tiedostomuoto ArchiCAD-ohjelmaan.”

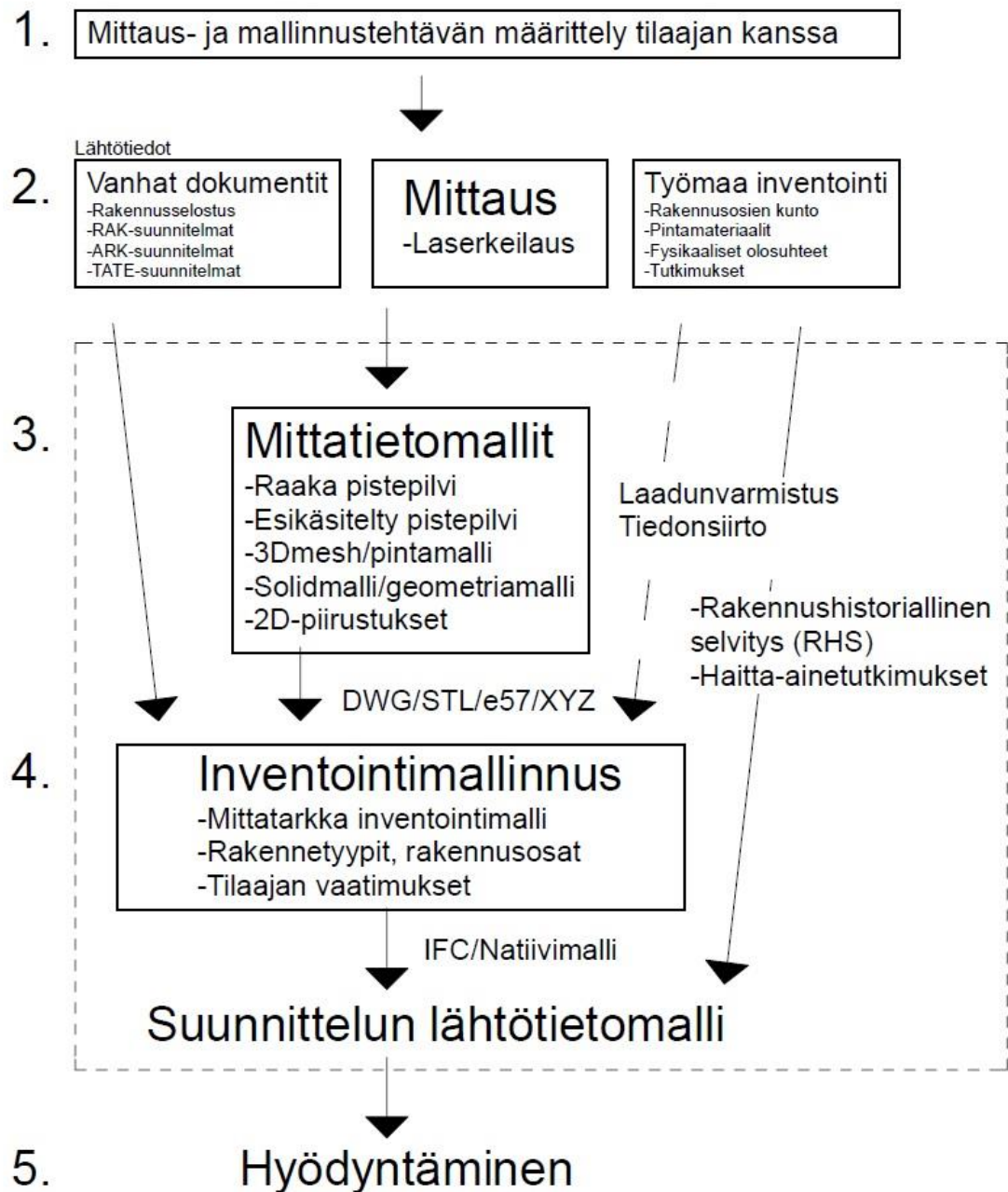
Haasteina pistepilviaineistojen siirtämisessä ilman esikäsitteilyä tietomallinnusohjelmiin ovat myös pistepilvien suuret tiedostokoot. Maltillisen tiedoskoon lisäksi pistepilvitiedosto pitää vähintään olla sellaisessa tiedostomuodossa, jota tietomallinnusohjelmat pystyvät käsittelemään.

Ahosen (2015, 23) Saimaan ammattikorkeakouluun tehdyn opinnäytetyön mukaan yhdestä keilausasemasta tuotetun pistepilven koko yleispätevällä tarkkuusasetuksella eräässä kohteessa oli 180 Mt. ArchiCAD 20 -ohjelma pystyy käsittelemään enintään 4 Gt kokoista pistepilveä, mutta mallinnustyöskentelyn sujuvuuden kannalta kannattaa käyttää enintään 500 Mt kokoisia pistepilviä (Laurila 2017-07-11). Miten asuinkerrostalokohteen pistepilvimateriaali on mahdollista tuoda suoraan tietomallinnusohjelmaan, kun keilausasemia on vähintään useita kymmeniä ja laajemmissa kohteissa jopa useita satoja?

Käytettäessä suuria pistepilviä inventointimallintamisen lähtötietona pistepilvi pitäisi avata erillisessä analysointiohjelmassa, josta rakennusosien mittatietoja ja mahdollisesti pistepilven tarkkuudesta riippuen pintojen materiaalitietoja saadaan siirrettyä manuaalisesti arkkitehdin käyttämään tietomallinnusohjelmaan. Manuaalinen mittatietojen tarkastaminen pistepilven analysointiohjelmassa sekä mittatietojen siirtäminen inventointimalliin on melko työlästä.

2.3.2 Mittatietomallit

Jos inventointimallinnus tehdään 3D-kuvantamisaineistojen pohjalta, inventointimallinnusprosessiin lisätään mittatietomallivaihe. Mittatietomallin tietosisältönä ovat yksinkertaisimmillaan vain rakennuksen oleellimmat paikkatiedot, eli rakennusosien oleellimmat nurkkapisteet. Mittatietomalli voi olla esimerkiksi esikäsitelty tai raaka pistepilvi, 2D- tai 3D-viivapiirustuksia, solidmalli (tilamalli) tai pintamalli. Mittatietomallit ovat yleensä esikäsiteltyjä pistepilviaineistoja, joiden avulla laaditaan mitattarkkoja inventointimalleja. Mittatietomallista voidaan ensisijaisesti tarkastaa rakennuksen geometrian rajaamia etäisyyksiä. (katso Liimatainen 2010, 11 – 12.)



Kuvio 2. Inventointimallinnuksen prosessi laserkeilatun mittatiedon pohjalta (Vepsäläinen 2017)

3 FLEXIJET 3D JA ARCHICAD

Flexijet 3D -lasermittausjärjestelmän merkittävin ero laserkeilausjärjestelmiin on Flexijetin suora yhteys mallinnusohjelmaan ja inventointimalliin. Flexijetillä mitataan rakennuksesta yksittäisiä pisteitä tai pisteiden sarjoja, joiden paikkatietojen avulla 3-ulotteiseen inventointimalliin koordinaatistoon muodostuu rakennusosaobjekteja. Flexijetillä työskennellessä voidaan mitata ja tehdä rakennusosien mallinnusta yhtä aikaa. Inventoitavia tietoja on mahdollisia tallentaa mittaustapahtuman aikana ArchiCAD-ohjelmaan. Osa rakennuskohteessa kerättävistä tiedoista tallentuu automaattisesti ArchiCAD-ohjelmaan mittaustietojen tallentuessa objekteiksi, osa inventointitiedoista taas voidaan syöttää manuaalisesti esimerkiksi objektien attribuuttitietoihin. Flexijet 3D on saksalaisen yrityksen Flexijet GmbH:n lanseeraama tuote, joka on ollut markkinoilla vuodesta 2011 asti.

Flexijetin käyttäminen vaatii sellaisen tietomallinnusohjelman osaamista, johon mittalaitteisto liitetään. Täten voidaan olettaa, Flexijet -mittalaitteiston ensisijainen käyttäjä on suunnittelija tai tietomallintaja itse. Flexijet GmbH markkinoi laitteistoa ”tee se itse” -järjestelmänä. Laserkeilausprojektissa mittauksen suorittajana ja pistepilven esikäsittelijänä on yleensä ulkopuolinen konsultti.

Flexijetin käytön mahdollistava sovelluslisäosa on saatavilla ainakin Revit ja ArchiCAD -ohjelmiin. ArchiCAD-ohjelman lisäosan, BIMmTool-sovelluksen, kehittämisestä ja myynnistä vastaa saksalainen yritys BIMm GmbH. BIMm GmbH:lla on ohjelmistoratkaisuja myös laserkeilausaineiston muokkaamiseen ArchiCAD-ohjelmalla. Suomessa Flexijet 3D -lasermittalaitteen ja sen ArchiCAD-lisäosan myynnistä vastaa M.A.D Oy, joka on ArchiCAD-ohjelman suomenkielisen käyttöliittymän kehittäjä ja ohjelman maahantuoja. Yritys tarjoaa myös koulutusta ja teknistä tukea Flexijetin käyttäjille.

3.1 Flexijet 3D -lasermittausjärjestelmä

Toimintavalmis lasermittausjärjestelmä koostuu useasta komponentista, jotka pääpiirteittäin ovat mittalaitte (Flexijet 3D), kolmijalka, bluetooth-vastaanottimet, kauko-ohjain, ArchiCAD-mallinnusohjelma lisäosineen ja mallinnuskäyttöön soveltuva kannettava tietokone. Kuljetusta ja säilytystä varten Flexijet 3D pakataan tukevaan laatikkoon (Kuva 1). Laatikossa on teleskooppikahva ja pyörät, joten sitä voi kuljettaa matkalaukun tavoin. Teleskooppikahvaan voidaan kiinnittää taso kannettavaa tietokonetta varten (kuva 2). Flexijet 3D mittayksikkö painaa noin 5 kg ja koko järjestelmän paino mukaan lukien kuljetuslaatikko ja kolmijalka on n. 20 kg.



Kuva 1. Flexjet 3D kuljetuslaatikossaan ja kolmijalka
(Vepsäläinen 2017)



Kuva 2. Flexijet 3D -lasermittausjärjestelmä ulkokäytössä
(Vepsäläinen 2017)

Flexijet 3D -mittalaite koostuu alumiini-muovi -runkoisesta moottoroidusta harmaasta yksiköstä ja Leican Disto D3a BT lasermitasta (kuva 2). Yksikössä on prosessori, moottori kauko-ohjausta ja tarkkaa kohdistusta varten, sisäänrakennettu bluetooth, kosketustunnistin ja ladattava akku. Akun käyttöaika yhdellä latauksella on 8-10 tuntia ilman moottorin käyttöä ja 3-4 tuntia, jos moottoria käytetään aktiivisesti. Leica Disto -lasermitta on kiinteä osa mittayksikköä, joten sitä ei voi käyttää irrotettuna Flexijet 3D -laitteesta. Lasermitta on saatavana Leicalta erillisenä tuotteena. Leican Disto D3:ssa on sisäänrakennettu bluetooth ja virtalähteenä 2 kpl 1,5 V AAA paristoja. Lasermitan muut pääominaisuudet ovat:

- 2 tuuman ja neljän rivin näyttö
- kotelointiluokka IP54
- 1 mm:n mittatarkkuus 100 metriin asti
- mahdollinen mittausetäisyys 0,05 m – 100 m
- suurin mahdollinen mittauskulma 45 astetta
- 5000 mittausta samoilla pattereilla, bluetooth-yhteys lyhentää käyttöaika.

3.2 Kannettava tietokone ja USB-lisälaitteet

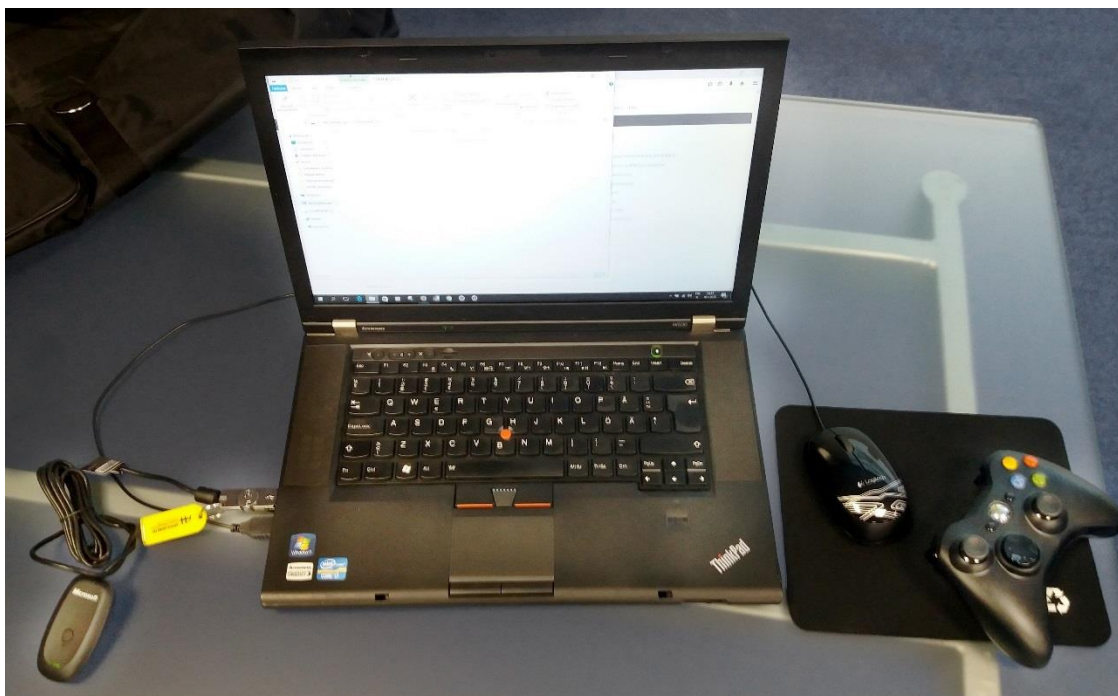
Kannettavaksi tietokoneeksi sopii mikä tahansa normaali markkinoilla oleva tuote. Tietokoneeksi kannattaa valita ominaisuuksiltaan kohtuullinen malli, jossa mallinohjelma toimii moitteettomasti ja akunkesto on useita tunteja: Rakennuskohdetta inventoidessa haluttanee välttyä turhilta keskeytyksiltä akun lataamisen takia. Kannattavan tietokoneen ei kannata olla 15 tuumaa isompi, koska muutoin hiirtä ei mahdu käyttämään kunnolla kannettavan tietokoneen vieressä aputasolla (kuva 2). Ilman hiirtä ArchiCAD:n käyttö on haastavaa. USB-lisälaitteita ja hiirtä varten tietokoneessa pitäisi olla vähintään neljä USB-porttia.

Asuinrakennuskohdetta inventoidessa tulee tilanteita, jolloin mittalaite on niin kaukana mitattavasta pisteestä, että laserpisteen tarkkaa sijaintia rakennusosan pinnalla on mahdotonta nähdä. Flexijet -järjestelmän ratkaisu tähän on käyttää kauko-ohjainta. Pelimaailmasta tuttu kauko-ohjain toimii langattomasti bluetooth-yhteyden välityksellä, joten ohjainta varten pitää kytkeä oma USB-vastaanotin kannettavaan tietokoneeseen (kuva 3). Kauko-ohjaimella ohjataan Flexijetin yksikön moottoria ja rekisteröidään mittapisteitä.

Opinnäytetyössä käytettävän ArchiCAD-lisäosan, BIMTool-sovelluksen lisenssityyppi on USB-lisenssi, jolloin sovellus vaatii USB-lisenssiavaimen kytkemisen tietokoneeseen ennen ohjelman käyttämistä. Lisenssiavain sopii hyvin langattomaan mittalaitejärjestelmään, koska ei ole varmuutta onko mittauskohteessa käytettävissä langattomia internetyhteyksiä, ja onko langaton signaali tarpeeksi voimakas yhteyksien sujuvaa toimimista varten. ArchiCAD isäntäohjelmana ei vaadi erillistä lisenssin tarkastamista, vaan isäntäohjelma toimii samalla USB-lisenssiavaimella.

Flexijet 3D -mittayksikön ja Leican lasermitan bluetooth-signaalien vastaanottamiseen voidaan käyttää USB-porttiin kytkettävää Bluetooth-adapteria. Adapterin mukana tulee ohjelmisto, jonka avulla

mittalaitteiden yhteyksiä ja yhteysominaisuuksia voidaan hallinnoida. Bluetooth-vastaanotinta on suositeltavaa käyttää vahvemman langattoman signaalin saavuttamiseksi.

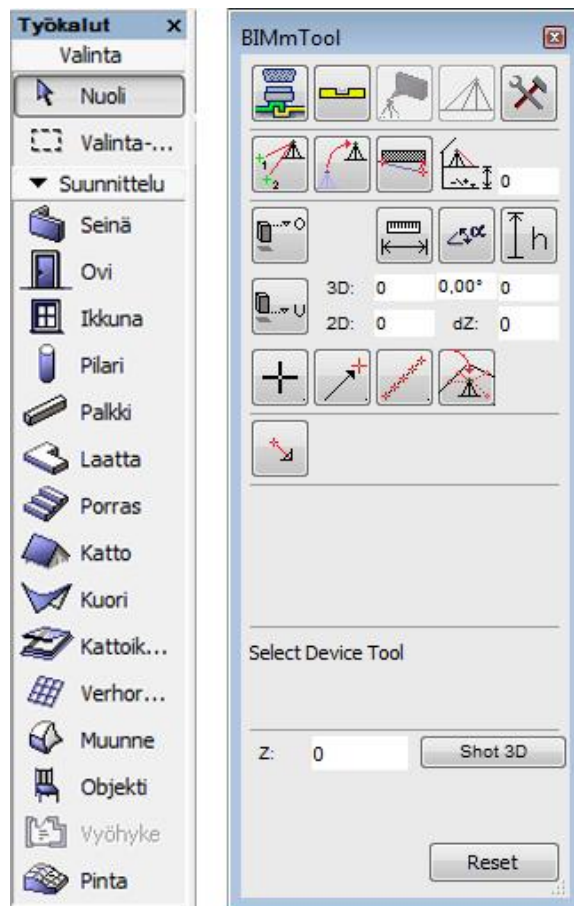


Kuva 3. Kauko-ohjain, Bluetooth-vastaanotin ja USB-lisenssiavain ovat kytkettyinä kannettavaan tietokoneeseen (Vepsäläinen 2017)

3.3 BIMmTool-sovellus

Tiedonvälitys Flexijetin ja ArchiCAD:n välillä toimii langattomasti bluetooth-yhteyden kautta. ArchiCAD-ohjelma tarvitsee BIMmTool-sovelluslisäosan vastaanottaakseen mitatun tiedon ArchiCAD-ohjelmaan ja muuttaakseen mittausdatan rakennusosaobjekteiksi ja mittapisteobjekteiksi. Kohdetta inventoidessa valitaan ArchiCAD-ohjelmasta sen rakennusosan työkalu, joka halutaan mitata ja mallintaa projektin koordinaatistoon. Kun rakennusosan työkalu on valittuna ArchiCAD-valikosta, ilmestyy BIMmTool-sovelluksen ikkunaan vaihtoehtoisia tapoja mitata rakennusosa (kuva 4).

Sovellusikkunan ylimmän rivin painikkeet ovat mittalaitteen kalibrointia varten, seuraavan rivin painikkeet ovat mittausasemien rekisteröintiä ja toiseen mittausasemaan siirtymistä varten. Valikon keskiosassa ovat painikkeet esim. korkeuden (h) ja kulman (α) mittaamista varten ilman, että ohjelma mallintaa rakennusosaobjekteja tai mittapisteobjekteja projektin koordinaatistoon. Valikon alimman osan painikevaihtoehdot muuttuvat, kun ArchiCAD-ohjelmasta valitaan työkalu rakennusosan mallinnusta varten. Jos ArchiCAD-ohjelmassa ei ole työkalua valittuna, voidaan projektin koordinaatistoon mitata yksittäisiä XYZ-koordinaattitiedon sisältäviä mittapisteobjekteja (hotpoints) tai niiden sarjoja (kuva 4).



Kuva 4. Vasemmalla ArchiCAD-työkaluikkuna ja oikealla BIMmTool-sovellusikkuna. Nuoli-työkalun ollessa aktiivinen voidaan projektikoordinaatistoon mitata mittapisteobjekteja (Vepsäläinen 2017)

4 ESIMERKKIKOHTTEEN MITTAUS

Flexijet-lasermittalaitetta kokeiltiin todellisessa asuinkerrostalokohteessa Kuopiossa. Todellinen kohde simuloi parhaimmin niitä olosuhteita, joissa laitteistoa tullaan todennäköisimmin käyttämään. Asuinkerrostalon mittaamisessa laitteistoa täytyy siirtää useasti ja rekisteröidä mittausasemia useissa eri huoneistoissa. Kun kyseessä oli mittaushetkellä asuinkäytössä oleva kerrostalo, mittausta täytyi suorittaa asukkaiden läsnä ollessa ja asuntojen ollessa kalustettuja. Mittaushetkellä rakennuskohde teossa oleva käyttöympäristö kannattaa ottaa huomioon kohteen mittaus- ja mallinnustarkkuutta/laajuutta sovittaessa.

4.1 Kohteen esittely

Esimerkkikohteeksi valikoitui Kuopion Neulamäessä sijaitseva vuokra-asuinkerrostalo. Kohde löytyi yhteistyössä Kuopion Niiralan Kulma Oy:n kanssa, joka omistaa Neulamäentie 20:ssä sijaitsevan kiinteistön. Tontilla sijaitsee yhteensä 4 asuinkerrostaloa ja muutamia talousrakennuksia. Niiralan Kulma ehdotti tutkittavaksi asuinkerrostaloksi talo numeroa 4, joka sijaitsee tontin länsipuolella (kuva 5). Asuinkerrostalot ovat valmistuneet 1980-luvun alussa. Talo 4 on kantavat teräsbetoniseinät ja -laatat runkoinen rakennus, jonka ulkoseinien sisäkuoret ovat teräsbetonielementtejä ja kantavat väliseinät paikallavalettua teräsbetonia. Julkisivut ovat pääosin paikallamuurattua punatiiltä.



Kuva 5. Neulamäentie 20, Talo 4 (Vepsäläinen 2017)

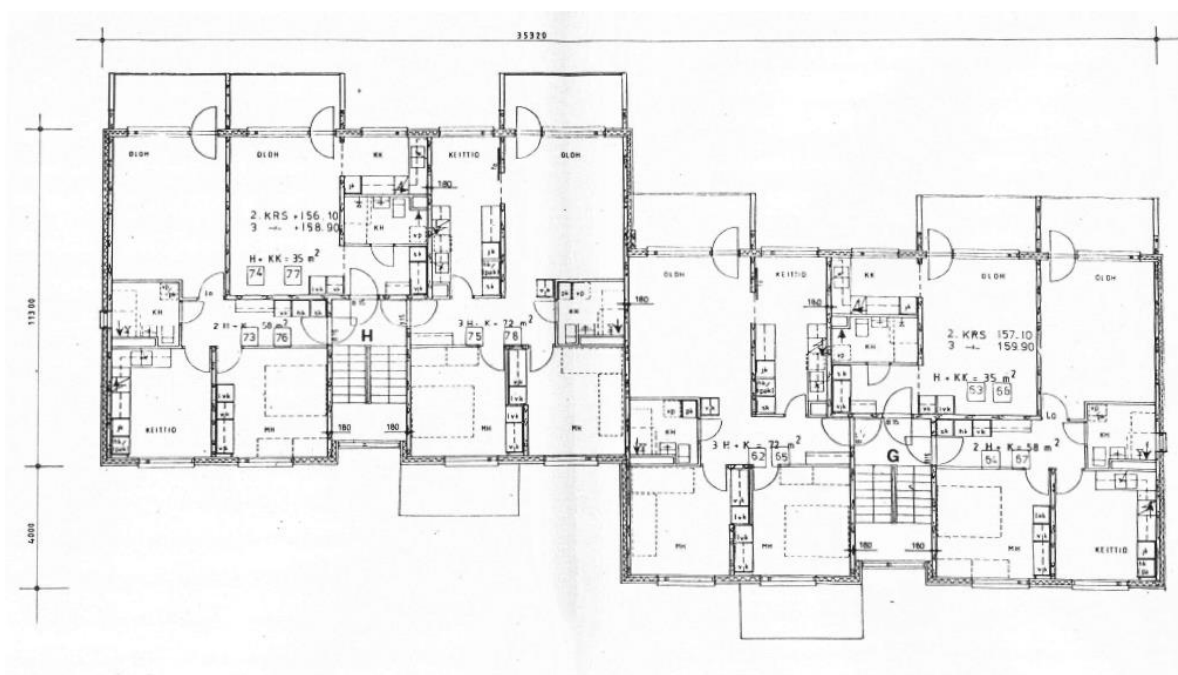
Talo 4:n pinta-ala ja tilastotiedot:

- rakennusala 399 m²
- kerrosala 1 422 m²
- tilavuus 4 640 m³
- huoneistoala 1 130 m²
- huoneistojen lukumäärä 22 kpl
- huoneistojen keskipinta-ala 53 m² (kaikki talot)
- kerrosluku 3 + kellarikerros.

4.2 Mittaus- ja mallinnustyön määrittely tilaajan kanssa

Niiralan Kulman omistamassa kiinteistössä tullaan tekemään peruskorjausta, jonka laajuudesta ei ollut tarkkaa tietoa mittaukseen määrittelyhetkellä. Mittaukseen laajuudeksi määriteltiin aluksi Talo 4:n kaikki tilat. Huoneistojen monistuvuuden takia työmäärä pienennettiin yhden kokonaisuuden, G-rapun, ja siihen liittyvien asuntojen ja muiden tilojen mittaamiseen. Talo 4:ssä on kaksi rappukäytävää, H- ja G-rappu, jotka käytännössä ovat toistensa peilikuvia (kuva 6).

Mittaukseen tarkkuustasosta ja inventoinnin laajuudesta sovittiin tilaajan kanssa erillisessä palaverissa, josta laadittiin muistio (liite 3). Mittaus- ja mallinnustyölle määritelty laajuus ja tarkkuus olivat tässä opinnäytetyössä ohjeellisia. Käytännössä mittaus- ja mallinnustyön painopisteenä on saada tarpeeksi kattava yleistieto Flexijet-mittalaitteiston käytöstä ja mahdollisuuksista asuinkerrostalokohteen inventointimallin laadinnassa. Flexijet 3D-mittalaitteella ei ole aikaisemmin mitattu Suomessa yhtään asuinkerrostaloa, joten aikaisempaa kokemusperäistä tietoa oli haastava hyödyntää mittauksen tarkkuustason määrittelyssä tilaajan kanssa. Esimerkiksi Norjassa ja Saksassa Flexijetillä on mitattu isoja rakennuskokonaisuuksia



Kuva 6. Talo 4:n 2.krs ja 3.krs pohjapiirustus. (Vepsäläinen 2017)

4.3 Mittaustyön suunnittelu

Mittaustyötä aletaan suunnitella, kun rakennuskohteen mittaus- ja mallinnustyön tarkkuus ja laajuus ovat määritelty tilaajan kanssa. Mittaustyön suunnitteluun ja toteutukseen vaikuttaa olennaisesti rakennuskohteen käyttöympäristö: Ovatko asunnot käytössä mitaushetkellä ja onko asukkailla erityisiä vaatimuksia mitaustyön suorittamista koskien. Mittaussuunnitelma olisi hyvä käydä läpi yhdessä tilaajan kanssa ja varmistaa, että inventointimallin sovittu tarkkuustaso ja laajuus ovat saavutettavissa. Aukkaiden toiveista riippuen mitaustyötä ei päästä aina suorittamaan halutussa järjestyksessä rakennuksessa, vaan silloin voidaan esimerkiksi mitata ensin asuinkerrostalon porrashuone ja käyttää porrashuoneeseen rekisteröityjä mittausasemia runkona muulle mittaukselle.

Mittaustyö vaatii hyvää suunnitelmallisuutta myös silloin, kun tarkoituksena on yhdistää eri mittaus- tai skannausasemista mitatut tiedot samaan koordinaatistoon tietomallinnusohjelmassa. Samaan koordinaatistoon mitaaminen tarkoittaa, että mitta-aineiston pohjalta voidaan tehdä geometrialtaan luotettavia inventointimalleja tai mittatietomalleja. Samaan koordinaatistoon mitatusta mittatietomallista voidaan luotettavasti tarkastaa esimerkiksi väliseinien ja välipohjien paksuudet. Ulkoseinien paksuudet voidaan tarkastaa mittatietomallista, mikäli rakennus mitataan myös ulkoa ja ulkomittaus on mitattu ja kytketty samaan koordinaatistoon sisämittauksen kanssa.

Roivas (2014, 24) kuvailee Jyväskylän ammattikorkeakouluun tekemässään opinnäytetyössään laserkeilausmittauksen suunnittelua eräessä rakennuskohteessa: "Mittauksen alustava suunnittelu tapahtui pohjapiirustusten perusteella. Pohjapiirustuksiin merkittiin alustavat skannauspisteet. Näin saatiin arvio mittauksen laajuudesta ja siihen kuluva ajasta. Lisäksi mietittiin, mistä mittaus kannattaa aloittaa ja minne lopettaa. Tässä vaiheessa on hyvä myös miettiä, kuinka julkisivut ja ulkoalueiden skannaukset saadaan liitettyä sisäpuolisiin skannauksiin."

4.3.1 Mittausasemien yhdistäminen samaan koordinaatistoon

Kiinteistöjen mittauksissa laserkeilaimella mitataan kohdetta monista eri skannausasemista. Näin saadaan jokaisesta tilasta mittatarkkaa materiaalia mallinnusta varten ja pyritään minimoimaan katvealueiden määrä. Mittaus- ja skannausasemat yhdistetään käyttämällä tähyksiä. Tähykset ovat 3D-mittalaitteen tunnistamia pisteitä mittausaineistossa. Tähykset ovat mittalaitteesta riippuen puolipallon- tai pallon muotoisia. Myös paperisia tähyksiä on olemassa. Näitä sijoitetaan mitattavaan kohteeseen siten, että skannausasemasta näkyy vähintään kolme tähyistä. Tähyksiä voi olla enemmänkin, mikä helpottaa aina eri skannausasemien yhdistämistä ja parantaa kohteen mittatarkkuutta. (Roivas 2014, 22.)

Flexijetillä mitattaessa tähyksien käyttö on välttämätöntä, jos mittausasemia on useita ja tarkoituksena on tehdä inventointimallin mittaus samaan projektikoordinaatistoon. Tähyksien ja mittausasemien sijoittelua voi suunnitella etukäteen pohjapiirustusten perusteella, mutta tähysten lopullinen sijainti kannattaa päättää vasta rakennuskohteessa. Asuinkerrostalossa asuntojen ollessa kalustettuja

on haastavaa suunnitella etukäteen kaikkia tähysten ja mittausasemien sijainteja. Vaikka tähysten sijainnit olisivat suunniteltu pohjapiirustuksen perusteella niin, että mittausasemasta näkee kaikki tarvittavat tähykset, saatetaan huomata työmaalla huoneiston verhojen tai lipaston tulevan lasersäteen tielle.

Laserkeilauksen ja Flexijet-mittauksen mittatietojen yhdistäminen samaan koordinaatistoon tapahtuvat eri aikaan inventointimallinnusprosessissa. Laserkeilausprosessissa koko rakennus mitataan ensin ja huolehditaan tähyksien riittävä määrä ja näkyvyys pistepilvissä. Eri mittausasemista mitatut pistepilvet yhdistetään samaan projektikoordinaatistoon (ts. rekisteröidään) pistepilven esikäsittelyvaiheessa, mikä tehdään rekisteröintiin tarkoitetulla ohjelmistolla.

Koska Flexijet-mittauksen tarkoituksena on luoda inventointimallia suoraan mitattujen pisteiden koordinaattitietojen perusteella tietomallinnusohjelmaan, täytyy Flexijet 3D -laite rekisteröidä uuteen mittausasemaan työmaalla tähyksien avulla. Laserkeilain puolestaan ei tarvitse tietää sijaintiaan rakennuksessa mittaushetkellä, koska pistepilvet yhdistetään vasta mittaustyön jälkeen tähysten avulla.

4.3.2 Tähyksien merkitseminen Flexijet-mittauksessa

Kuten laserkeilauksessa, myös Flexijet-mittauksessa voidaan tähyksinä käyttää rakennuksen omia kiintopisteitä tai tasoja, kuten oven karmin nurkkaa tai näkyvää ruuvin kantaa. Jos mittaustyö on laaja tai rekisteröityjä mittausasemia halutaan käyttää uudelleen, tulisi tähysten olla selkeästi merkitty ja pysyä paikallaan ainakin mittaustyön ajan. Erillisten ja tarkoituksenmukaisien tähyksien käyttö on suotavaa tarpeeksi laadukkaan mittaustuloksen saavuttamiseksi.

Sopivaa ja nopeaa tähysten merkitsemistapaa pohdittiin, ja tähyksinä päädyttiin käyttämään maalarinteippiä, johon merkitään tussilla tähyksen kohdistuspiste ja tähyksen juokseva numero (kuva 7). Tarpeeksi leveä maalarinteippi pysyy paikallaan ja voidaan poistaa nopeasti mittauksen päätyttyä. Tähykset tulee kiinnittää niin, että vähintään kaksi tähyispistettä voidaan mitata uudelleen seuraavasta mittausasemasta. Tarkan mittaustuloksen saavuttamiseksi on vähintään kolmen tähyksen käyttö suositeltavaa. Tähyksiä ei voida sijoittaa ja mitata liian lähelle toisiaan, mikä saattaa olla haasteellista pienissä asuinhuoneistoissa ja asuinkerrostalojen kapeissa käytävissä.



Kuva 7. Oven viereen on merkitty tähys (Vepsäläinen 2017)

4.4 Ensimmäinen mittauspäivä

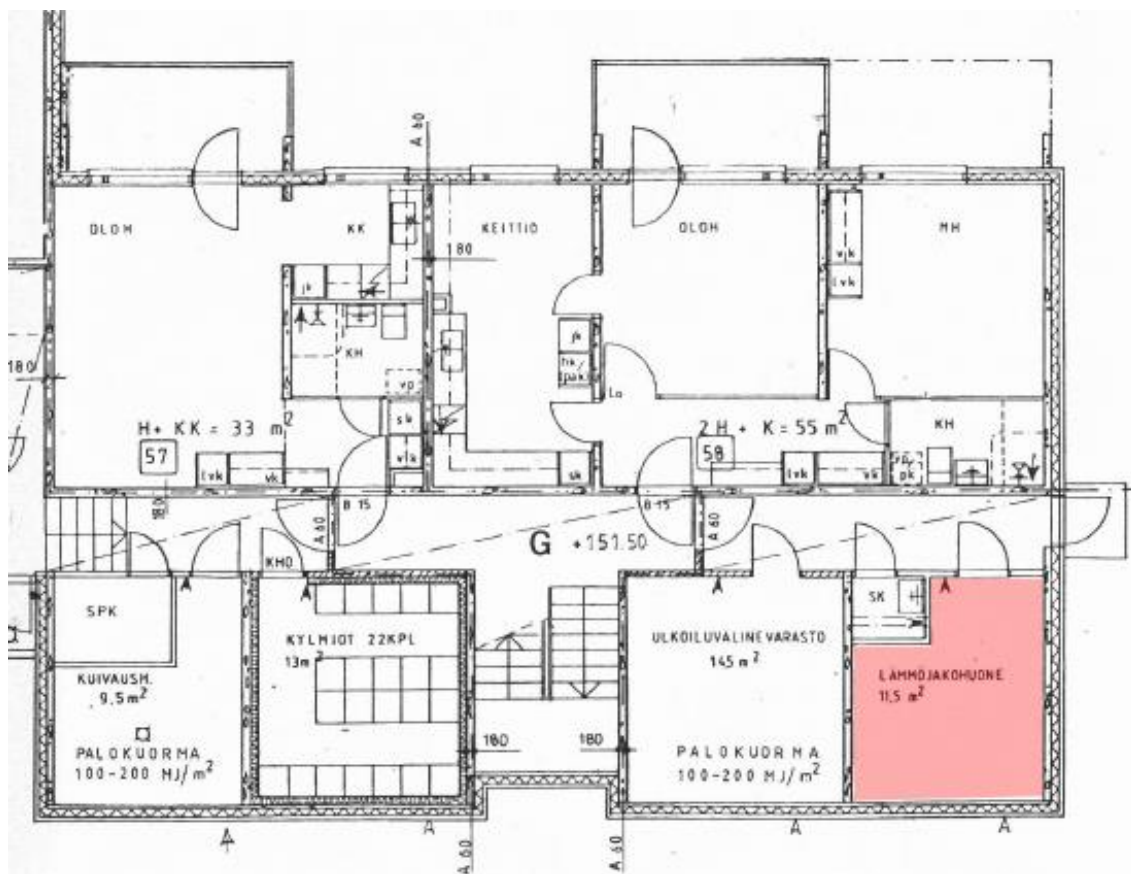
Mittaus suoritettiin kolmen työpäivän aikana 14.2.2017-16.2.2017. Käytössä ollut kannettava tietokone täytyi ladata aina kahdesti mittauspäivän aikana, mikä lyhensi tehokasta mittausaikaa. Opin- näytetyön tekijä hoiti samalla muita kiireellisiä työtehtäviä, joten tehokasta mittausaikaa kertyi noin kaksi työpäivää.

Mittaustyön alussa tarkastetaan, ovatko pohjapiirustuksiin merkityt alustavien mittausasemien paikat sopivia. Mittausasemien alustavat paikat kierretään läpi rakennuksessa. Samalla kun mittausasemat todetaan sopiviksi, voidaan tähykset kiinnittää paikalleen rakennukseen. Asuntojen osalta alustavaa mittausasemien tarkastusta ei välttämättä ole tarpeellista tehdä, jotta asukkaat eivät häiriinny liikaa mittautapahtumasta. Ensimmäisenä mittauspäivänä merkittiin tähykset koko G-rapun porrashuoneeseen ja käytävätiloihin.

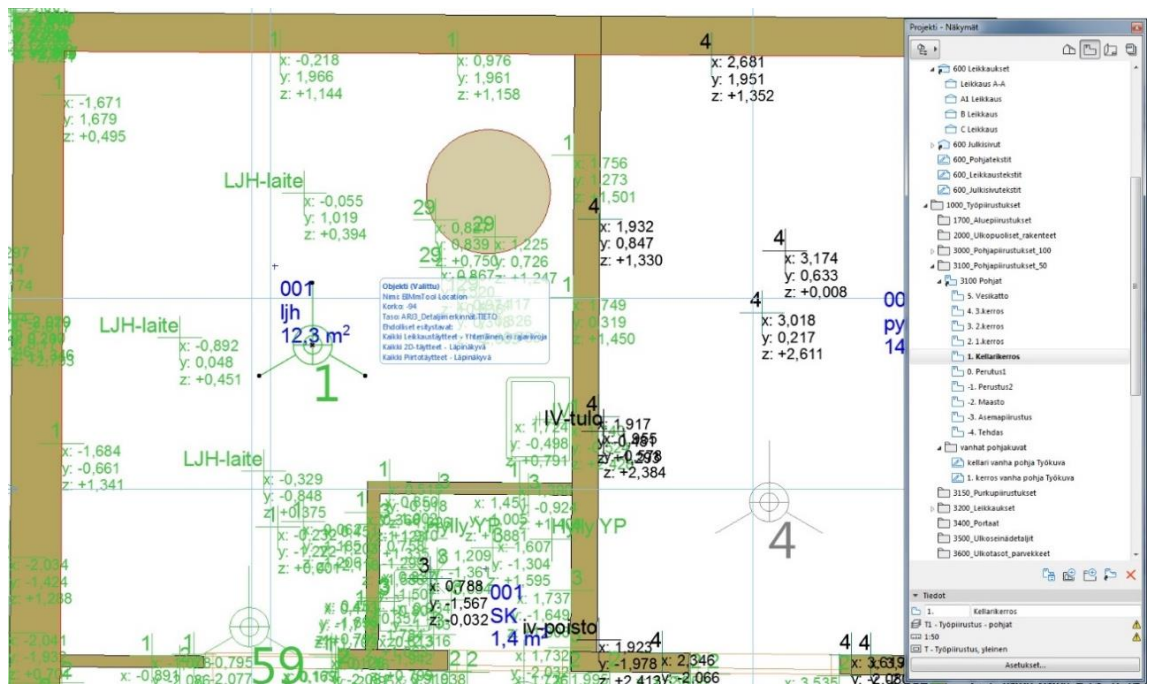
Flexijet-mittaus kohteessa aloitettiin kellarikerroksen lämmönjakuhuoneesta (kuva 8), jolloin mittaus tehdään loogisesti alhaalta ylös rakennuksessa. Kellarikerroksen valinta mittauksen aloituskerrokseksi johtui myös mittalaitteistossa ilmenneestä ominaisuudesta. BIMmTool-sovellus määrittelee projektin ensimmäisen mittausaseman ArchiCAD-ohjelmaan aina ID-numerolla 1. olevaan kerrokseen, joka on yleensä mallinnettaessa 1. kerros. ArchiCAD-ohjelmassa ID-numeron 1. kerros nimettiin kellarikerrokseksi. Ensimmäisen mittausaseman koordinaatit (0,0,0) määrittyvät projektin ja mallinnuksen alkupisteeksi, minkä vuoksi on loogista aloittaa alimmasta kerroksesta, jolloin Z-koordinaatin arvo kasvaa siirryttäessä ylempiin kerroksiin (kuva 9).

Ensimmäisessä mittausasemassa suoritetaan laitteen kalibrointi ja tasaus. Flexijet 3D tasaa itsensä automaattisesti, joten laitteen kolmijalan ei tarvitse olla tasaisesti säädetty. Laitteen kalibrointi ja tasaus tehdään BIMmTool-ikkunan ylimmän rivin painikkeiden avulla. Kalibrointi suoritetaan osoittamalla laserpisteet kahdesta vierekkäisestä seinästä ja lopuksi lattiasta. Kalibrointi suoritetaan vain kerran mittaustapahtuman alussa. Automaattinen tasaustoiminto (keltainen vesivaaka -ikoni) on suoritettava joka kerta, kun laitetta siirretään uuteen mittausasemaan (kuva 4). Kalibroinnin ja tasaamisen jälkeen voidaan aloittaa inventointimittaus ja -mallinnus.

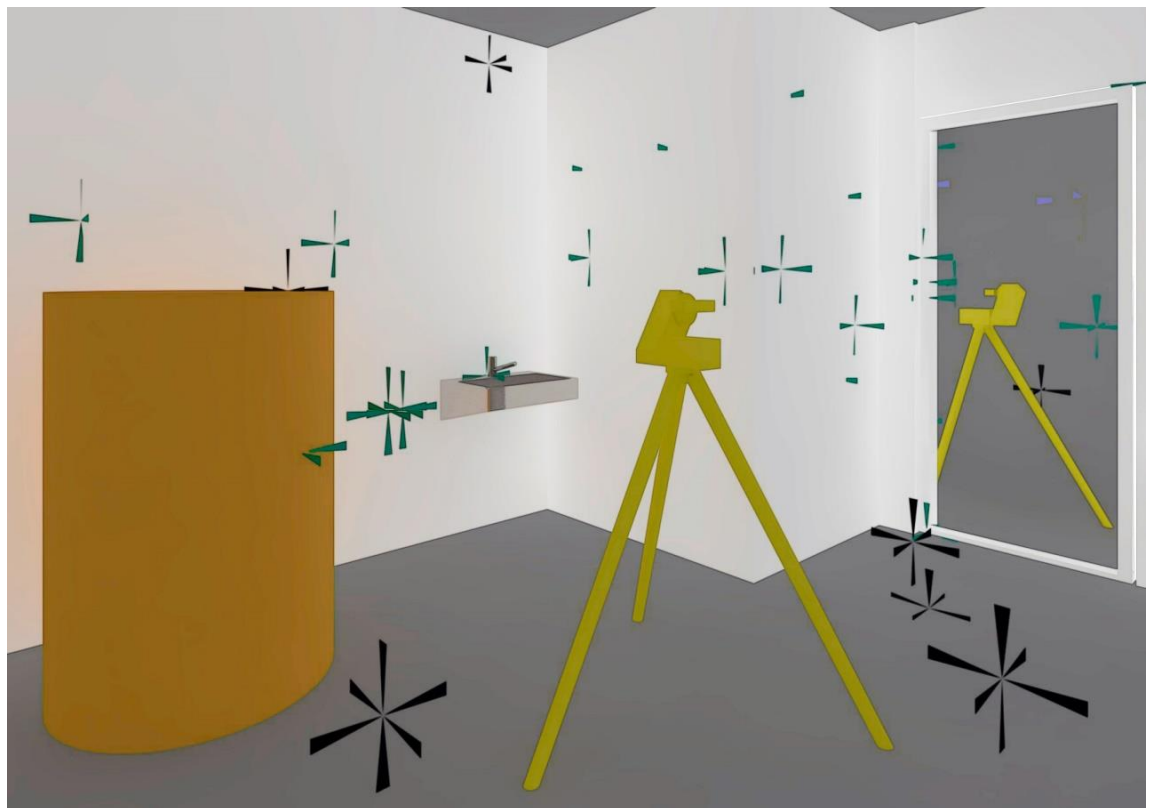
Kun Flexijet 3D rekisteröi itsensä ensimmäiseen mittausasemaan, ilmestyy inventointimalliin mittalaitetta esittävä objekti. ArchiCAD-ohjelman tasonäkymässä Flexijet-objektin alapuolella on numero 1, joka osoittaa mittausaseman järjestysnumeron (kuva 9). Mittalaitteen objekti, mittapisteobjekteja ja mitattuja rakennusosia voi tarkastella myös 3D-näkymässä (kuva 10).



Kuva 8. Kellarin pohjapiirustus, jossa lämmönjakohuone on korostettu punaisella (Vepsäläinen 2017)



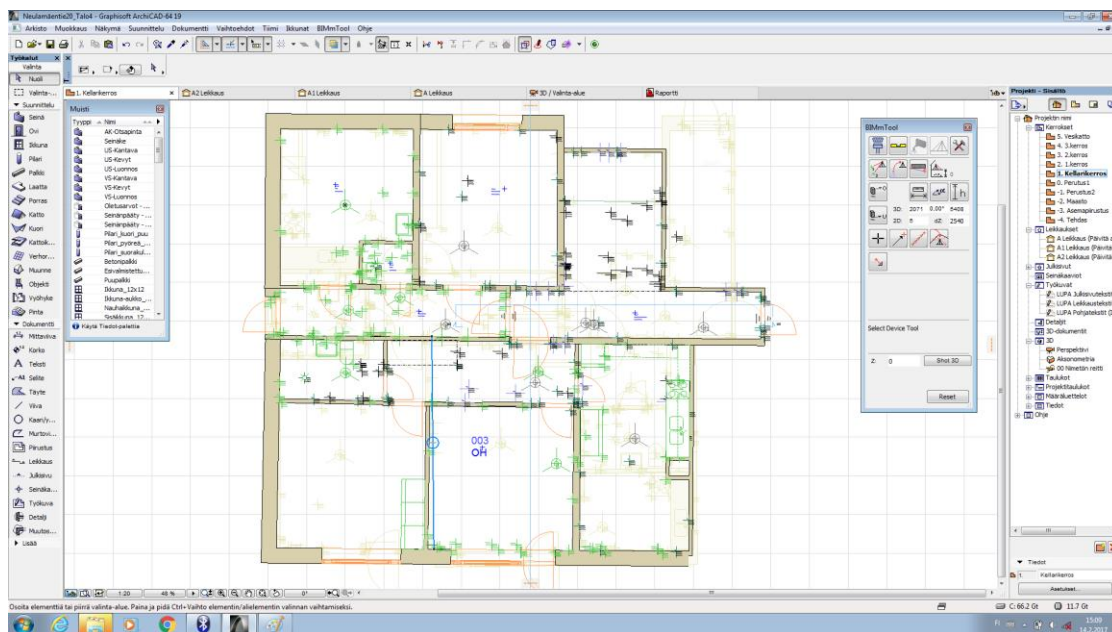
Kuva 9. Kuvankaappaus inventointimallinnuksesta. Mittausasema 1 on projektin origon piste (Vepsäläinen 2017)



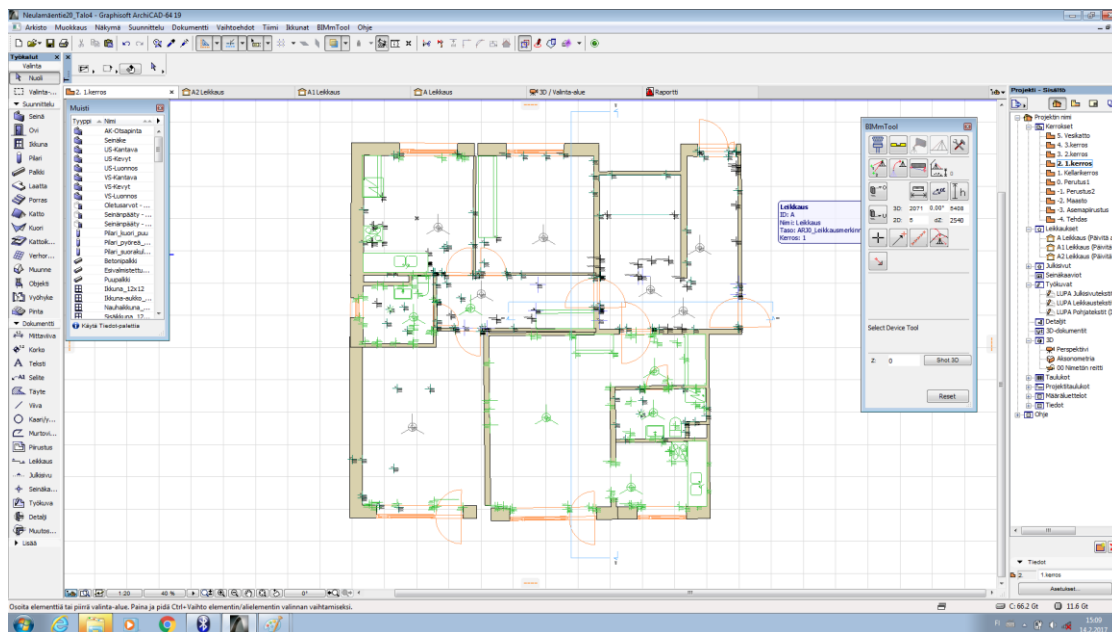
Kuva 10. Havainnollistava 3D-näkymä ensimmäisestä mittausasemasta (LJH). Paisuntasäiliö ja pesuallas ovat mitattu ja samalla mallinnettu paikoilleen (Vepsäläinen 2017)

4.5 Ensimmäisen mittauspäivän päätelmät

Ensimmäisen päivän mittaus aloitettiin tarkasti, koska esimerkiksi radiaattorit, radiaattorien putket ja IV-venttiilien paikat mitattiin inventointimalliin. Mittauksen tarkkuus- ja laajuusaste noudatteli tilaajan antamaa ohjeistusta, mikä määriteltiin inventointimallinnuksen aloituspalaverissa. Ensimmäisessä asuinhuoneistossa ilmantui tekninen ongelma, koska Flexijet 3D ei jostain syystä suostunut rekisteröimään uutta mittausasemaa. Ongelma selvitettiin ottamalla yhteyttä tekniseen tukeen ja käynnistämällä laite ja avaamalla ArchiCAD-inventointimalli uudelleen. Kohteesta ehdittiin mitata yhden päivän aikana 3 asuntoa ja G-rapun kellarikerros puoliksi (kuva 11) ja (kuva 12).



Kuva 11. Ensimmäisen mittauspäivän aikana mitattiin kellarikerros (Vepsäläinen 2017)



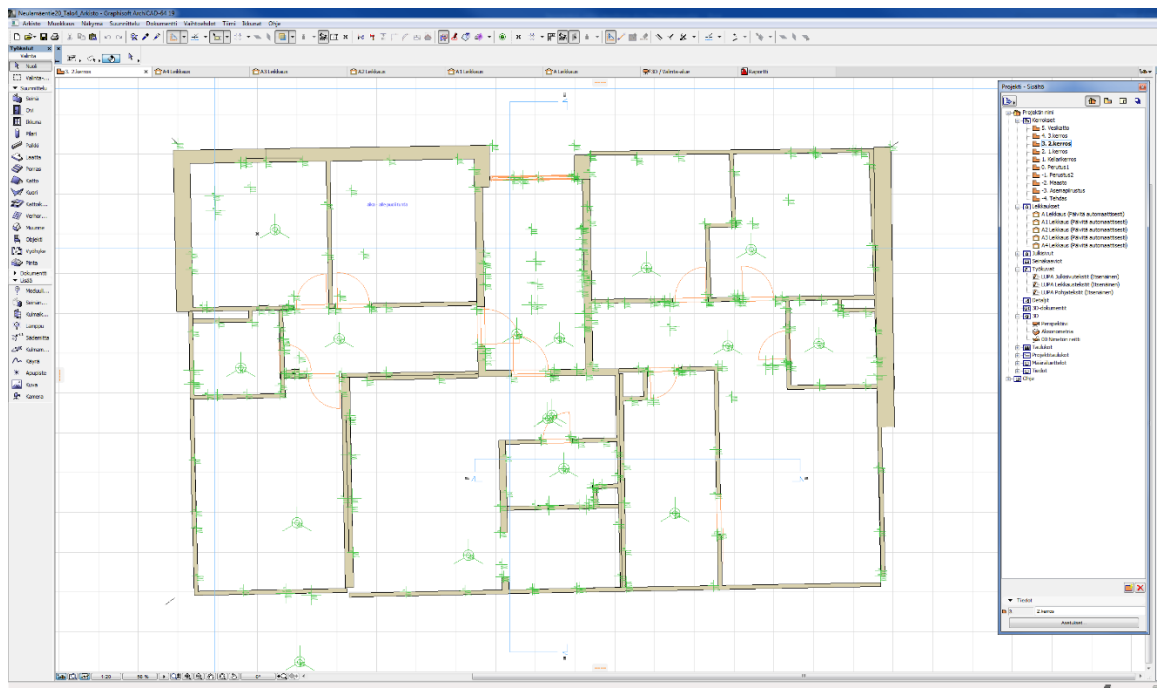
Kuva 12. Ensimmäisen mittauspäivän aikana mitattiin 1. kerros (Vepsäläinen 2017)

4.6 Toinen ja kolmas mittauspäivä

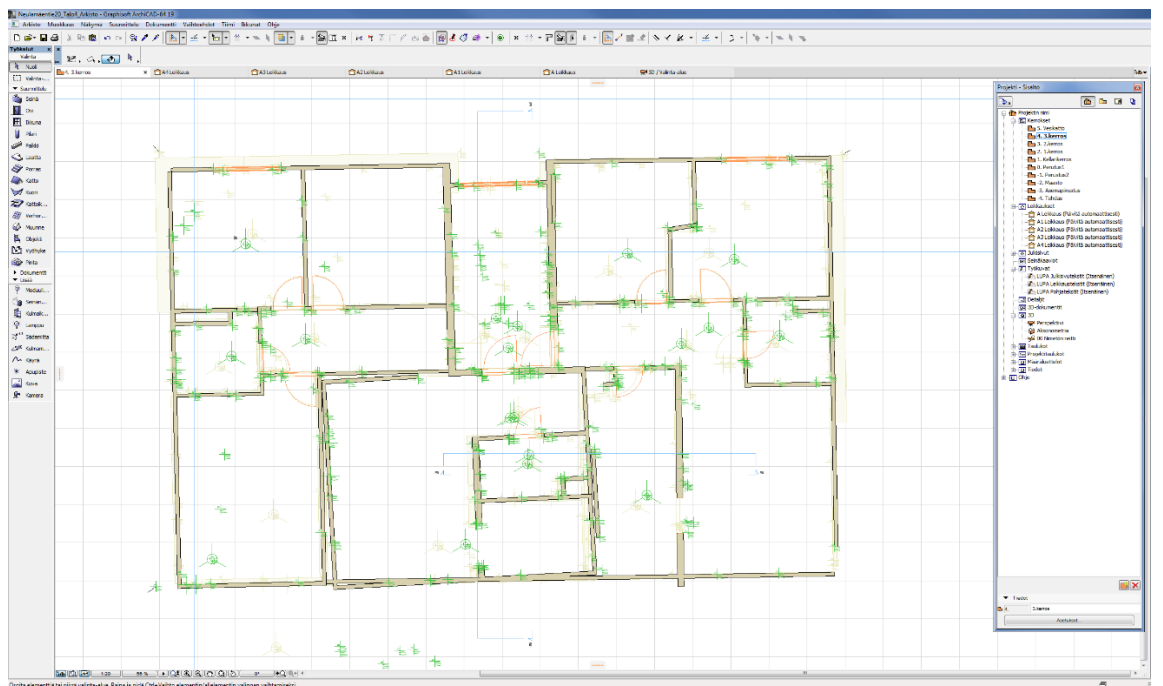
Toisena mittauspäivänä aamupäivällä mitattiin tarkemmin tilaajan ohjeiden mukaan kaksi huoneistoa, osa porrashuoneesta ja loput G-rapun kellarin tiloista. Aamupäivän jälkeen G-rapun kellarikerros ja 1. kerros olivat mitattu. Aamupäivän jälkeen tilaajan kanssa sovittiin, että mittaustyön sisältöä pienennetään niin, että kaikki G-rappuun liittyvät asunnot ehditään mitata loppuun. Iltapäivällä mitattiin 2. kerroksesta G-rapun kaikki 3 asuntoa niin, että ulkoseinät, väliseinät ja aukot mitattiin paikalleen (kuva 13). Koska kyseessä oli vuokra-asuintalo, huoneistojen kiintokalustus oli säilynyt melkein samanlaisena kaikissa asunnoissa 1. kerroksen ja 3. kerroksen välillä. Kiintokalusteita ja -laitteita ei mitattu ja mallinnettu uudelleen 2. ja 3. kerroksessa.

Kolmantena mittauspäivänä aamupäivällä tehtiin ulkomittaus (kuva 2), jolloin ulkoseinien paksuudet ja esimerkiksi räystäskorko saatiin mitattua. Rakennuspaikan tontilta mitattiin joukko pisteitä maanpinnasta, minkä avulla maaston massa saadaan mallinnettu automaattisesti BIMmTool-sovelluksen avulla. Iltapäivällä mitattiin 3. kerroksen asunnot ja porrashuoneen ylin osa (kuva 14). G-rappu ja siihen liittyvät tilat olivat mitattu ja osittain mallinnettu 3. päivän aikana.

G-rapun kellariin liittyi kylmävarasto, jonka todettiin olevan liian ahdas Flexijetillä mittaamista varten. Käytävälle pitää mahtua laitteen kolmijalka sekä kannettava tietokone omalla telineellään. Flexijet-laitetta ei saa heilauttaa mittaustapahtuman aikana, jolloin alle metrin leveä pitkä käytävä on turhan ahdas mittaustyöskentelylle. Lisäksi kylmävaraston seinäpintoja ei ollut juurikaan näkyvissä, koska puuverhotut varastokopit peittivät seinät. Hankalasti mitattavat tilat kannattavat käydä läpi tilaajan kanssa. Asuinkerrostalon tilat, joissa on paljon kapeita käytäviä, ovat todella haastavia mitata 3D-mittaustekniikalla.



Kuva 13. Toisena mittauspäivä mitattiin 2. kerros (Vepsäläinen 2017)



Kuva 14. Kolmantena mittauspäivänä mitattiin 3. kerros (Vepsäläinen 2017)

5 INVENTOINTIMALLINNUS

Kun asuinkerrostalon mittaus on suoritettu, tehdään inventointimallinnus rakennuskohteessa kerätyn 3D-mittausaineiston sekä muiden lähtötietojen pohjalta. Inventointimallinnusvaiheen lopputuloksena on valmis inventointimalli, joka täyttää tilaajan asettamat sisältö- ja tarkkuusvaatimukset ja on laadittu hankkeen tietomallintamista koskevien sopimusten ja ohjeiden mukaisesti. Hankkeesta riippuen valmis inventointimalli voi olla myös suunnittelun lähtötietomalli. Laserkeilauksessa inventointimallinnus on selkeämmin oma vaiheensa prosessissa kuin Flexijet mittauksessa, koska pistepilviä ei voida muuttaa suoraan älykkäiksi rakennusosaobjekteiksi. Flexijetillä mitatut rakennusosat puolestaan ovat valmiiksi parametrisessa ja muokattavassa tilassa ja joihinkin rakennusosiin on liitetty inventointitietoa jo työmaalla.

Flexijetillä mitattaessa inventointimalliin valmiusaste määräytyy sen mukaan, kuinka tarkasti inventointimalliin syötetään sisältöä työmaalla mitattaessa. Inventointitietoa voidaan lisätä nopeasti mitaushetkellä syntyvään tietomalliin irrallisena, kuten teksti-työkaluilla, mutta inventointitietojen kytkeminen tai mallintaminen inventointimalliin suoraan työmaalla on työlästä. Rakennusosat voidaan ainakin teoriassa mitata ja mallintaa valmiina rakennetyypeinä omille kuvatasoilleen sekä saniteetti- ja kiintokalusteet jonkin valmistajan objektkirjaston avulla tilaajan vaatimustason mukaan. Kuitenkin vanhoja rakennuskohteen dokumentteja tarvitaan apuna määriteltäessä rakennetyyppejä sekä huoneilojen käyttötarkoituksia, ja ilman vanhoja rakennekuvia ja pohjapiirustuksia on mahdotonta määrittellä kohteen rakennetyypit inventointimalliin mitaushetkellä: Seinät ovat usein esimerkiksi ylitasoitettuja ja maalattuja, jolloin niiden rakennetta ei voi erottaa päällisin puolin tarkasteltuna.

Geometrialtaan monimutkaisen rakennusosien ja esimerkiksi tontin massa täytyy mitata Flexijetillä yksittäisten mittapisteobjektien avulla. Monimuotoisen rakennusosan massa generoidaan automaattisesti rakennusosaobjektiksi BIMmTool-lisäosan avulla inventointimallista valikoiduista mittapisteobjekteista. Flexijet-mittaamisessa kaikkia rakennusosia ei voida mallintaa järkevästi suoraan mittadatan avulla, kuten portaita, joten tavanomaista hiirellä ja näppäimistöllä tehtävää mallinnustyöskentelyä tarvitaan. Inventointimallintaminen on aikaa vievä vaihe inventointimallinnusprosessissa, joten suurin osa inventointimallintamisesta tehdään vasta mitaustapahtuman jälkeen. Jos tavoitteena olisi tehdä lähes valmis inventointimalli suoraan työmaalla, siihen täytyisi varata moninkertainen määrä aikaa ja resursseja pelkän mittatiedon keräämisen sijasta. Työmaalla joudutaan liikkumaan paljon ja työskentelemään hankalissa asennoissa sekä ahtaissa tiloissa, jolloin saattaa olla miellyttävämpää tehdä inventointimallinnus vasta työmaamittauksen jälkeen.

5.1 Inventointimallin sisältö

Inventointimallin sisällön määrittelyhetkellä tilaajalla ei ollut tarkkaa tietoa siitä, miten laajasti kiinteistöä tullaan korjaamaan. Korjaamisen laajuus selviää vasta kohteen hankesuunnitteluvaiheessa, joka ei ollut alkanut opinnäytetyön tekohetkellä. Osa G-rapun LVI-tekniikasta mitattiin, kuten radiattorit ja runkoputket, mikä tulee kysymykseen vain erityistapauksissa (liite 1).

Kaikkia tilaajan kanssa määriteltyjä rakennusosia ei mitattu G-rapun alueelta, kuten parvekerakenteita. Parvekerakenteiden mittaus olisi vienyt paljon aikaa, koska mittalaitteen siirto parvekkeelle on työlästä ja siirtäminen olisi vaatinut uusien mittausasemien ja tähysten sijoittelua. Parvekkeilla saattaa olla paljon säilytystavaraa, jotka estävät laitteen kolmijalan pystyttämisen parvekkeelle. Laseroptikkaan perustuvaa mittauksia ei voida tehdä parvekkeelle aukeavien ikkunoiden läpi, koska lasersäde taittuu jonkin verran kulkiessaan ikkunalasien läpi.

Toisaalta tilaaja ei kertonut, tullaanko parvekkeita korjaamaan ja missä laajuudessa. Jos parvekerakenteisiin ei tule muutoksia ja parvekeseiniin tehdään esimerkiksi huoltomaalausta, tulisi pohtia, onko parvekerakenteiden 3D-mittaaminen järkevää. Parvekerakenteet voidaan mallintaa käyttäen apuna vanhoja rakenne- ja arkkitehtisuunnitelmia, joiden avulla ko. rakennusosien nurkkapisteiden sijainnit saadaan määriteltyä inventointimalliin riittävällä tarkkuudella.

5.2 Mittauksen laadunvarmistus ja inventointimallin korkeusjärjestelmä

Mittausaineistosta huomattiin, että 2. kerroksen ja 3. kerroksen seinälinjat olivat erilaisessa koordinaatistossa kellarikerrokseen ja 1. kerrokseen verrattuna. Lisäksi kaksi asuinhuoneistoa mitattiin "vinoon" muuhun kerrokseen verrattuna. Mittausaineistossa olevat virheet johtuivat luultavasti mitattaessa käytetyistä tähyksistä: Yleisesti rakennuskohteen Flexijet-mittauksessa käytettiin kahta tähyistä, vaikka suositeltavaa olisi käyttää ainakin kolmea tähyistä. Mittalaitteisto sallii tehdä siirtymät myös kahden tähyksen avulla, jolloin on tärkeää, että tähykset ovat mahdollisimman kaukana toisistaan ja esimerkiksi kahdella vierekkäisellä seinällä. Asuinkerrostalossa on haasteellista sijoittaa tähyksiä tarpeeksi kauas toisistaan, kun mittauksia tehdään kapealla käytävällä tai siirrytään porrashuoneesta asuinhuoneistoon.

Mitta-aineistossa ollut virhe korjattiin käyttämällä 1. kerroksen ulkoseinälinjoja viitelinjoina, joiden mukaan ylemmät kerrokset kohdistettiin. Mittausvirheen korjaaminen oli melko nopea toimenpide, mutta vaikuttaa inventointimallin mittatarkkuuteen, koska absoluuttinen totuus seinien nurkkapisteen sijainnista katoaa seinälinjojen siirtämisen jälkeen.

Flexijet-mittaus tehtiin aluksi 0-korkoon, jolloin kellarikerroksen lattia oli korossa +0,000. Inventointimalli nostettiin ArchiCAD-ohjelmassa vanhojen arkkitehtipiirustusten mukaisten korkoasemaan niin, että 1. kerros on korossa +105,30. Rakennuksen suunnitelmat ovat laadittu 1980-luvun vaihteessa, joten rakennuksen suunnittelukorot ovat todennäköisesti N60-korkeusjärjestelmässä. Inventointimallin voisi sitoa nykyiseen korkeusjärjestelmään (N2000) tarkemmitaamalla esimerkiksi 1. kerroksen korkoasema. N2000-järjestelmän korkolukemat ovat Kuopiossa 380 mm korkeammalla kuin N60-korkeusjärjestelmän korot. Inventointimallissa käytettävä korkeusjärjestelmä tulee sopia yhdessä tilaajan kanssa.

5.3 Talososat (12)

Kohteen talosoiden inventointimallinnusta käydään läpi Talon 2000 -nimikkeistöä käyttäen. Rakennusosien tietomallintamista koskevissa vaatimuksissa käytetään apuna YTV 2012 osan 2 Lähtötilanteen mallinnustehtävät vaiheittain taulukkoa (liite 1). Rakennusosia, jotka mitataan ja mallinnetaan inventointimalliin samalla periaatteella, kuten ulko-ovet ja väliovet, ei käydä erikseen läpi.

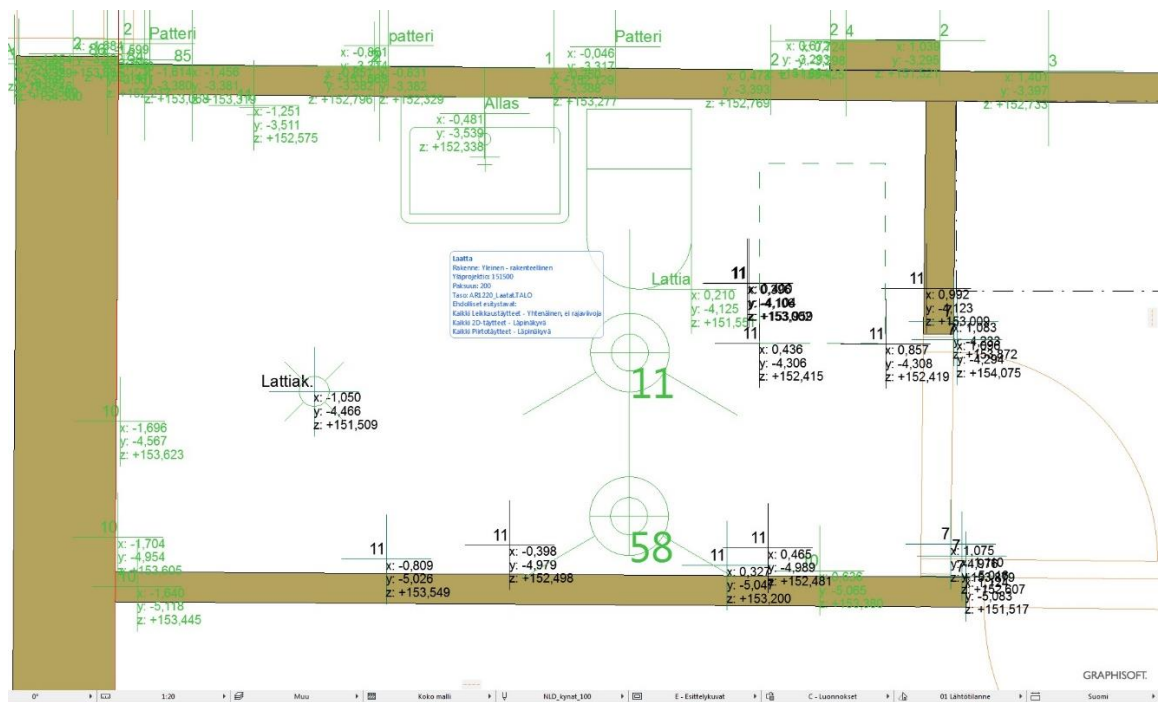
5.4 Perustukset (121)

Perustuksien mallintaminen ei kuulunut tilaajan vaatimukseen. Olemassa olevien perustusten mallintaminen on tarvittaessa rakennesuunnittelijan tehtävä (YTV osa 2).

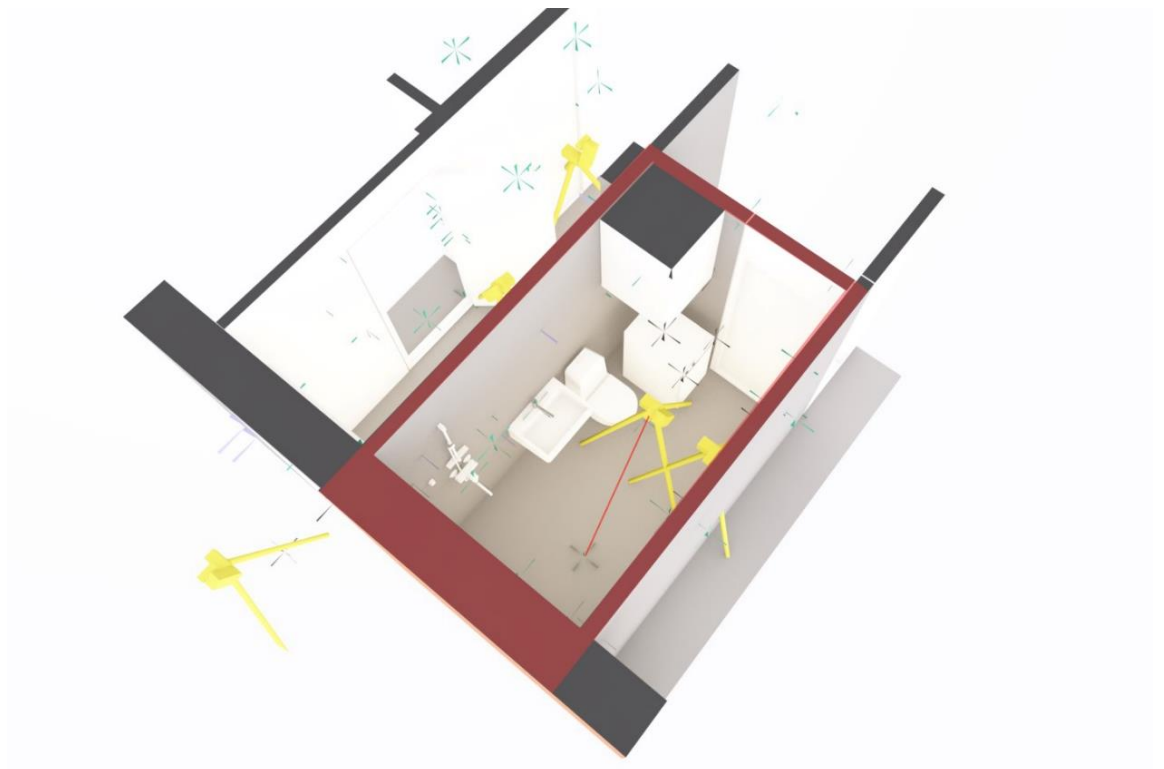
5.5 Alapohjat (122)

Alapohjalaatat mallinnetaan näkyviltä osin (YTV, osa 2). Flexijetillä mitatusta kellarikerroksesta nähdään, onko alapohjalaatan yläpinnan koroissa vaihteluita, esimerkiksi kylpyhuoneissa. Kellarin käytävältä mitattiin täsmälleen sama korko, kuin vanhoissa arkkitehtikuvissa (+151,500). Kellarikerroksen pyörävarastosta mitattiin lattian korkoksi +151,508 ja toisesta asuinhuoneistosta +151,530. Toisen asuinhuoneiston kylpyhuoneessa lattian korko oli wc-istuimen vieressä +151,551 ja lattiakaivon kannen päällä +151,509 (kuva 15) ja (kuva 16). Alapohjalaatasta mitatut pisteet ovat yksittäisiä mittapisteobjekteja, joissa on näkyvillä x-, y-, ja z-koordinaatin arvo sekä ID-arvo. Mittapisteobjektin ID-arvoksi kannattaa määritellä mitattavan rakennusosan kuvaava nimi, kuten "Lattiak" tai "Lattian korko".

YTV:n mallinnusohjeen mukaisesti laattoihin ei mallinneta kallistuksia. Tilaajan kanssa sovittavaksi asiaksi jää, mallinnetaanko alapohjalaattoihin paksuuksien vaihtelut, vai esitetäänkö vaihtelevat korkolukemat tekstein esimerkiksi pohjapiirustuksissa tai erillisessä lattiapiirustuksessa. Alapohjalaatan paksuudeksi määriteltiin 170 mm vanhan rakennetyypin mukaan.



Kuva 15. Kellarikerroksen asuinhuoneiston mitattu kylpyhuone (Vepsäläinen 2018)



Kuva 16. Havainnollistava 3D-näkymä kylpyhuoneen lattiakaivon koron mittaamisesta (Vepsäläinen 2018)

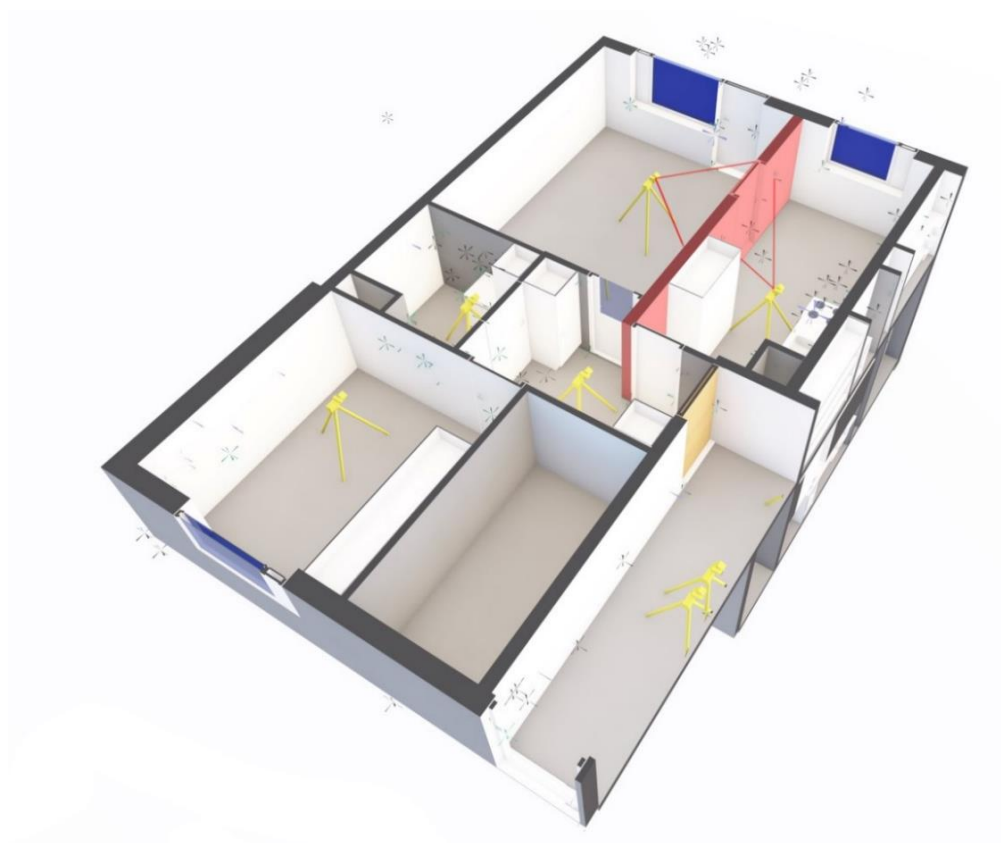
5.6 Runko (123)

Tilaaajan vaatimustason mukaan kaikki runko-osat mitataan ja mallinnetaan. Väestönsuojaa tai pila-reita ei ollut mitattavalla alueella. Palkkeja ei ollut näkyvissä tai palkit olivat seinämäisiä palkkeja. YTV:n mukaan runko-osat mitataan ja mallinnetaan näkyviltä osin.

5.6.1 Kantavat seinät (1232)

Vanhojen rakennekuvien mukaan kantavat seinät ovat paikallavalettuja betoniseiniä paksuudeltaan 150 mm-180 mm. Kantavat seinät mitattiin Flexijetillä ja kantavien seinien paksuuksien vaihtelut inventointimallissa ovat n. 160 mm-185 mm. Kantavat seinät ovat yleisesti merkattu vanhoihin arkkitehtipiirustuksiin 180 mm paksuiksi. Yleisesti seinän mittaamiseen riittää kaksi pistettä mahdollisimman läheltä seinän nurkkia. Seinän paksuuden määrittämiseksi seinä pitää mitata molemmilta puolilta (kuva 16). Seinien paksuuksien vaihteluun vaikuttavat esimerkiksi seinien tasoite- ja pintamateriaalien vaihtelut.

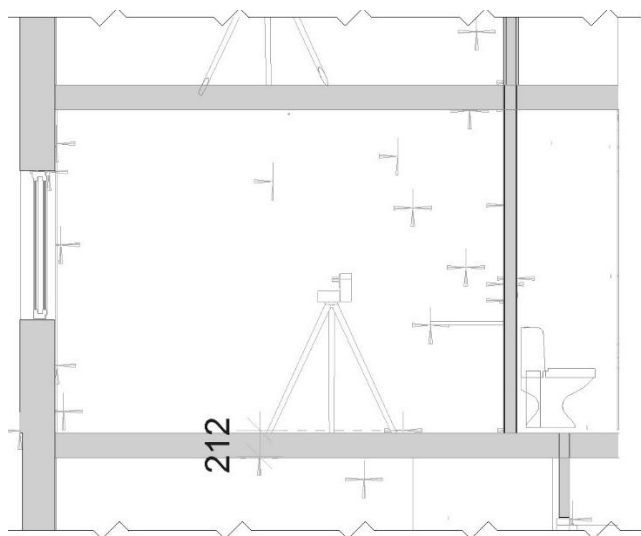
YTV:n mallinnusohjeiden mukaan seinät mallinnetaan käyttäen seinätyökäluä kerroksen lattiapinnasta yläpuolisen holvin alapintaan. Seinien lopullinen korkeus määritellään inventointimallissa alapohja-, välipohja- ja yläpohjalaattojen korkeusasemien mukaan.



Kuva 16. Havainnollistava 3D-näkymä kantavan seinän mittaamisesta (Vepsäläinen 2018)

5.6.2 Välipohjat (1235) ja yläpohjat (1236)

Välipohjien paksuudet mitattiin kahden mittapisteen avulla niin, että välipohjan alapinnan korko mitattiin alemmasta kerroksesta ja yläpinnan korko ylemmästä kerroksesta. Laattojen paksuudet vaihtelivat 210 mm-225 mm välillä (kuva 17). Vanhan rakennetyypin mukaan välipohjat ovat 190 mm paksuja paikallavalettuja teräsbetonilaattoja, joiden yläpinta on tasoitettu ja pinnoitettu muovimatolla. Huonekorkeudet olivat yleensä hyvin lähellä 2 600 mm ja kerroskorkeudet lähellä 2 800 mm. Rakennetyypin paksuus on todennäköisesti n. 200 mm ja paksuuksien vaihteluun vaikuttavat esimerkiksi lattian tasoite ja pintamateriaalien vaihtelut.



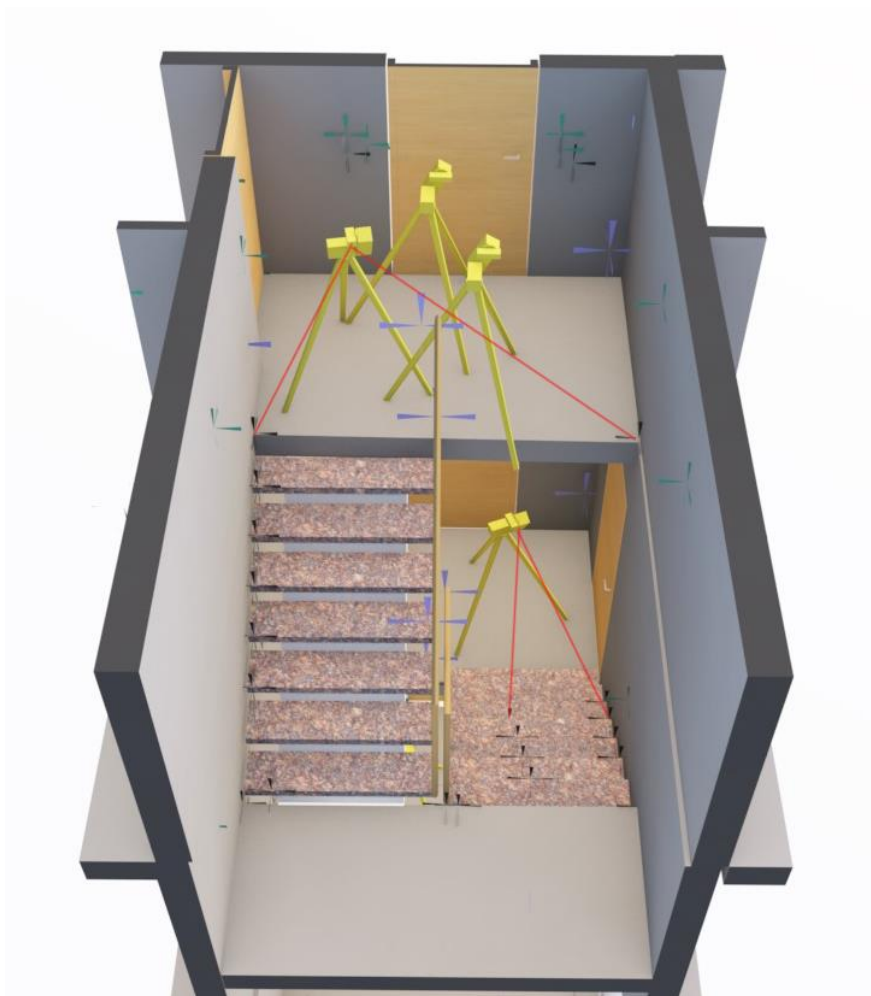
Kuva 17. Välipohjien paksuuden mittaus (Vepsäläinen 2018)

Välipohjalaatat mallinnetaan rajautumaan YTV:n ohjeiden mukaan ulkoseinien sisäpintaan ja laattoihin ei pääsääntöisesti mallinneta kallistuksia. Rakennus mallinnetaan kerroksittain ja kerroksen lattiatasona oleva välipohja mallinnetaan mukaan kerrokseen. Kerroksen kattona oleva välipohja mallinnetaan ylempään kerrokseen. Kuten muutkin laattamaiset rakennusosat, välipohjat mallinnetaan inventointimalliin käyttäen laattatyökalua.

Yläpohjan paksuus selvitetään vanhan rakennetyypin perusteella ja yläpohjan alapinnan korko mitattiin 3. kerroksesta. Vanhan rakennetyypin mukaan yläpohjan kantava osa on 190 mm paksu teräsbetonilaatta ja laatan päällä on 230 mm lämpöeristettä. Laatan yläpintaan tukeutuu vesikaton kantava puurunko (liite 4).

5.6.3 Runkoportaat (1237)

Runkoportaiden syöksyt ja lepotasolaatat mitattiin. Portaan etenemä on 270 mm ja nousu 175 mm. Kaiteen korkeus on n. 1 000 mm porraskelman yläpinnasta mitattuna. Välitasolaattojen paksuus oli 200 mm ja välitasolaattojen etureunan sijainti mitattiin inventointimalliin (kuva 18). Portaiden osalta Flexijetillä mitattiin yksittäisiä mittapisteobjekteja, joiden avulla portaat mallinnettiin. YTV:n ohjeiden mukaan portaat mallinnetaan porrastyökalulla, ja lepotasot voidaan tarvittaessa mallintaa omina laattoinaan.



Kuva 18. Havainnollistava 3D-näkymä runkoportaiden mittaamisesta (Vepsäläinen 2018)

5.7 Julkisivut (124)

Ulkoseinien paksuuksien mittaamista rakennuskohteessa kokeillaan, kun rakennusta mitataan ulkona ja ulkomittaus yhdistetään samaan koordinaatistoon sisämittauksen kanssa. Jotta ulkomittaus saadaan yhdistettyä sisämittaukseen, asetetaan tähykset ulko-oven viereen sisäkäytävälle. Ulko-ovea pidetään auki ja ulkomittausasema saadaan rekisteröityä mittaamalla lasersäteet sisäkäytävän tähyksiin (kuva 19).

Ikkunat ja ulko-ovet mitattiin rakennuksen sisältä, jolloin päästään mittamaan tarkemmin ikkunoiden ja ovien karmimitat ja ikkunapenkkien syvyydet. Julkisivussa olevien ikkunoiden ja ovien monistuvuuden takia aukkoja ei mitattu pääsääntöisesti uudelleen toisessa ja kolmannessa kerroksessa. Julkisivuvarusteiden mittaamisesta ei sovittu tilaajan kanssa ja varusteita ei mitattu inventointimalliin.



Kuva 19. Ulkoseinien paksuuden mittaaminen (Vepsäläinen 2017)

5.7.1 Ulkoseinät (1241)

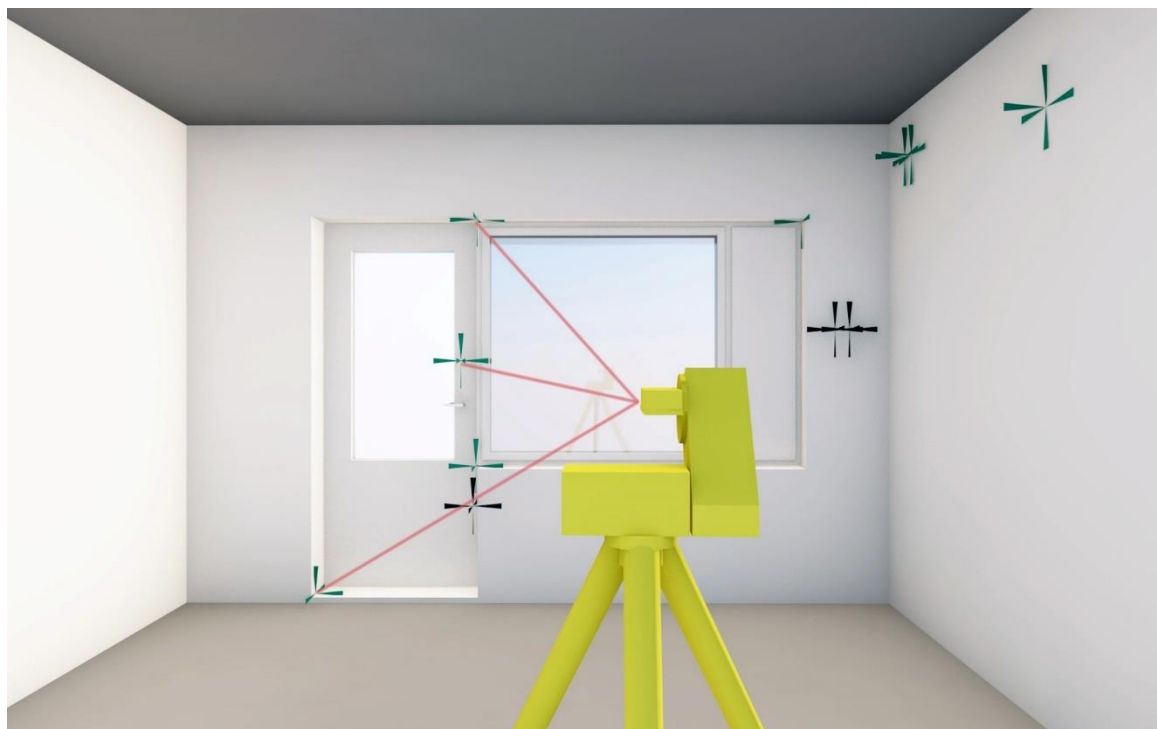
Rakennuksen pitkillä sivuilla ulkoseinien materiaalit ja materiaalivahvuudet ovat vanhan rakennetyypin mukaan 85 mm julkisivutiili, 125 mm lämpöeriste ja 70 mm teräsbetoni. Rakennuksen päädyissä kantavilla linjoilla ulkoseinien materiaalit ja materiaalivahvuudet ovat vanhan rakennetyypin mukaan 85 mm julkisivutiili, 125 lämpöeriste ja 150 mm teräsbetoni. Mittauksen perusteella ulkoseinien paksuudet todetaan olevan hyvin lähellä rakennetyyppien paksuuksia. Mittauksessa oli muutamien millimetrin eroja rakennetyyppeihin verrattuna – jossain kohti ulkoseinät mitattiin hieman ohuemmiksi ja jossain kohti hieman paksummiksi vanhaan rakennetyypiin verrattuna.

YTV:n ohjeiden mukaan ulkoseinät mallinnetaan soveltaen kerroskorkeuden mukaisesti käyttäen seinätyökälyä. Ulkoseinien tyyppitietojen tulee olla sellaisessa muodossa, että IFC-tiedonsiirrossa voidaan ulkoseinät erottaa sisäseinistä. Yleensä ulkoseinän mallintaminen Talon 2000 -nimikkeistöä käyttäen omalle kuvatasolle on riittävä tyyppitieto erottamaan rakennusosat toisistaan. (katso esimerkiksi YTV osa 3, 17.)

5.7.2 Ikkunat (1242) ja ulko-ovet (1243)

Ikkunat ja ulko-ovet voidaan mitata kahden pisteen avulla, toinen piste mitataan karmin vasemmas- ta alareunasta ja toinen piste karmin oikeasta yläreunasta. Ikkunoista mitataan tarvittaessa ikkuna- penkin syvyys, ja ovien aukeamissuunta mitataan mittaamalla yksi piste lattiasta siltä puolelta, jolle

ovi aukeaa. Jos ovi on kiinni, voidaan aukeamissuunta määritellä mittaamalla piste oven painikkeen puolelta (kuva 20). Ovet ja ikkunat mallinnetaan käyttäen ovi- ja ikkunatyökaluja.



Kuva 20. Havainnollistava 3D-näkymä ikkunoiden ja ovien mittaamisesta ja mallintamisesta (Vepsäläinen 2018)

Ikkunat ja ovet päästään harvoin mittaamaan todellisten karmimittojen mukaan, koska listoitukset tai pellitykset peittävät karmen liittymäkohdan seinärakenteeseen. Todellista inventointitietoa ikkunoiden ja ovien koosta on haastavaa saada ilman rakenteiden avaamista. Käytännössä ikkunoista ja ovista arvioidaan karmen nurkkapisteen sijainti tai mitataan asennusaukon koko, mikä ei vastaa ikkunan todellista valmistusmittaa. Kuvassa 20 olevan ikkunan karmimitoiksi mitattiin 1 776 mm x 1 378 mm, josta voidaan päätellä, että ikkunan valmistusmitat ovat todennäköisesti 1 790 mm x 1 390 mm ja liittymämitat ovat 18 M x 14 M (modulia).

5.8 Ulkotasot (125)

Parvekkeita ei mitattu inventointimalliin Flexijet 3D -laitteella. Parvekkeet mallinnetaan käyttäen apuna vanhoja arkkitehti- ja rakennesuunnitelmia. G-rapun sisäänkäynnin yhteydessä oleva katos mitattiin inventointimalliin (kuva 21). Mallintamisen tarkkuustasona ulkotasoissa- ja katoksissa on YTV:n mukaan taso 1, jolloin ko. rakennusosien sijainti ja geometria mallinnetaan sopimusten mukaan ja rakennusosat nimetään kuvaavasti. Katos voidaan mallintaa vesikatto-työkalulla ilman kallis- tuksia tai esimerkiksi laattana, jolloin elementin luokittelutiedoksi pitää valita katto.

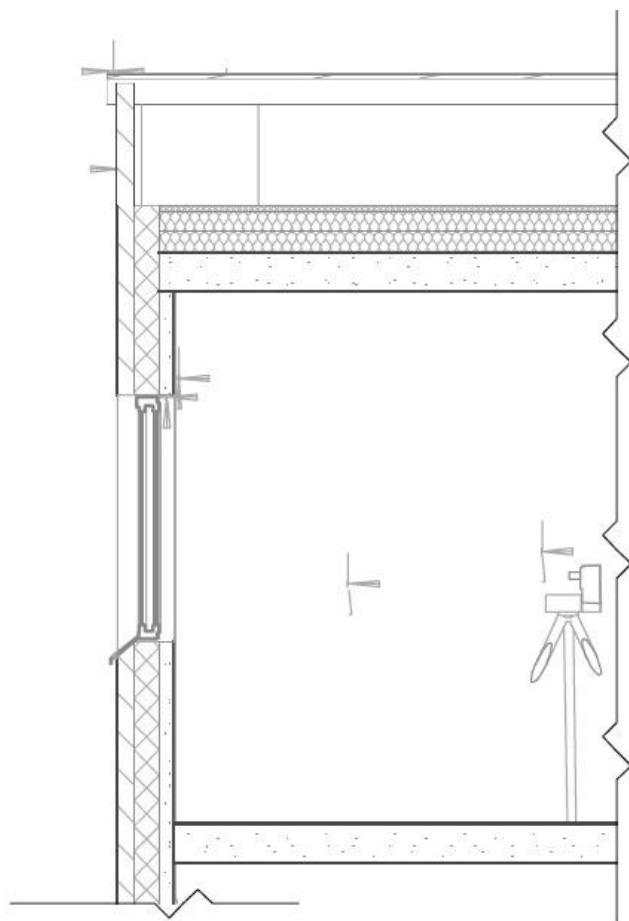


Kuva 21. Havainnollistava 3D-näkymä ulkokatoksen mittaamisesta (Vepsäläinen 2018)

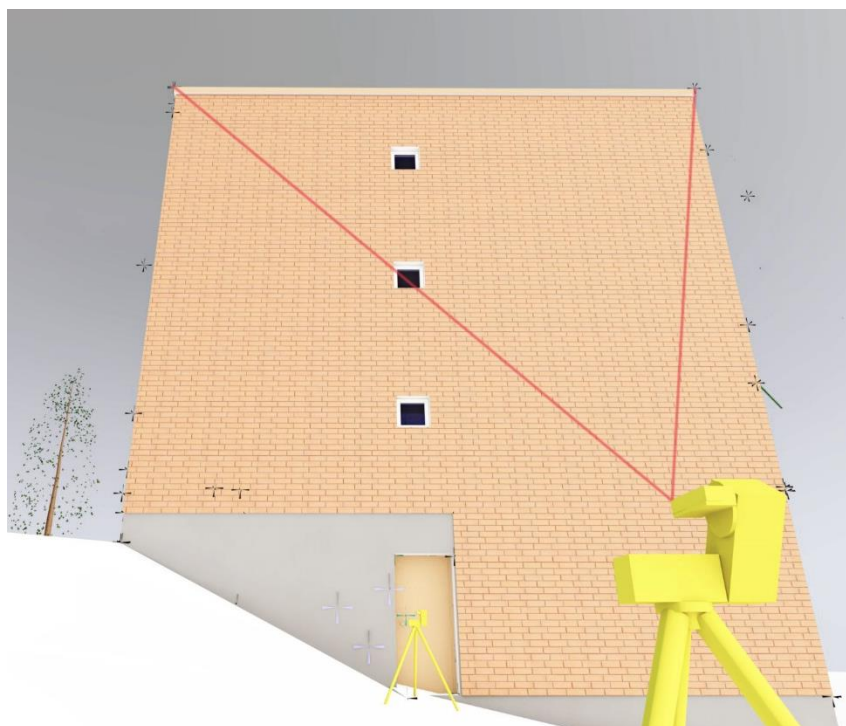
5.9 Vesikatot (126)

Vesikattorakenteet mallinnetaan käyttäen apuna vanhaa yläpohjan rakennetyyppiä ja rakennuksesta mitattua räystäskorkoa (kuva 22). Räystäsrakenteita ei mallinneta tarkemmin inventointimalliin, mutta räystään ulkonema ulkoseinän pinnasta mallinnettiin ja mitattiin inventointimalliin. Räystäsrakenteiden mallinnus on yleensä erikseen tilaajan kanssa sovittava tehtävä.

Flexijet 3D -laitteella on haastavaa mitata kohteita, jotka ovat kaukana mittausasemasta ja joiden lähelle ei pääse tarkkailemaan lasersäteiden sijaintia (kuva 23). Vesikattovarusteita ei sovitettu mallinnettavaksi tilaajan kanssa. Lasikattorakenteita, kattoikkunoita tai luukkuja ei havaittu mitattavalla alueella.



Kuva 22. Yläpohja ja vesikattorakenteet inventointimallissa (Vepsäläinen 2018)



Kuva 23. Havainnollistava 3D-näkymä räystäään mittaamisesta (Vepsäläinen 2018)

5.10 Tilaosat (13)

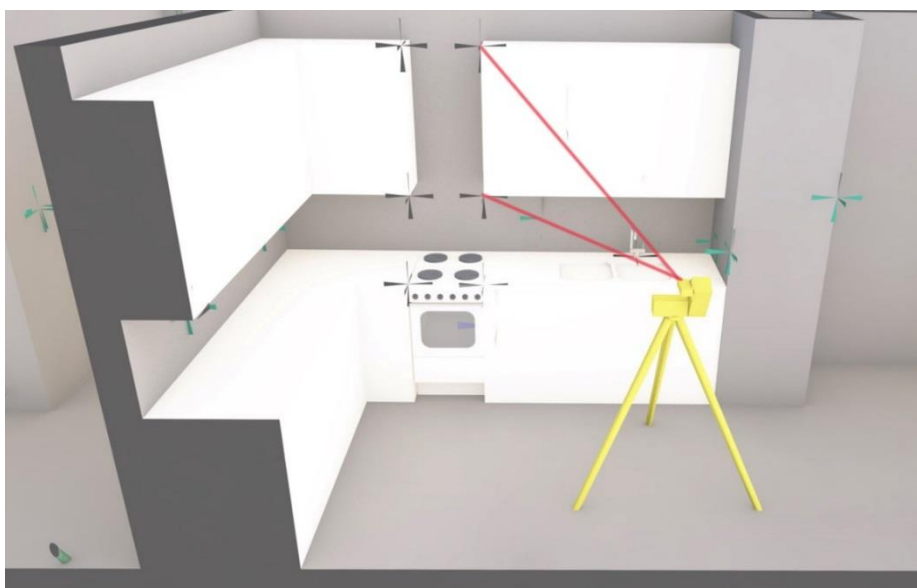
Tilaosien mittauksesta ja mallinnuksesta sovittiin tilaajan kanssa niin, että saniteettikalusteet mallinetaan LVI-kalusteobjektien avulla ja keittiökaluusteet sekä muut kiintokalusteet mallinetaan tilavarauksina luukuun ottamatta vesipisteitä ja liesiä. Rakennusosien nurkkapisteiden mittausta on tilaajan yleinen mittausohje, joten väliseinät, kaiteet ja väliovet sisällytetään inventointimalliin.

5.10.1 Tilan jako-osat (131)

Väliseinät (1311) mitataan Flexijet 3D -laitteella kuten kantavat seinät. Väliseinien paksuudeksi mitattiin yhdessä huoneistossa 74 mm huonetiloiissa sekä 86 mm märkätiloissa. Vanhan rakennetyypin mukaan kevyet väliseinät ovat joko 68 mm paksuja betonielementtejä tai 65 mm paksuja kalkkihiek-katiiliseiniä. Märkätiloissa väliseinissä ovat tasoitekerrokset sekä seinälaatat ja muissa huonetiloiissa tasoitekerrokset ja mahdollisesti tapetointi, mikä lisää väliseinärakenteen paksuutta. Väliseinät mallinetaan inventointimalliin kuten kantavat seinät, mutta eroteltuna omalle kuvatasolle. Väliovet (1315) mitataan inventointimalliin kuten ulko-ovet ja kaiteita (1314) ei ollut mitattavalla alueella luukuun ottamatta runkoportaan kaiteita, jotka mallinetaan runkoportaan objektiin.

5.10.2 Tilavarusteet (133)

Vakiokiintokalusteet (1331) mallinetaan inventointimalliin tilaajan ohjeen mukaan pääosin tilavarauksina, jolloin kalusteiden nurkkapisteet mitataan mittapisteobjektien avulla ja mallinetaan seinätyökalulla (kuva 24). Seinätyökaluilla mallinnettuihin keittiökaluusteisiin pitää lisätä oikea elementin luokittelu, joka on kaluste. Saniteettikalusteet (1336) mallinetaan LVI-kalusteobjektien avulla. Kalusteobjektien mittaaminen ja mallintaminen suoraan ArchiCAD-malliin on haastavaa, koska objektin kohdistuspiste tietomallinnusohjelmassa saattaa olla eri paikassa kuin mitattu lasersäteiden piste saniteettitilassa.



Kuva 24. Havainnollistava 3D-näkymä keittiökaluusteiden mittauksesta ja mallinnuksesta (Vepsäläinen 2018)

6 TULOKSET JA POHDINTA

Inventointimallinnusprosessi 3D-mittausaineistojen avulla on monivaiheinen prosessi, jossa mittaus- ja mallinnustyön laajuus ja tarkkuus kannattaa sopia tilaajan kanssa tarkasti ennen töiden aloittamista. 3D-mittalaitteet paljastavat rakennuksen rakennusosien pienimmätkin vinoumat ja kaltevuudet. Valmis inventointimalli sisältää kaikkien rakennusosien mitatut tarkat nurkkapisteen, jolloin esimerkiksi pohjapiirustuksissa seinien kulmat eivät ole täysin suorakulmaisia ja lähes kaikki seinät poikkeavat suorakulmaisesta koordinaatistosta. Tilaajan kanssa tulisi pohtia etukäteen, voidaanko suunnittelu aloittaa absoluuttiseen tarkkuuteen pyrkivillä piirustuksilla. Jos rakennusosien linjat muutetaan suorakulmaisiksi, menetetään mittatarkkuutta, mutta suunnitelmien pohjalta on nopeampaa jatkaa suunnittelua: Uudet rakennusosat saadaan mallinnettua suorakulmaisina, ja vinojen muotojen sekä kaltevuuksien käsittely inventointimallinnusvaiheessa on työlästä ja saattaa aiheuttaa ongelmia esimerkiksi mallinnesubjektien liittymissä. Mittatarkka inventointimalli saattaa olla mallinneteknisesti mahdotonta mallintaa ns. oikein, koska muutamia millimetrejä eri kohdissa olevat ulkoseinäelementit eivät ole täydellisesti päällekkäin kerroksittain ja samalle rakennetyypille saadaan eri huoneistoissa muutamia millimetrejä erilaisia paksuuksia. Absoluuttiseen tarkkuuteen pyrkivä inventointimalli saattaa aiheuttaa turhia häiriöitä tietomallien analysointiin tarkoitetuissa ohjelmissa ja esimerkiksi energiasimuloinneissa. Jos inventointimalli on tarkoitus mallintaa käyttäen vanhoja rakennetyyppejä, tulisi pohtia, täytyykö seinien paksuuksia todella mitata jokaisesta huoneistosta ja mitä seinien paksuuksien toteumamittauksella ylipäätään saavutetaan.

3D-mittauksen laajuuteen ja tarkkuuteen asuinkerrostalokohteessa vaikuttaa olevan rakennuksen lähtötietojen tarkkuus. Neulamäentien talo 4:n osalta huomattiin, että rakennusosien paksuuksien ja sijaintien mittaus oli suurimmilta osiltaan olevan tilanteen varmistelua. Esimerkiksi ulkoseinien paksuudet olivat mittauksen perusteella lähes samat rakennetyypeissä ilmoitettuihin paksuuksiin (liite 4), ulkoseinien paksuuksissa havaittiin muutamien millimetrien eroja, mikä saattaa selittyä pelkästään mittalaitteen omasta virhemarginaalista. Tilaajalle lähetettiin pohjapiirustusvertailu, jossa kellarikerroksen ja 1. kerroksen vanhoja pohjakuvia verrattiin Flexijet 3D-mittauksen tuloksena saatuun inventointimalliin. Vertailussa huomattiin, että hormien mitat ja väliovien sijainnit olivat ns. silmin nähtävä ero vanhoihin pohjapiirustuksiin verrattuna. Vanha pääpiirustusleikkaus koko rakennuksesta oli lähes yhtenevä Flexijet-mittauksen lopputuloksena saatuun inventointimallin leikkauskuvaan verrattuna. Jos rakennuskohteesta on saatavilla kattavasti rakenneleikkauksia, rakennetyypit ja esimerkiksi moduulimitoitettut työpiirustus pohjat, ei koko asuinrakennuksen 3D-mittaus ole järkevää.

6.1 Inventointimallinnusprosessi ja Flexijet 3D

Opinnäytetyössä selvitettiin ja visualisoitiin inventointimallinnuksen prosessikaavio, joka syntyi yhdistelemällä työssä käytettyjä lähdeaineistoja ja opinnäytetyön tekijän omia näkemyksiä. Prosessikaaviossa on pelkistettynä inventointimallinnuksen vaiheet. Todellisuudessa prosessin vaiheet limittyvät keskenään ja inventointimallinnusprosessi ei ole välttämättä yksi tapahtuma, jossa prosessin toimenpiteet etenevät tarkassa järjestyksessä ylhäältä alas. Puutteellinen tehtävämäärittely tilaajan kanssa vaikuttanee inventointimallinnusvaiheeseen: Mitä rakennusosia mallinnetaan vanhojen dokumenttien perusteella ja mitä rakennusosia mallinnetaan todelliseen mittatietoon perustuen? Milloin seinän vinouma on niin merkittävä, että se mallinnetaan? Päästäätkö kaikki tilat mittaamaan ja onko kaikkien tilojen mittaus järkevää? Tilaajan kanssa pitäisi selvittää, mitä rakennuskohteessa tullaan korjaamaan ja missä laajuudessa, silloin 3D-mittaus voidaan kohdistaa vain tarpeellisille osille rakennusta, muutoin koko rakennuksen 3D-mittaus sekä ajan että resurssien hukkaamista.

Mittaus- ja mallinnustyön tehtävämäärittelyssä tilaajan kannattaa käyttää apuna YTV:n inventointimallintamista koskevia dokumentteja. Mittauskohteessa oli opinnäytetyön tekohetkellä käynnissä hankesuunnitteluvaihe, jossa inventointimalli laaditaan YTV:n ohjeen mukaan tasoon 1. Tason 1 inventointimalliin eivät välttämättä sisälly esimerkiksi väliseinät ja inventointimalli on yleensä tilamallitasoinen. Tilaaja ehdotti mitattavaksi esimerkiksi talotekniikkaan liittyviä osia, mikä tulee kysymykseen tason 3 inventointimallissa. Tason 3 inventointimalli laaditaan YTV:n ohjeiden mukaan yleensä monimuotoisissa kohteissa, joissa on rakennussuojelullisia vaatimuksia.

Kun asuinrakennus mitataan Flexijet 3D:llä, noudattelee inventointimallinnusprosessi samaa kaaviota kuin laserkeilaus. Kuitenkin prosessissa välttyään tiedostotyyppien konvertoinnilta, koska mittauksen lähtötietoaineisto on yhteensopiva tietomallinnusohjelman kanssa. Työmaalla tehtävä mittaus on enemmän mittatietomallin laadintaa, kuin inventointimallinnusta, koska todellista inventointitietoa on haastava mallintaa mittaushetkellä asuin kerrostalokohteessa. Rakennetyypit täytyy varmistaa vanhoista dokumenteista ja esimerkiksi tilavyöhykkeet ovat haastava mallintaa mittaushetkellä, koska alustava inventointimalli on puutteellinen eivätkä Flexijetillä mitatut seinät yhdisty toisiinsa automaattisesti. Työmaalla ei kannata merkitä jokaista mallinnettavaa huoneisto-ovea erikseen tammiviilupintaiseksi huoneiston palo-oveksi, vaan inventointitietoa kannattaa syöttää keskitetysti mittatietomalliin, kun inventointimallin laadintaa jatketaan toimisto-olosuhteissa. Flexijet-mittaaminen, tähyksien asemointi, mitta-aineiston laadunvarmistus mittaushetkellä ja inventointitietojen kerääminen ja syöttäminen tietomalliin yhtä aikaa työmaalla on haasteellista, varsinkin kun mitataan laajempia asuin kerrostalokohteita. Yhtä aikaa hallittavia asioita tulee liikaa, varsinkin silloin, kun mittausta suorittaa yksi henkilö. Jos asuinhuoneistot ovat kalustettuja ja asuttuja, aiheuttaa käyttöympäristö omat haasteensa mittaukselle: Rakennuksen 3D-mittaus on tarkkuutta vaativaa työtä, jossa kaikki mahdolliset häiriötekijät pitäisivät minimoida.

6.2 Flexijet 3D:n lisäarvo ja laitteiston tulevaisuus

Flexijet 3D on lähtökohtaisesti järkevämpi valinta geometrialtaan yksinkertaisten asuinkerrostalojen mittaamiseen kuin laserkeilaus. Jos tarvittava lähtötieto on selvittää tasaisen alakaton korkeus ja materiaali, ei ole tarkoituksenmukaista laserkeilata katosta tuhansia yksittäisiä mittapisteitä. Asuinkerrostalon keittiön inventointimallintamisen lähtötiedoiksi riittävät kalusteiden nurkkapisteet sekä vesipisteiden että liesiuunien sijainnit. Joidenkin saneerauksien yhteydessä on tarpeellista selvittää, onko keittiön seinäkaapeissa yläsokkelilevyjä. Lähtötietojen tarkkuuden vaatimustaso asuinkerrostalokohteissa on yleensä vähäinen ja tarkkaa mittausta tarvitaan vain tietyiltä osin rakennusta, mihin Flexijet 3D soveltuu hyvin.

Flexijet 3D -mittauksessa asuinkerrostalon inventointi- ja mittaustapahtumaan tulee johdonmukaisuutta: Ensin käydään läpi seinien mittaaminen sekä mallinnus ja sitten siirrytään mallintamaan ikkuna- ja oviaukkoja sekä kalusteita. Katon ja lattian korkopisteet mitataan viimeiseksi tilasta. Tilaan liittyvät rakennusosat tulee tarkastettua mittaustapahtuman edetessä ja vältytään siltä, että huomion herpaantuessa tärkeitäkin asioita saattaa jäädä pois inventointimallista. Lähtötietojen tarkkuuden vaatimustason ollessa vähäinen, voidaan Flexijet-mittauksessa rajata joitakin rakennusosia mittauksen ulkopuolelle tai kohdistaa tarkempi mittaaminen vain tietyille rakennusosille. Opinnäytetyössä pyrittiin turhaan siihen, että kaikki G-rappuun liittyvät rakennusosat saataisiin mitattua ja mallinnettua Flexijet-avusteisesti. Paras lopputulos asuinkerrostalon inventointimallin kannalta saavutetaan, jos inventointimalliin yhdistetään vanhaa ja uutta mittatietoa sekä täydennetään vanhoja rakennuskohteen tietoja uusien havainnointien perusteella.

Mittatiedot tallentuvat ArchiCAD-malliin mittaushetkellä ja mittaustapahtuman edetessä täydentyvä ArchiCAD-malli on tehokas työväline mittaus- ja inventointitietojen säilyttämiseen. Mittatietomalliin voidaan kirjata joitakin inventointitietoja teksteillä sekä mallintaa laitteiden ja kalusteiden nurkkapisteitä. Kiintokalusteiden mallinnustavan voi valita myöhemmin: Tarvitaanko kalusteita mallintaa objekteina tai esimerkiksi seinä-työkälulla. Flexijetin yhteys tietomallinnusohjelmaan tukee hyvin inventointimallinnusprosessia, kun vältytään tiedostotyyppien konvertoinnilta.

Flexijet 3D:stä on tulossa pian markkinoille toisen sukupolven versio, jossa langaton bluetooth-yhteys korvataan WiFi-yhteydellä. Uuden sukupolven versiossa on kosketusnäyttö, jonka avulla lasersäde saadaan kohdistettua tarkemmin kaukana olevaan kohteeseen. Uutta Flexijet 3D:tä voi edelleen ohjata moottoroidusti, mutta kauko-ohjaimen käytön tarve vähenee, mikäli kosketusnäyttöä voidaan havainnoida tarkemmin lasersäteen liikkeitä. Näytöltä voitane valita pikakomennoilla, mitä rakennusosaa halutaan mitata. Mikäli Flexijet 3D:n ja kannettavan tietokoneen välillä tarvittava työskentely automatisoituu entisestään, saadaan mittaustapahtuma tehokkaammaksi. Bluetooth-yhteyden ylläpitämiseen tarvitaan USB-lisälaitteita, jotta signaalin voimakkuus ei häiriinny. WiFi-yhteyden avulla ylimääräisistä komponenteista päästään eroon ja mittalaitteiston käyttökuntoon asentaminen helpottuu. Uudessa Flexijetissä on myös sisäänrakennettu kamera ja mikrofoni, joiden avulla voidaan tallentaa monipuolisesti inventointitietoja mittaustapahtuman aikana.

LÄHTEET

AHONEN, Pauli 2015. Laserkeilaus, laserkeilausmittauksen suorittaminen ja pistepilven käsittelyohjelmien vertailu. Saimaan ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Sijainti: Theseus-tietokanta.

HÄMÄLÄINEN, Katja 2016. Saneerauskohteen mittaus ja mallinnus. Savonia-ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Sijainti: Theseus-tietokanta.

HIETALA, Mikko, HUOVARI, Janne, KALEVA, Hanna, LAHTINEN, Markus, NIEMI, Jessica, RONIKONMÄKI, Niko-Matti, VAINIO, Terttu. 2015. Asuinrakennusten korjaustarve. Helsinki: Pellervon taloustutkimus PTT.

LIIMATAINEN, Aki 2010. Rakennusten 3D-mittaus ja pistepilven prosessointi jatkosuunnittelua varten. Savonia-ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Sijainti: Theseus-tietokanta.

LAURILA, Topias 2017-07-11. ArchiCAD 20 ja pistepilvet [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Mikko Vepsäläinen. Saatavissa: Sweco Rakennetekniikka Oy.

ROIVAS, Mika 2014. Laserkeilauksen hyödyntäminen inventointimallin valmistuksessa. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Sijainti: Theseus-tietokanta.

Rakennustieto. Laserkeilausmittaus ja rakennuksen inventointimalli [verkkodokumentti, PDF]. 2004 [viitattu 2018-03-18]. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK090701.pdf>

Tietovuoto.fi. [verkkosivusto]. 2015 [viitattu 2018-03-18] Saatavissa: <http://www.tietoa.fi/> Polku: Tietoa.fi. Tietovuoto: Korjausrakentamisen riskejä voi hallita tietomallintamisella.

YTV OSA 1 yleinen osuus versio 1.0 RT 10-11066 [online]. Helsinki: Rakennustieto. [viitattu 2018-02-10] Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/tuote.html.stx?RANEget=/index/haku&tuote=/108093>

YTV OSA 2 lähtötilanteen mallinnus versio 1.0 RT 10-11067 [online]. Helsinki: Rakennustieto [viitattu 2018-02-10] Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/tuote.html.stx?RANEget=/index/haku&tuote=/108094>

YTV OSA 3 arkkitehtisuunnittelu versio 1.0 RT 10-11068 [online]. Helsinki: Rakennustieto [viitattu 2018-02-10] Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/tuote.html.stx?RANEget=/index/haku&tuote=/108095>

LIITTEET

LIITE 1: Mittauksen ja inventointimallintamisen tehtävänmäärittelylomake

LIITE 2: Tietomalliselostus ja lähtötietomallin tarkastuslomake

LIITE 3: Ote inventointimallinnuspalaverin pöytäkirjasta tilaajan kanssa

LIITE 4: Rakennuskohteen rakennetyyppejä

LIITE 1. Mittauksen ja inventointimallintamisen tehtävämäärittelylomake

INV		Liite 1: Mittauksen ja inventointimallinnuksen tehtävämäärittelylomake		<i>Esimerkkikuvaus tietosisällöstä</i>	
Projektitiedot		Kohde		mitataan	
Päiväys	pp.kk.vvvv	Ryömintätila	on	x	
Projekti:	Projektin nimi	kerroksia	4	x	
Projektipäällikkö	Etinimi Sukunimi	Ullakko	on	x	
		Laajuus:	brm2, sisältää kellarin, ryömintätilan ja ullakon		
Lähtötiedot tilaajalta		tiedostomuoto			
Olemassa olevat arkkitehtisuunnitelmat kuvatiedostoina	x	esim. plt, tif, jpg tai pdf			
Olemassa olevat arkkitehtisuunnitelmat CAD-tiedostoina	x	esim. dwg, Archicad tai Revit			
Olemassa olevat rakennesuunnitelmat kuvatiedostoina	x	esim. plt, tif, jpg tai pdf			
Olemassa olevat rakennesuunnitelmat CAD-tiedostoina	x	esim. dwg			
Tilojen numerointi ja nimeämishojeet	x				
Muut					
Käytettävä mittausmenetelmä		mittaustarkkuus			
Taso1 - Laserkeilausmittaus	x	kohina max ±10mm, mittapisteeet alle 5mm välein			
Piha-alueiden kartoitus	x				
Muu paikalla tehtävä mittaus	x	Lattiakivojen kartoitus			
Mallin täydennys vanhojen suunnitelmien pohjalta					
Mittauksen lopputuote		tiedostomuoto			
Laserkeilausmittauksen pyörähdyskuvat ja pyörähdyskuvaindeksi	x	jpg			
Laserkeilausmenetelmän pistepilvimalli	x	esim. imp tai pts			
Mitattavat pyörähdyskuvat	x	esim. LFM Netview tai Leica True View			
Lopputuotteet hankesuunnitteluvaiheessa		tiedostomuoto / huomautus			
Tontin malli	x	esim. IFC 2x3 ja Autocad Architecture 2012			
Inventointimalli Taso1 - Tilamalli	x	esim. IFC 2x3 ja Autocad Architecture 2012			
Mittauspiirustukset	x	pdf (ja tarvittaessa CAD tiedostoina esim. dwg)			
Tontin kartoituspiirustus	x	pdf ja dwg			
Pohjapiirustukset	6kpl	Kerrostasojen korkomerkinnot, tilalitterat			
Leikkauspiirustukset	2kpl	Kerrostasojen korkomerkinnot			
Julkisivupiirustukset	4kpl	Maanpinnan, räystäiden, ja harjan korkeudet			
Vesikattopiirustus	1kpl	Räystäiden, ja harjan korkeudet			
Muut					
Lopputuotteet Ehdotussuunnitteluvaiheessa		tiedostomuoto / huomautus			
Tontin malli	x	esim. IFC 2x3 ja Archicad 14			
Inventointimalli Taso2 - Rakennusosamalli	x	esim. IFC 2x3 ja Archicad 14			
Mittauspiirustukset	x	pdf ja dwg			
Tontin kartoituspiirustus	x	esim. Archicad			
Pohjapiirustukset	6kpl	Laattojen ala- ja yläpintojen ja alakattojen korkomerkinnot, tilalitterat			
Leikkauspiirustukset	2kpl	Laattojen ala- ja yläpintojen ja alakattojen korkomerkinnot			
Julkisivupiirustukset	4kpl	Maanpinnan, räystäiden, ja harjan korkeudet			
Vesikattopiirustus	1kpl	Räystäiden, ja harjan korkeudet			
Muut					

INV

Liite1: Mittauksen ja inventointimallinnuksen
tehtävämäärittelylomake

Esimerkkipuuvaus tietosisällöstä

Projektitiedot		Kohde		mitataan	
Päiväys	pp.kk.vvv	Ryömintätila	on	x	
Projekti:	Projektin nimi	kerroksia	4	x	
Projektipäällikkö	Etuimi Sukunimi	Ullakko	on	x	

Terveystyö ja hankesuunnittelu

Ehdotus- ja yleisuunnittelu

Toteutus suunnittelu

Rakentamisen valmistelu

Rakentaminen

Käyttönotto

Muu

x=kyllä (x)= määritellään hankekohtaisesti

Inventointimallin tarkkuustaso eri hankevaiheissa	Ha	Eh	To	Rav	Rak	Kä	
Taso1 - Tilamalli	x						
Taso2 - rakennusosamalli	(x)	x	(*)		(*)		(*) Mahdolliset täydennysmittaukset
Taso3 - rakennusosamalli		(x)	(*)		(*)		

Optiot	Ha	Eh	To	Rav	Rak	Kä	
Osallistuminen inventointimallinnuksen määrittelyyn	(x)	(x)					
Panoraamavalokuvat	(x)	(x)					jpg
Inventointimallin konvertointi arkkitehdin ohjelmistomuotoon	(x)	(x)					
Huonetilainventointi	(x)						
Rakennushistoriaselvitys	(x)						
Haitta-ainekartoitus	(x)						
Raportit	(x)						esim. Tilaluettelo inventointimallista
Muu							

Havainnollistamistehtävät	Ha	Eh	To	Rav	Rak	Kä	
Visualisoinnit							
Ilmakuvat	(x)	(x)					
Ulkokuvat	(x)	(x)					
Sisäkuvat	(x)	(x)					
3D animaatiot	(x)	(x)					
Muu havainnollistaminen							esim. tilakaaviot

Koordinaatisto	Ha	Eh	To	Rav	Rak	Kä	
Maantieteellinen koordinaatisto		*	*				* Siirtokoordinaatit kunnan koordinaatistoon
Suunnittelun koordinaatisto	x	x	x	x	x	x	Korkeusasema kunnan korkeusjärjestelmässä

Taso 1 - Tilamalli

Taso2 - rakennusosamalli

Taso3 - rakennusosamalli

Lähtötilanteen mallinnustehtävät vaiheittain	Taso 1 - Tilamalli	Taso2 - rakennusosamalli	Taso3 - rakennusosamalli	Mallinetaan x=kyllä (x)= määritellään hankekohtaisesti
Tilat ja sijainnit				huomautus
Laajuustiedot				
Pinta-alat (tilaobjekteissa)				
Kerrosala [kem2]				
Bruttoala [brm2]				
Huoneistoala [htm2]				
Huoneala [hum2]		x	x	x
Hyötyala [hym2]				
Asuntoala [asm2]				
Tilavuudet (tilaobjekteissa)				
Rakennuksen tilavuus				
Huoneen tilavuus		x	x	x
Huonetilat (tilaobjekteissa)				
Tilaohjelmaan kuuluvat tilat		x	x	x
Tilaohjelmaan kuulumattomat tilat		x	x	x
Sijainnit				
Rakennuksen sijainnit				
Rakennuksen kerrokset		x	x	x
Huoneistot ja osastot				
Lohkot				
Termitiset vyöhykkeet				
Paloalueet				

INV

Liite1: Mittauksen ja inventointimallinnuksen tehtävämäärittelylomake

Esimerkkikuvaus tietosisällöstä

Projektitiedot		Kohde		mitataan	
Päiväys	pp.kk.vvv	Ryömintätila	on	x	
Projekti:	Projektin nimi	kerroksia	4	x	
Projektipäällikkö	Etu nimi Sukunimi	Ullakko	on	x	

Lähtötilanteen mallinnustehdävät vaiheittain Talo 2000	kohde	Taso 1 - Tilamalli	Taso2 - rakennusosamalli	Taso3 - rakennusosamalli	Tontin kantotus	Mallinnetaan x=kyllä (x)= määritellään hankekohtaisesti huomautus
113 Päälysteet	Liikennealueet			x		x
	Paikoitusalueet			x		x
	Oleskelualueet			x		x
	Leikkialueet			x		x
	Pintavesien poistojärjestelmä					
	Säilytettävä kasvillisuus	x	x	x		x
114 Aluevarusteet	Talovarusteet			x		(x)
	Oleskeluvarusteet			x		(x)
	Leikkivarusteet			x		(x)
115 Auerakenteet	Pihavarastot		x	x		x
	Katokset		x	x		x
	Terassit		x	x		x
	Tukimuurit		x	x		x
	Aidat ja muurit		x	x		x
	Altaat		x	x		x
	Ajoluiskat		x	x		x
	Portaat		x	x		x
	Muut tontin malliin vaadittavat tiedot					

INV

Liite1: Mittauksen ja inventointimallinnuksen tehtävämäärittelylomake

Esimerkkinä kuvaus tietosisäilöstä

Projektitiedot		Kohde	mitataan	
Päiväys	pp.kk.vvvv	Ryömintätila	on	x
Projekti:	Projektin nimi	kerroksia	4	x
Projektipäällikkö	Etuimi Sukunimi	Ullakko	on	x

Lähtötilanteen mallinnustehtävät vaiheittain	Talo 2000	kohde	Taso 1 - Tilamalli	Taso2 - rakennusosamalli	Taso3 - rakennusosamalli	Mallinnetaan x=kyllä (x)= määritellään hankekohtaisesti huomautus
12 Talo-osat						
121 Perustukset						
		121 Perustukset				olemassa olevien perustuksien mallintaminen tarvittaessa rakennesuunnittelijan tehtävä
122 Alapohjat						
		1221 Alapohjalaatat	(x)	x	x	näkyviltä osin
		1222 Alapohjakanaalit	(x)	(x)	(x)	
123 Runko						
		1231 Väestönsuojat	(x)	x	x	
		1232 Kantavat seinät	(x)	x	x	
		1233 Pilarit	(x)	x	x	
		1234 Palkit	(x)	x	x	
		1235 Välipohjat	(x)	x	x	
		1236 Yläpohjat	(x)	x	x	
		1237 Runkoportaat	(x)	x	x	
124 Julkisivut						
		1241 Ulkoseinät	x	x	x	
		1241 Reliefit ja koristeaiheet			x	
		1242 Ikkunat, asennusaukko	(x)			
		1242 Ikkunat, karneineen ja puitteineen		x	x	
		1243 Ulko-ovet, asennusaukko	(x)			
		1243 Ulko-ovet, karneineen		x	x	
		1244 Julkisivuvarusteet			x	
125 Ulkotasot						
		1251 Parvekkeet	(x)	x	x	
		1252 Katokset	(x)	x	x	
		1253 Eryliset ulkotasot	(x)	x	x	
126 Vesikatot						
		1261 Vesikattorakenteet		x	x	
		1262 Räystäsraakenteet			x	
		1263 Vesikatteet	x	x	x	
		1264 Vesikattovarusteet			x	
		1265 Lasikattorakenteet		x	x	
		1266 Kattoikkunat ja -luukut		x	x	
13 Tilaosat						
131 Tilan jako-osat						
		1311 Väliseinät		x	x	
		1312 Lasiväliseinät		x	x	
		1313 Erylisväliseinät		x	x	
		1314 Kaiteet		x	x	
		1315 Väliovet		x	x	
		1316 Erylisovet		x	x	
		1317 Tilaportaat		x	x	
132 Tilapinnat						
		1321 Lattioiden pintarakenteet			x	
		1323 Sisäkattorakenteet		x	x	
		1325 Seinien pintarakenteet			x	
133 Tilavarusteet						
		1331 Vakiokiintokalusteet		x	x	
		1332 Erytskiintokalusteet		(x)	x	
		1333 Varusteet			x	
		1334 Vakiolaitteet			x	
		1336 Saniteettikalusteet	(x)	x	x	
		1337 Saniteettivarusteet			x	
134 Muut tilaosat						
		1341 Hoitotasot ja kulkurakenteet			x	
		1342 Tulisijat ja savuhormit	x	x		Näkyviltä osin ulkopuolelta

INV

Liite 1: Mittauksen ja inventointimallinnuksen tehtävämäärittelylomake

Esimerkkikuvaus tietosisällöstä

Projektitiedot		Kohde	mitataan	
Päiväys	pp.kk.vvv	Ryömintätila	on	x
Projekti:	Projektin nimi	kerroksia	4	x
Projektipäällikkö	Etinimi Sukunimi	Ullakko	on	x

Lähtötilanteen mallinnustehtävät vaiheittain	Tasot			Mallinnetaan x=kyllä (x)= määritellään hankekohtaisesti Tekniikkaosien mallinnus vaaditaan vain erikoistapauksissa
	Taso 1 - Tilamalli	Taso2 - rakennusosamalli	Taso3 - rakennusosamalli	
2 Tekniikkaosat				
21 Putkiosat				
Putkiosat tilavarauksena			(x)	
Putkiosat			(x)	
22 Ilmanvaihto-osat				
Ilmanvaihto-osat tilavarauksena			(x)	
Ilmanvaihto-osat			(x)	
23 Sähköosat				
Valaisimet			(x)	
Sähköhylyt			(x)	
25 Laiteosat				
251 Siirtolaitteet				
2511 Hissit			x	Hissikulujen mittaus ja mallinnus
2512 Kujettimet			(x)	
252 Tilalaitteet				
2521 Keittiölaitteet			(x)	
2522 Pesulalaitteet			(x)	
2523 Väestönsuojalaitteet			(x)	
2522 Pesulalaitteet			(x)	

LIITE 2. Tietomalliselostus ja lähtötietomallin tarkastuslomake

Yleiset Tietomallivaatimukset 2012

Osa 2, Lähtötilanteen mallinnus

Liite 2

Tietomalliselostus	
Havainnollistuskuva kohteesta	
Suunnittelukohde	
Suunnitteluvaihe	
Tietomalliselostuksen päiväys	
Muutospäiväys	
Yritys	
Tietomalliyhteyshenkilö	
Yhteyshenkilön sähköpostiosoite	
Yhteyshenkilön puhelinnumero	
Kohteen vastuuhenkilö	
Kohteen projektipäällikkö	
Käytettävät ohjelmistot	
Lisätietoja, huomioita yms.	
Mittauksen kuvaus	
Mittausmenetelmä	
Mittautarkkuus	
Mittausajankohta	xx.xx.2012
Poikkeamat mittausmäärittelystä	1. 2.
Mitta-aineiston toimitusmuoto	• •
Muuta huomioitavaa	
Mallinnuksen kuvaus	
Mallinnuksen mittayksikkö	mm
Koordinaatisto	Inventointimalli on mallinnettu projektikoordinaatistoon. Projektikoordinaatiston kuvaus.
Korkeusjärjestelmä	Inventointimalli on xx korkeusjärjestelmän mukaisessa todellisessa korkeusasemassa
Origo	Kuvaus origon sijainnista
Siirtokoordinaatit	Vastinpisteet projektikoordinaatiston muunnosta varten
Kerrostien korkeusasemat	1. kerros + 10.00 2. kerros +14.00
Lähtötietojen alkuperä	Lähtötietojen alkuperän kuvaus
Mallin tarkkuus	Yleisten Tietomallivaatimusten, Osan 2, Liitteen 1 mukainen
Poikkeukset tarkkuustasosta:	1. ...
Tiedostojen nimeämisperiaatteet	
Rakennusosien nimeämisperiaatteet	
Käytetty tasojärjestelmä	
Mallin tietosisältö	Yleisten Tietomallivaatimusten Osan 2, Liitteen 1 mukainen
Poikkeamat mallinnuskäytännöstä	1. ...
Muuta huomioitavaa	

Paikka:	
Aika:	
Tarkastaja:	
Kohde:	
Versio:	
Version päiväys:	

	Kunnossa	Puutteita	Ei relevantti	Kommentit
Lähtötietomallin tarkastuslomake				
Tietomalliselostus				
Mallit sovittuina tiedostoformaateina (IFC ja muut sovitut tiedostot)				
Mittaustulokset vastaavat mitattua rakennusta				
Malli vastaa mittausdokumenteja (pistokoe)				
Koordinaatisto on sovitun mukainen				
Sovittuja kuvatasoja on käytetty				
Kerrokset on määritetty				
Rakennusosat ja tilat on määritelty kerroksittain				
Sovitut/vaatimusten mukaiset tilat ja rakennusosat on mallinnettu (Osa 2, Liite X)				
Rakennusosat on mallinnettu oikeilla työkaluilla				
Sovittuja rakennusosatyyppejä on käytetty				
Mallissa ei ole ylimääräisiä rakennusosia				
Mallissa ei ole sisäkkäisiä tai tuplarakennusosia				
Mallissa ei ole merkittäviä komponenttien välisiä leikkauksia				
Tilojen korkeus on mallinnusvaatimusten mukainen				
Tilat kohtaavat ympäröivät seinät ja muut objektit				
Tiloja ei ole päällekkäin				
Sovitunmukaisia tilatunnisteita on käytetty				

Allekirjoitus:

LIITE 3. Ote inventointimallinnuspalaverin pöytäkirjasta tilaajan kanssa



MUISTIO

2 (2)

1.2.2017

Mittaustyön tarkkuus

Inventoitaviksi rakennusosiksi sovittiin:

- Seinät, niiden fyysiset mitat ja seiniin liitettävät pintatiedot esim. tapetit
- Kiinteät rakennusosat yleensä
- Lattioiden korkovaihtelut ja lattian pintamateriaalin perustasosta (muovimatto) poikkeavat pinnat. Poikkeava pintatieto syötetään laattaobjektiin.
- Lattiakaivot
- LVI-kalusteet
- Ovi- ja ikkuna-aukotukset
- Lämpöpatterit ja runkoputket
- Keittiökalusteet varauksina, liesi ja vesipiste objekteina
- Yhteistiloista lattiakaivot, tarkastusluukut sekä ovi- ja ikkuna-aukotukset

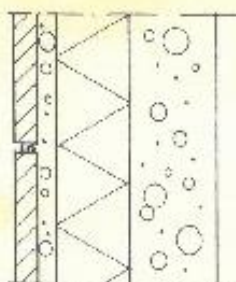
Lisäksi huoneistot, joissa on poltettu tupakkaa, tulisi merkitä inventointimalliin. Merkintä voidaan tehdä esim. huoneiston tilaobjektiin.

Inventointimallin hyödyntäminen

Mallinnus tehdään Archicad-ohjelmistolla. Mallista voidaan luovuttaa IFC-tiedosto Niiralan Kulmalle jatkosuunnittelua varten, myös Archicad-natiivimalli luovutetaan. Natiivimalli helpottaa jatkosuunnittelua, jos suunnittelutoimistolla on käytössään sama ohjelma. IFC-tiedostoformaatti on yleisformaatti eri 3D-suunnitteluohjelmien välillä.

Tietomalliin lisätty tieto on luovutettavissa jossain määrin myös DWG-tiedostoina, mikäli jatkosuunnittelua ei tehdä tietomallintamalla.

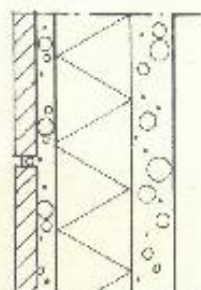
LIITE 4. Rakennuskohteen rakennetyyppejä

ULKOSEINÄ 1 (PÄÄTYSEINÄ)

ULKOAPÄÄN -LUKTIEN:

- 60 mm TILILAATTAPINTAINEN BETONI
- 120 mm JÄYKKÄ MINERAALIVILLA
- 150 mm BETONI
- TASOITE

$$k = 0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$$

ULKOSEINÄ 2 (SIVUSEINÄ)

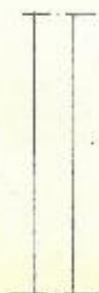
ULKOAPÄÄN -LUKTIEN:

- 60 mm TILILAATTAPINTAINEN BETONI
- 120 mm JÄYKKÄ MINERAALIVILLA
- 70 mm BETONI
- TASOITE

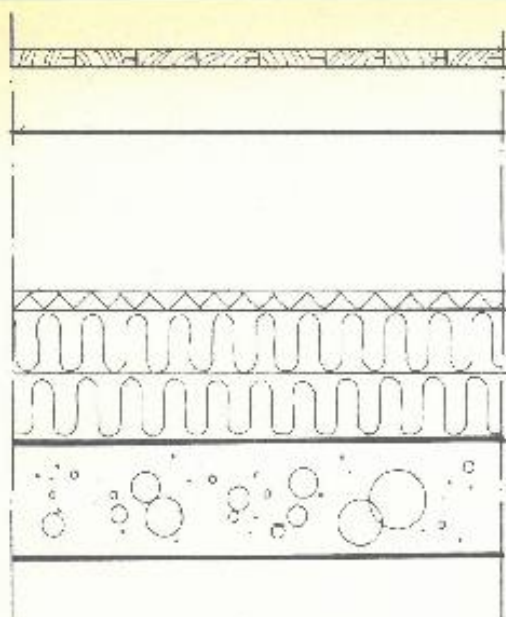
$$k = 0,31/\text{W}^2\text{m}^2\text{K}$$

HJONEISTOJEN VÄLISET SEINÄT

- 160 mm BETONI TASOITE MOLEMMILLA PUOLILLA
- Ia 52dB

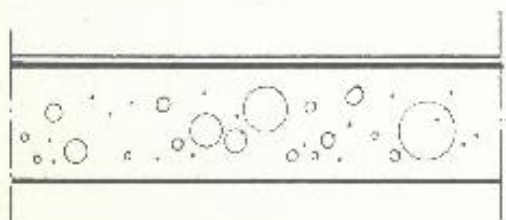
KEVYET VÄLISEINÄT

- 60 mm BETONIELEMENTTI TAI
- 65 mm KALKKIRIEKKATIILI



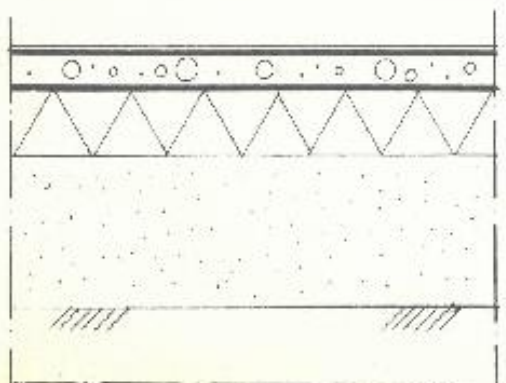
YLÄPOHJA, VESIKATTO

- 2-KERT. HUCPAKATE
- 20x95 RAAKAPONNITILAUDOTTUS
- PUURUNKO SELKAPUUT K 900
- 30 mm TUULISUOJALEVY
- 2x100 mm MINERAALIVILLA
- 190 mm TERÄSBETONILAATTA
- RUISKUTETTU TASOITE
- $k\text{-arvo} = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$



VÄLIPOHJA

- HUCPAROIJAINEN MUOVIMATTO
- TASOITE
- 190 mm TERÄSBETONILAATTA
- RUISKUTETTU TASOITE
- $\alpha_0 = 54 \text{ dB}$



ALAPOHJA

- LATTIAPÄÄLLELYSTE TAI MAALAUS
- 60 mm TERÄSBETONILAATTA
- 100 mm VAAHOTUOYLEVY
- I-KFILLARIT LOISSA 70 mm I, ULKO-
- SFINILLA 1m LEVY 50 mm
- LISÄERISTYS
- MUOVI
- SORASTUS VAH. 250 mm
- $k\text{-arvo} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$