

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus

Matti Sipola

PIENTALON TALOTEKNIIKAN TIETOMALLI JA VR-MALLI

Opinnäytetyö
Toukokuu 2019



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2019
Talotekniikka

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä(t)
Matti Sipola

Nimeke
Pientalon talotekniikan tietomalli ja VR-malli

Toimeksiantaja
Karelia-amk

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja pohtia tietomallintamista ja virtuaalimallintamista talotekniikan ja tarkemmin LVI-tekniikan näkökulmasta. Työssä käydään läpi tietomallintamisen ja virtuaalimallintamisen laitteistot, ohjelmat ja tekovaiheet.

Karelia-ammattikorkeakoulun rakennustekniikan kesäharjoittelijat olivat rakentaneet pientalon rakennemallin ja virtuaalimallin, johon oli tarkoitus suunnitella talotekniikan LVI-puolen osuus, johon kuuluivat tietomalli ja virtuaalimalli. Tähän omalta osaltani kuului Ilmanvaihdon, lämmityksen, vesi- ja viemäriosoisuuden suunnittelu ja mallintaminen. Työssä oli tarkoitus käydä läpi mitä tietomallintamien ja virtuaalimallintaminen on ja miten tietomallinpohjainen suunnittelu ja virtuaalimallin teko tapahtui pientalokohteessa.

Tietomallintaminen tulee kasvamaan ja olemaan iso osa suunnittelua. Sen hyödyt ja mahdollisuudet ovat paljon suuremmat kuin sen aloittamisen vaikeus ja kustannukset. VR-mallilla on vielä matkaa läpilyöntiin, mutta potentiaali on suuri.

Kieli
suomi

Sivuja 50
Liitteet 10
Liitesivumäärä 19

Asiasanat

BIM, tietomalli, VR-malli, virtuaalimalli, TATE, LVI, talotekniikka, virtuaalitodellisuus



THESIS
April 2019
Degree Programme in Building Services Engineering
Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author (s)
Matti Sipola

Title
HVAC BIM Model and Virtual Model of a detached house

Commissioned by
Karelia UAS

Abstract

The purpose of this thesis was to design and consider BIM modeling and virtual modeling from the perspective of building services and more specifically from the view of HVAC. The thesis deals with hardware, software and the phases of BIM modeling and virtual modeling

Karelia University of Applied Sciences summer interns have built a small house structure model and a virtual model, where the HVAC part includes the BIM model and a virtual model. The author's part was design and model the ventilation, heating, water and sewage systems. The purpose of the project was to go through what BIM modeling and virtual modeling is about, and how to design BIM model and virtual model for a small house.

BIM modeling will increase and will be a big part of engineering planning. Its benefits and opportunities are much greater than the difficulty and the cost of starting it. The VR model still has some distance to breakthrough, but the potential is great.

Language

Finnish

Pages 50

Appendices 10

Pages of Appendices 19

Keywords

BIM, VR model, virtual model, plumbing, building technology, virtual reality

Sisältö

1	Johdanto	1
2	Rakennuksen tietomallintaminen	2
2.1	Tietomallintaminen Suomessa	3
2.2	Yleiset tietomallivaatimukset ytv2012	4
2.3	Tietomallin ulottuvuudet	4
2.3.1	2D-malli	5
2.3.2	3D-malli	5
2.3.3	4D-malli	5
2.3.4	5D-malli	6
2.3.5	6D-malli	6
2.3.6	7D-malli	6
2.4	Tietomalliselostus	7
2.5	Tietomallin käyttö rakennusprojektissa ja sen eri vaiheissa	7
2.5.1	Suunnittelu	8
2.5.2	Rakentaminen	11
2.5.3	käyttö ja ylläpito	12
2.6	Talotekniikan tietomallintaminen	13
2.6.1	Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaihe	14
2.6.2	Toteutussuunnitelmavaihe	14
2.1	Tietomallintamisen hyödyt TATE-näkökulmasta	15
2.2	Tietomallinnuksen ohjelmistot ja tiedon siirto	17
2.2.1	IFC	17
2.2.2	suunnitteluohjelmistot	18
2.2.3	Mallien katselu- ja tarkasteluohjelmat	20
3	VR-mallintaminen	21
3.1	Virtuaalitodellisuus ja VR-lasit historiasta nykypäivään	21
3.2	VR-malli tai virtuaalimalli	23
3.3	Virtuaalimallien tarkastelu	24
3.3.1	HTC Vive ja SteamVR	24
3.3.2	Unity pelimoottori	25
4	Pientalon tietomallintamisen LVI-osuus	26
4.1	Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaihe	27
4.2	Toteutussuunnitelmavaihe	28
4.2.1	Ilmanvaihtojärjestelmä	29
4.2.2	Lämmitysjärjestelmä	32

4.2.3 Käyttövesiverkostot.....	35
4.2.4 Viemäriverkostot	36
4.2.5 TATE-järjestelmien yhdistelmämalli	38
4.1 Järjestelmien tietosisältö.....	40
4.2 IFC-mallit järjestelmästä	41
5 Pientalon virtuaalimallin LVI-osuus	42
5.1 Virtuaalimallin luominen.....	43
5.2 Virtuaalimallin tarkastelu.....	45
6 Pohdinta.....	46
Lähteet.....	49

Liitteet

Liite 1. tietomallinnuksen tavoitteiden määrittelyn ja ohjelmistohankintojen pohjamalli.

Liite 2. lämpöhäviöt

Liite 3. Tietomalliselostus ilmanvaihto

Liite 4. Tietomalliselostus Lämmitysjärjestelmä

Liite 5. Tietomalliselostus Käyttövesijärjestelmä

Liite 6. Tietomalliselostus Viemärijärjestelmä

Liite 7. Ilmanvaihdon määräluettelo

Liite 8. Ilmanvaihdon tuloilman tasapainotus

Liite 9. YTV2012 osa 4 liitteen 1. LVI osuus

Liite 10. Pientalon pohjakuvat

1 Johdanto

Tietomallipohjainen suunnittelu on viimeisen vuosikymmenen aikana muuttanut arkkitehtuuria ja talotekniikan suunnittelua suuresti. Vielä 40 vuotta sitten taloa ryhdyttiin suunnittelemaan piirtämällä paperille lyijykynällä luonnoksia ja puusta tai muovailuvahasta tehtiin kuvaavia pienoismalleja. Asiakkaan hyväksytyä luonnokset aloitettiin lopullisten lupa- ja työpiirustusten tekeminen kynällä ja viivoittimella. Mahdolliset muutokset voitiin pyyhkiä pois ja piirtää uudelleen kuvaan. Valmiit kuvat piirrettiin tussilla puhtaaksi. Työ oli hidasta ja jälki oli vaihtelevaa. Pikkuhiljaa lyijykynät ja tussit vaihtuivat tietokonehiireen ja suunnittelu siirtyi paperista tietokoneen näyttöihin.

tietokoneavusteinen suunnittelu eli CAD-suunnittelu oli ollut olemassa jo 1960-luvulta asti, mutta yleistyi 1980- ja 90-luvuilla. Ensimmäiset piirto-ohjelmat olivat yksinkertaisia ja mahdollistivat pääosin numeerisen laskemisen ja 2D-piirtämisen. Tietokoneella piirtäminen oli huomattavasti tarkempaa ja nopeampaa kuin vastaava käsin piirtäminen. Pinta-alat saatiin laskettua nopeasti ja symbolien lisäys oli helppoa. Pikkuhiljaa suunnitteluohjelmiin tuli mukaan kolmiulotteisuus, missä piirrettyä kuvaa pystyttiin katsomaan kolmiulotteisesti eri kulmista. Tämä mahdollisti kohteen hahmottamista jo ennen rakentamista ja helpotti päällekkäisyyksien ja ristiriitaisuuksien löytymistä kuvista.

Tietotekniikan kehittyessä Cad suunnittelu parantui ja termi tietomallintaminen tuli mukaan suunnitteluun. Jo 2000-luvun alussa tietomallintamisen idea kehittyi nopeasti, mutta teknologia ei pysynyt tässä mukana. Idea tietomallintamiselle kuitenkin oli selkeä: Yksi paikka missä rakennuksen kaikki tieto löytyy ja on helposti saatavilla. Paikka missä rakennuksen elinkaaren tiedot löytyvät suunnittelun alusta sen koko elinkaaren loppuun asti. Vuosituhannen ensikymmenen jälkeen teknologia pääsi siihen vaiheeseen, että tietomallintaminen alkoi olla järkevä ratkaisu tietyissä suunnitteluprojekteissa. Suomessa iso hyppy eteenpäin otettiin,

kun Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012 julkaistiin ja se antoi selkeän vaatimus pohjan tietomallipohjaiselle suunnittelulle.

Viimeisimpänä suunnittelun kehityksessä tulee virtuaalimallintaminen, jossa suunniteltua tilaa voidaan tarkastella virtuaalilaseilla ja nähdä, millainen rakennus olisi valmiina jo suunnitteluvaiheessa. Tietokoneen näytöltä sen on toki voinut tehdä jo pitkään, mutta nyt henkilö voi kävellä suunnitellussa talossa ja hahmottaa mittasuhteet ja tilat aivan uudella tavalla.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella ja pohtia tietomallintamista ja virtuaalimallintamista talotekniikan ja tarkemmin LVI-tekniikan näkökulmasta. Kareliala-ammattikorkeakoulun rakennustekniikan kesäharjoittelijat ovat rakentaneet pientalon rakennemallin ja virtuaalimallin, johon on tarkoitus suunnitella talotekniikan LVI-puolen osuus. Tähän omalta osaltani kuuluu ilmanvaihdon, lämmityksen, vesi- ja viemäriosuuden suunnittelu. Työssä on tarkoitus käydä läpi mitä tietomallintaminen on ja miten tietomallin pohjainen suunnittelu tapahtuu pientalokohteessa. Sen hyödyt ja mahdolliset ongelmat käydään läpi ja tehdään pientalolle YTV2012 mukaiset talotekniikan mallit, jotka voidaan lisätä talon tietomalliin. Nämä talotekniikan mallit lisätään myös talon virtuaalimalliin, jossa niitä voidaan tarkastella virtuaalilaseilla.

2 Rakennuksen tietomallintaminen

Rakennuksen tietomallintamisella tai BIM:llä, joka tulee ilmaisusta Building Information Modelling tai Building Information Management, tarkoitetaan digitaalisessa muodossa olevaa rakennuksen ja sen rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuutta. Tietomalli sisältää rakennuksen geometrisen tiedon ja toiminnallisen kuvauksen lisäksi lähes kaiken digitaalisessa muodossa olevan kohteeseen kuuluvan tiedon, minkä suunnittelijat ja muut osapuolet tuottavat. Tietomalli ei siis ole vain visuaalinen 3D-malli rakennuksesta, vaan suunnittelun aikana muodostuva pohja, joka kokoaa rakennuksen tiedot yhteen paikkaan. Varsinkin Suomessa tietomallintamiseen kuuluu olennaisena osana tiedon

jakaminen ja informaation kulku hankkeen osapuolille. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 12-15.)

Perinteisessä dokumenttipohjaisessa suunnittelussa hankkeen tiedot ovat hajallaan eri piirustuksissa. Tietomalli ei suoraan korvaa perinteisiä dokumentteja, mutta dokumenttien sisältämät tiedot ovat yhdessä paikassa, josta niitä jakaa helposti vastaamaan kunkin käyttäjän tarpeita. Mallin avulla tietoja voidaan verrata keskenään ja estää näin ristiriitaisuuksia eri suunnittelijoiden kuvissa. Mallia on myös helppo muokata ja jakaa selkeisiin ja helposti tulkittaviin osiin, kuten työvaihekohtaisiin kuviin. (RIL 2015.)

Tietomallinnuksen tarkoitus on parantaa rakennuksen ja kiinteistöjen suunnittelun ja rakentamisen laatua ja tehokkuutta unohtamatta kuitenkin turvallisuutta ja kestäväää kehitystä. Tietomallia on tarkoitus hyödyntää rakentamisen jokaisessa vaiheessa suunnittelun alusta alkaen ja vielä rakentamisen jälkeenkin ylläpidon aikana. Tietomallit mahdollistavat suunnittelun ensivaiheista alkaen kohteen eri ratkaisujen toimivuuden, laajuuden ja kustannuksien tarkkailun. (YTV2012 osa 1, 5.)

2.1 Tietomallintaminen Suomessa

2000-luvun alusta sen puoleenväliin asti rakennuksen tietomallintaminen tunnettiin Suomessa tuotemallintamisena. Sana oli lainattu teollisuuden muilta aloilta, joissa käsiteltiin yksittäisiä tuotteita kuten autoja. Se ei kuitenkaan kuvaillut hyvin rakennusten suunnittelua, koska termi itsessään johti ihmisiä harhaan ja aiheutti epäselvyyksiä. Pikkuhiljaa vuosikymmenen puolivälissä termiksi muodostui tietomallintaminen ja englannin kielestä käyttöön otettu lyhenne BIM. (Hietanen 2005, 25.)

Tietomallintaminen vakiinnutti pikkuhiljaa itsensä suunnitteluun, varsinkin suurimmassa ja haastavissa projekteissa. Harppauksia sen käyttöön otettiin 2007, kun rakennusteollisuuden pyynnöstä Senaatti-kiinteistöt julkisti omat tietomalli-

vaatimuksensa. Sen mukaan kaikissa yli miljoonan euron projekteissa olisi käytettävä tietomallinnusta. Alussa vaatimukset koskivat vain arkkitehtisuunnittelua, mutta vuonna 2009 se kasvoi koskemaan kaikkia suunnittelualoja. (Halmetoja 2016, 8.)

2.2 Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2012

Jotta tietomallintaminen Suomessa voisi toimia järkevästi, piti sille kehittää yhteiset pelisäännöt. Senaatti-kiinteistön julkaiseman tietomallivaatimusten pohjalle sovittiin Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012, joka toteutettiin COBIN-hankkeen muodossa (BsF 2012). Siitä syntyi YTV2012, joka toimii vähimmäisvaatimuksina antamaan selkeät rajat ja ohjeet, joita on noudatettava kaikissa rakennushankkeissa, joissa käytetään tietomallipohjaista suunnittelua. Käytännössä YTV2012 on tietomallia käyttävien talonrakennushankkeiden epävirallinen standardi. Vaatimukset on jaettu 14 osaan ja täydentäviin liitteisiin, jotka antavat selkeät ohjeet niin arkkitehdeille kuin muille suunnittelijoille. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 34.)

2.3 Tietomallin ulottuvuudet

BIM-ulottuvuudet ovat tietomallille tehdyt epäviralliset mallia laajentavat ja selittävät ulottuvuudet. Ulottuvuuksilla on tarkoitus havainnoida tiettyä suuntaa, mitä kyseisellä ulottuvuudella halutaan hakea. Ulottuvuus lyhennetään ulottuvuuden numeroon ja D:hen, joka tulee englannin kielen sanasta dimension.

2.3.1 2D-malli

Kaksiulotteisella mallilla tarkoitetaan X- ja Y-akselilla piirrettyä kaksiulotteista suunnitelmaa. Perinteistä käsin piirtämistä ja CAD-suunnittelua voidaan pitää pohjana 2D-mallille. Yleensä 2D-suunnitelmilla tarkoitetaan pohjapiirustuksia, leikkauskuvia ja asemakuvia kohteesta. (McPartland 2018)

2.3.2 3D-malli

Kolmiulotteisessa mallissa on X- ja Y-akselin lisäksi Z-akseli. Tila voidaan määrittellä kolmen koordinaatin avulla, mikä mahdollistaa kolmiulotteisuuden. Kun puhutaan BIM 3D-mallista, mukaan tulee myös mallin sisältämä graafinen ja ei-graafinen informaatio. 3D-malliin kuuluu myös tämän informaation jakaminen ja päivittäminen työn edetessä. (McPartland 2018.)

2.3.3 4D-malli

4D-malli on kolmiulotteinen malli, johon on lisätty aika. Uusi ulottuvuus tuo projektiin mukaan aikataulusdatan. Rakennettaviin komponentteihin lisätään aikainformaatiota, joka kertoo rakentamisen tai asentamisen keston ja tämä tieto on yhdistetty yhteiseen tietopohjaan. Tämän informaation avulla mallin suunnittelijoiden pitäisi pystyä kehittämään tarkka projektiohjelma ja aikataulus. Näillä estetään työmaalla sattuvia päällekkäisyyksiä, hidastuksia ja saadaan selkeä järjestys tapahtuville rakennusvaiheille. (McPartland 2018.)

2.3.4 5D-malli

5D-mallilla on tarkoitus hallita kohteen kuluja. Kun 3D-mallin komponentteihin lisätään asennus ja käyttökustannuksia, pystytään kohteen kustannusarvio tekemään helposti ja luotettavasti. Kohteen muutoksissa myös kustannusinformaation pitäisi päivittyä ja antaa realistinen kuva kuluista. Kun tähän lisätään 4D-mallin aikataulus, pystytään projektin ennustettuja ja todellisia kuluja seuraamaan helposti. Säännöllisillä kustannusraporteilla ja budjetoinnilla varmistetaan tehokkuuden saavuttaminen ja hankkeen pysyminen budjetin toleranssien rajoissa. (McPartland 2018.)

2.3.5 6D-malli

6D-mallissa keskitytään projektin elinkaaren aikaisiin tietoihin. Rakennusalalla, niin suunnittelussa kuin kustannuslaskennassa, on yleensä keskitetty rakennus-aikaisiin vaiheisiin ja alkukustannuksiin, vaikka suurin osa kustannuksista tulee rakennuksen muun elinkaaren aikana. Rakennuksen komponentteihin sisälletään tietoa, mikä tukee rakennuksen hyötykäyttöä sen elinkaaren aikana. Näihin tietoihin kuuluu tieto komponenttien huollon tarpeesta, suorituskyvyn maksimoimisesta, energiatehokkuudesta ja käyttöiästä. Mallin avulla voidaan valita tuotteita, joilla on pitkän kantaman näkökulmalla parempi kustannustehokkuus ja korjata tai vaihtaa käyttöikänsä loppuun tulevia tuotteita, ennen niiden hajoamista. (McPartland 2018.)

2.3.6 7D-malli

7D-mallilla keskitytään 6D-mallin lailla kohteen koko elinkaaren aikaisiin asioihin. 7D-mallilla voidaan tarkastella ja hallita rakennuksen toimintaa ja tiloja. Tämä

malli on yleisesti tarkoitettu kiinteistöpäälliköille ja johtajille, jolla he voivat kontrolloida ja varmistaa rakennuksen toimivuuden, kustannustehokkuuden ja ennaltaehkäistä mahdollisia ongelmia. (McPartland 2018.)

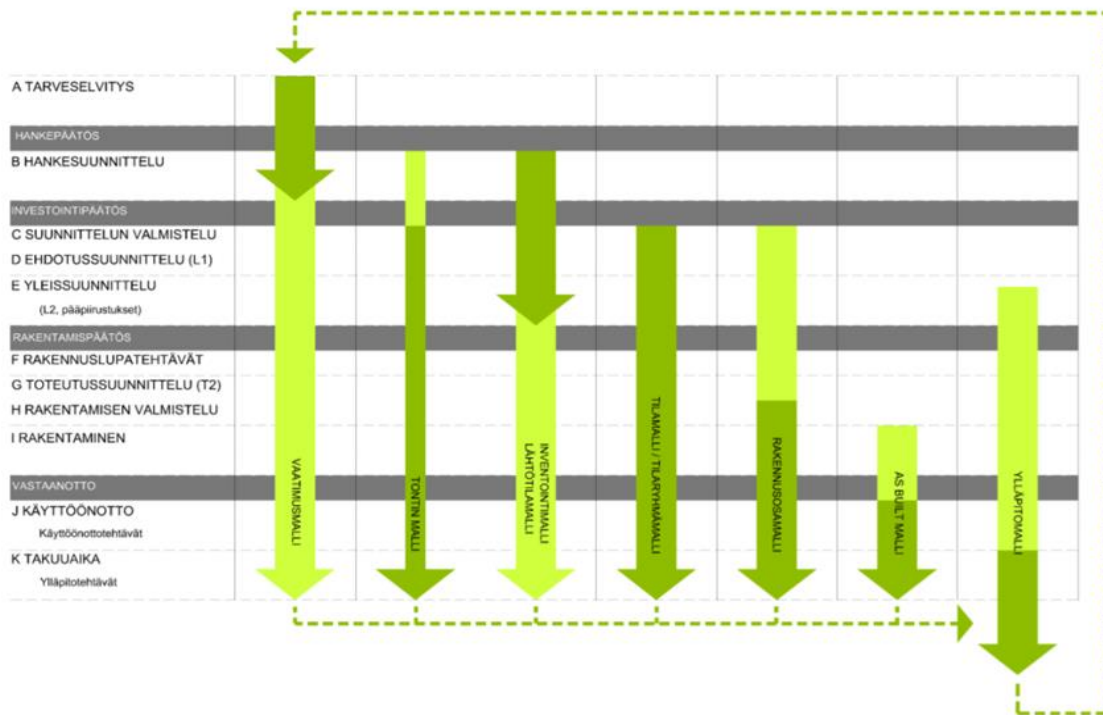
2.4 Tietomalliselostus

Tärkeä ja viime vuosia kasvava osa tietomallinnusta on projektin yhteydessä täytettävä tietomalliselostus. Jokaisella suunnittelualan vastaavalla henkilöllä on vastuu täyttää ja ylläpitää tietomalliselostusta. Siitä löytyy kuvaus mallin sisällöstä, mallinnustavoista ja kaikista poikkeamista, jotka ovat ristiriidassa yleisten vaatimusten kanssa. Mallin tarkoitus, tarkkuus, valmiusaste, järjestelmien ja rakennusosien nimeämiskäytännöt tulee olla selosteen avulla helposti tulkittavissa. Aina kun tietomalliselostus julkaistaan muiden osapuolten käyttöön, on se päivitettävä viimeisimpään muotoon. Tietomalliselostuksessa pitää olla esillä myös järjestelmän osat, joita ei ole mallinnettu. Tietomalliselostus mahdollistaa muiden suunnittelijoiden ja henkilöiden nähdä helposti mitä, miten ja milloin mikäkin vaihe mallista on tehty. Suoraa pohjaa tietomallille ei ole, mutta YTV2012:n liitteistä löytyy malleja eri suunnittelualoille. (YTV osa 1. 2012, 9.)

2.5 Tietomallin käyttö rakennusprojektissa ja sen eri vaiheissa

Jokaisen osapuolen tulee olla sitoutunut tietomallin käyttöön projektin alusta alkaen. Mallintamisessa korostuvat hankkeen osapuolten tietotekninen osaaminen, yhteistyö, aktiivinen tiedonkulku ja vuorovaikutus eri osapuolten kesken. Vaikka tietomallinnus sopii suunnittelutavaksi lähes kaikkiin rakennuskohteisiin, tulee hankkeen alussa arvioida, antaako se lisäarvoa kohteelle ja projektin lopputulokselle. Suurimmat hyödyt saavutetaan ja mallintamisen hyödyt korostuvat, kun rakennushanke on laaja ja monimutkainen. Tietomallintaminen ei itsessään ole tavoite, vaan keino päästä tavoitteeseen ja varmistaa laadukkaita ja kannattavien lopputuloksia. Heti hankkeen alussa tulisikin tehdä päätös tietomallintamisen käytön laajuudesta ja hyödyntämisestä koko projektin osalta. Kuvassa 1 näkyy

tietomallirakenteen kuvaus ja tietomallipohjaisen projektin vaiheet. (YTV2012 osa 11, 4.)



Kuva 1. Hankkeen tietomallirakenne (YTV2012 osa 3, 10).

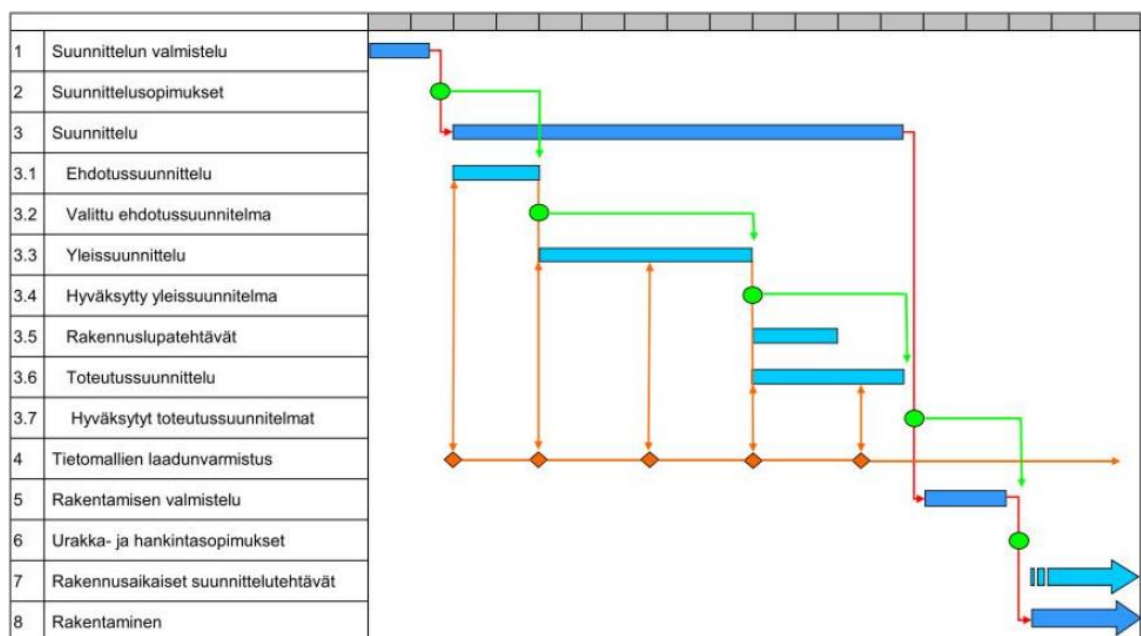
Rakennuttaja nimeää hankkeen alussa tietomallikoordinaattorin, joka huolehtii tietomallin laadinnasta ja eri suunnittelualojen tietomallitehtävien koordinoinnista. Henkilön tulee olla tarpeeksi pätevä ja osata ohjeistaa, koordinoida ja ohjata tietomallinnustehtäviä koko projektin ajan. Hänen vastuullaan on, että jokainen osapuoli ymmärtää omat vastuunsa, velvollisuutensa ja tehtävänsä tietomallin tekemisestä. Jokaisella suunnittelualalla on myös omat vastuuhenkilöt, jotka toimivat yhteyshenkilönä tietomallintamiseen liittyvissä asioissa ja varmistavat, tarkastavat ja päivittävät omalta osaltaan tietomallin. (YTV2012 osa 11, 7.)

2.5.1 Suunnittelu

Hankesuunnitteluvaiheessa määritellään tietomallintamisen käyttöä ja hyödyntämistä koskevat tavoitteet. Suunnittelun valmisteluvaiheessa määritellään suun-

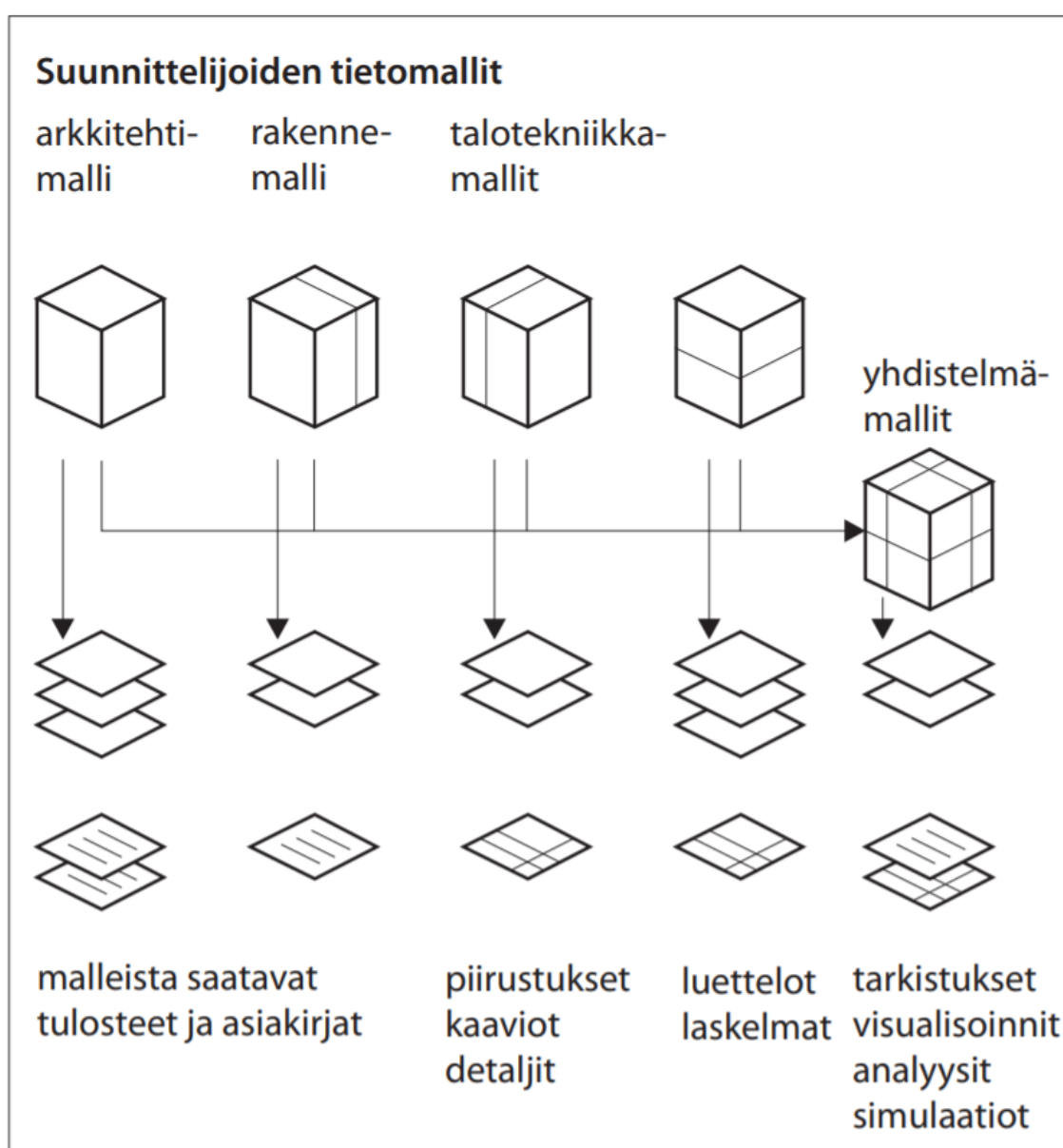
nitteluryhmän toimintamalli ja keinot, jolla tietomallintamisen tavoitteet saavutetaan. Tietomallintamisen suunnittelun alkuvaiheessa korostuvat osapuolten osaaminen ja yhteistyö, jotta projekti sujuisi mahdollisimman ongelmitta. Tarjouspyynnössä suunnittelijoille annettavan tehtäväluettelon mukaan liitetään tietomallisuunnitelma, jossa tarkennetaan vaatimukset, käyttötavat, yhteistyömenetelmät ja tiedonsiirtoon ja jakamiseen käytettävät menetelmät. Tietomallisuunnitelmassa kuvataan tietomallisuunnitteluprosessi ja sitä päivitetään vaiheittain hankkeen edetessä. (YTV2012 osa 11, 11-14.)

Tietomallipohjainen suunnitteluajakaulu (kuva 2) on erilainen verrattuna perinteisen suunnittelun aikatauluihin ja vakiintunutta tietomallisuunnittelun aikataulusta ei vielä ole. Yleisesti suunnittelun vaiheet ovat pysyneet samoina, mutta eri vaiheiden suunnittelurytmi on muuttunut. Pääsuunnittelijan, yhteistyössä muiden suunnittelijoiden kanssa, pitää osata ottaa huomioon tietomallipohjaisen suunnittelun erityisvaatimukset ja laatia suunnitteluajakaulu sen pohjalta. Yleissuunnitteluun tarvittava aika on käytännössä huomattu kasvavan, mutta siitä tuloksena saadut mallit sisältävät paljon toteutussuunnitteluvaiheessa tarvittavasta tiedosta. Myös suunnittelun erivaiheissa tehtävä mallien yhteensovittaminen ja laadunvarmistus vaativat oman aikansa, joka pitää ottaa aikatauluja tehdessä huomioon. (YTV2012 osa 11, 14.)



Kuva 2. Suunnitteluajakaulu (YTV2012 osa 11, 14).

Eri suunnittelijoiden tietomalleista tehdään yhdistelmämalli (Kuva 3), jossa voidaan havainnollistaa ja tarkastella suunnitelmien yhteensopivuutta ja tilavarauksien riittävyyttä (YTV2012 osa 4, 32). Mallien yhdistäminen tapahtuu yleensä IFC-muodossa, mutta on mahdollista myös tehdä esimerkiksi Revitin natiivimuodossa. Mallien yhdistäminen auttaa suunnittelun ohjauksessa ja selventää tilaajalle lopullista tuotosta. Useat työmaalla huomattavat ongelmat voidaan estää jo suunnitteluvaiheessa ja ongelmallisten kohtien ratkaisut voidaan suunnitella etukäteen. Yhdistelmämallin kokoaminen ja sen ylläpito on pääsuunnittelijan ja tietomallikoordinaattorin vastuulla. (YTV2012 osa 6, 17.)



Kuva 3. Yhdistelmämallin kuvaus (RT 10-10992, 2010, 5).

2.5.2 Rakentaminen

Jo ennen rakentamien aloittamista, urakointiyritykset voivat käyttää tietomalleja hyödyksi kohteen tarjousvaiheessa. He voivat käyttää IFC-malleja apuna tarjouslaskentaan ja suunnitelmiin perehtymiseen. Urakoitsija voi valmisteluvaiheessa käyttää suunnittelijoiden malleja ja yhdistelmämallia tuotantomallin luontiin, joka sisältää muun muassa 4D-aikataulumallin, työjärjestyksen suunnitelman ja työmaan aluesuunnitelman. Itse rakentamisen aikana tietomallia käytetään yleisen koordinoinnin ja tiedonvaihdon lisäksi myös esimerkiksi rakentamisen aikaisten hankintojen hallintaan ja turvallisuussuunnitteluun. (YTV2012 osa 13, 5.)

Tietomallin suurin hyöty rakentamiseen on kuitenkin tapahtunut jo suunnitteluvaiheessa, missä yhdistelmämallin avulla vähennetään ongelmatilanteita, kuten päällekkäisyyksiä, mitoitusvirheitä ja hutiloiteja. Myös rakennusaikaisten muutokset on helpompi kommunikoida urakoitsijalle, kun erillisiä kuvia ei tarvitse muokata, vaan tietomalli päivittää muutokset kaikkiin malleihin. Tärkeää on kuitenkin, että urakoitsija voi luottaa malleihin ja ne on tehty teknisesti oikein. Tietomalli ei saa olla ristiriidassa suunnitelma-asiakirjojen ja piirustusten kanssa. (YTV2012 osa 13, 5.)

Urakoitsijan pitää rakentamisen aikana toimittaa sopimuksen mukaan toteutumatietoja suunnittelijoille, jotka laativat niistä toteutumamallit. Maa- ja pohjarakentamisen vaiheista pitää tehdä laserleikkaukset ja keilaukset, josta tehdään tietomalliin toteutunut kolmiulotteinen tontin malli. Jos rakennustyön aikana tapahtuu muutoksia, on urakoitsija velvollinen hyväksyttämään ne ja toimittamaan suunnitelmapoikkeamien tiedot suunnittelijoille, jotka päivittävät ne toteutumamalliin. Myös piiloon jäävistä osista ja rakenteista on toimitettava sijainti- ja geometriatiedot suunnittelijoille toteutumamallia varten. Rakennuksen valmistuttua, urakoitsija on velvollinen toimittamaan käytettyjen rakennusosien ja materiaalien tiedot kiinteistön ylläpitoa varten. (YTV2012 osa 13, 19-21.)

Vaikka tietomallia voidaan hyödyntää kiinteistön valmistumisen jälkeen, nykyiset tietomallien laadintakäytännöt eivät ole kuitenkaan suunniteltu ylläpidon tarpeita ajatellen. Tärkeitä materiaalien tietoja, kuten käyttöikä ja hoitajaksoja, ei löydy malleista ja suunnittelijat eivät ole yleensä paras vaihtoehto ylläpidon tarpeiden suunnitteluun. Tietomallin hyödyntämisen keinoja etsitään lisää kehityshankkeilla ja pilotti projektien kautta, mutta yhteistä näkemystä tietomallien hyödyntämiseen ei ole löytynyt. (Helmetoja 2016, 2)

Onnistuessaan ja huolella tehdystä tietomallin käytöstä hyötyvät kuitenkin kaikki kiinteistön osapuolet. Kiinteistönomistaja saa muun muassa tietomalleista simuloititietoa, kuten energia- ja olosuhdesimulointeja, mitä voidaan käyttää esimerkiksi ylläpidon ja elinkaarivaikutusten hallintaan. Aasukkaat saavat nopeammin ja varmemmin oikeanlaista apua ongelmiin, kun tietoa rakennuksesta ja sen osista on enemmän ja helpommin saatavilla. (YTV2012 osa 12, 5-7.) Käyttömuutoksien ja korjaustyön suunnittelu helpottuu huomattavasti, kun johtojen, putkistojen ja laitteiden oikeat sijainnit tiedetään toteutumamallista ja mahdollisiin vaikeasti saavutettaviin ja ongelmallisiin kohtiin osataan varautua ennalta (Helmetoja 2016, 20).

2.6 Talotekniikan tietomallintaminen

Taloteknisiin malleihin eli TATE-malleihin kuuluvat LVI-suunnittelun, sähkö- ja tele-suunnittelun ja rakennusautomaatiosuunnittelun mallit. Talotekniikan osuus tietomallintamisesta on kokonaan oma osansa rakennuksen suunnittelua ja TATE-mallit eivät saa sisältää muiden suunnittelijoiden malleja, vaan ainoastaan TATE-objekteista koottuja malleja. Nämä eri taloteknisten järjestelmien mallit ovat järjestelmäkohtaisesti jaettu omiin osiinsa. Talotekniikan tietomallinnuksen suunnitteluvaiheet jakautuvat kahteen suurempaan osa-alueeseen. Suunnittelun alussa ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheeseen ja lopulliseen toteutussuunnitelmavaiheessa suunniteltavaan järjestelmämalliin. (YTV2012 osa 4, 3-7.)

2.6.1 Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaihe

Suunnittelun alussa ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheessa tavoitteena on tuottaa riittävät tiedot arkkitehti- ja rakennusmallin tekemiseksi. Ehdotussuunnitelmavaiheessa TATE-suunnittelijat keskittyvät vielä muun muassa alustaviin palvelualuekaavioihin, runkoverkoston ja muihin TATE-järjestelmävalintoihin sekä tilavarauksiin, joihin kuuluvat muun muassa pääreitit, tilaa vievät kanavat ja johtoreitit. Tässä vaiheessa tietomallia ei tarvitse vielä käyttää. (YTV2012 osa 4, 3-7.)

Yleissuunnitteluvaiheessa LVI-suunnittelijan tulee tietomallia käyttämällä varmistaa järjestelmien tilantarpeet ja niiden vaikutukset muiden suunnittelijoiden malleihin. Malleista pitää löytyä pääkanavisto, palvelualuekaaviot ja konehuoneen vaatimukset, jotta tarvittavat tilantarpeet voidaan arvioida. Myös malleihin tarvittavat energia- ja olosuhdesimuloinnit, sekä muut matemaattiset laskennat tehdään myös tämän vaiheen aikana. YTV2012 osa 4 liitteestä 1, joka on tämän työn liitteenä 9, löytyy tarkat ohjeet yleissuunnitteluvaiheen geometrian tarkkuustason ja tietosisällön vaatimuksista komponenttikohtaisesti. (YTV2012 osa 4, 3-7.)

Yleissuunnitteluvaiheen aikana valitaan niin sanottu mallihuone ja tehdään tarkempi mallinnus siihen. Tällä varmistetaan kaikkien TATE-komponenttien mahduminen tilaan ja voidaan visualisoida asennustekniikoita, joita rakennuksessa tullaan käyttämään. Kaiken kattavaa järjestelmämallia ei vielä kuitenkaan tarvitse tehdä kohteesta (YTV2012 osa 1, 13-17.) (YTV2012 osa 4, 3-7.)

2.6.2 Toteutussuunnitelmavaihe

Toteutussuunnitelmavaiheessa suunnitellaan koko rakennuksen kattavat järjestelmämallit. TATE-järjestelmiin kuuluvat LVI-, sähkö-, tele- ja rakennusautomaatiosuunnittelun järjestelmämallit. Mallinnus tapahtuu käyttämällä todellista vastaavia objekteja, esimerkiksi muoviputki on muoviputki objekti mallissa. Kannakkeita ei kuitenkaan vaadita näkyviin malleihin. Malleissa on myös tarkoitus käyttää standardiosia ja kaupallisia tuotekirjaosia silloin kun mahdollista. LVI-

järjestelmämallien tarkkuus tulee olla sitä luokkaa, että suunnitteluohjelmien laskenta- ja analyysitoimintoja voidaan käyttää. Nämä laskelmat toimivat laadunvarmistuksena suunnittelulle ja antaa oleellista tietosisältöä tietomallille. Kaikki järjestelmään vaikuttavat osat ja komponentit tulee mallintaa ja verkoston tulee olla yhtenäinen ja virtausteknisesti ehjä kokonaisuus. DN10-25 koon kytkentäputkilla, esimerkiksi vesikalusteille menevillä muoviputkilla, keskinäiset risteilyt kuitenkin hyväksytään. (YTV2012 osa 4, 22-23.)

Pääjärjestelmät, joihin kuuluvat esimerkiksi vesi-, viemäri-, ilmastointi-, lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät jaetaan osajärjestelmiin, joita ovat muun muassa lämmityspatteriverkosto, sadevesiviemäriverkosto, IV-koneen tulo- ja poistoilmaverkostot. Kutakin osajärjestelmää tulee voida käyttää erikseen riippumatta muista järjestelmän osista. Myös mahdolliset erikoisjärjestelmät, kuten kaasu- tai paineilmaverkostot, tulee mallintaa omina osinaan, mutta näistä sovitaan erikseen suunnittelusopimuksesta. YTV2012 osa 4 liitteestä 1 (liite 9) löytyy tarkat ohjeet toteutussuunnitelman geometrian tarkkuustason ja tietosisällön vaatimuksesta komponenttikohtaisesti. Sieltä löytyy tarkat vaatimukset putkistojen ja kanavien mallintamisvaatimuksille ja -tarpeille. Tarvittaessa ja hyvin yleisesti malleista tehdään yhdistelmämalli, missä tehdään törmäystarkastelu ja selvitetään suunnitelmien yhteensopivuutta (YTV2012 osa 4, 22-23.)

Rakennuksen valmistuttua, jos tarjouspyynnössä on erikseen mainittu, TATE-suunnittelija päivittää tietomallin rakennettua tilannetta vastaavaksi toteutumamalliksi. Toteutumamallin tulee sisältää urakoitsijan valitsemat tuotteet ja komponentit. TATE-suunnittelijalle kuuluu myös päivittää verkostojen geometria, jos urakoitsija on muuttanut verkostoreittejä. (YTV2012 osa 4, 41.)

2.7 Tietomallintamisen hyödyt TATE-näkökulmasta

Perinteisellä tyylillä rakennettujen rakennuksien toimivuuden varmistaminen on vaikeaa ennen kuin loppukäyttäjät pääsevät testaamaan sitä käytännössä. Rakennukset ovat monimutkaisia kokonaisuuksia, joten ilman tietomallipohjaista vir-

tuaalista rakennusta eri suunnitelmien vertailu voi olla hidasta ja epätarkkaa. Rakennuksen tietomallista voidaan ottaa lukuisia leikkauksia ja erilaisia näkymiä ja malli yhdistää arkkitehtuurin, tilaratkaisut, talotekniikan ja rakenteiden mallit yhdistelmämalliksi, josta saa hyvän visuaalisen kuvan siitä miltä valmis rakennus tulee näyttämään ja miten se tulee toimimaan. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 29.)

Rakennuksen tietomallin avulla voidaan etukäteen suorittaa useita analyysejä ja simulaatioita, joilla testataan rakennuksen ja sen järjestelmien toimivuutta.

Talotekniikan puolella on paljon järjestelmiä, kuten ilmanvaihdon ja lämmön riittävyys, joiden toiminta pitää varmistaa ennen rakentamista. Tietomallin käyttö lisää monipuolisten analyysien ja testien luotettavuutta ja nopeutta, joilla voidaan varmistaa näiden järjestelmien toimivuus. Myös rakennusten energiasimuloinnit ja elinkaarilaskemien merkitys on korostunut viime aikoina varsinkin LVI-puolen suunnittelijoiden osalta. Suomessa kiristyvien energiamääräysten takia rakennusten energiatehokkuuden parantaminen ja ilmastonkuormittamisen vähentäminen onkin tärkeä osa suunnittelua. Energiakulutukseen vaikuttaa lähes kaikki rakennuksen eri osat muodosta erilaisiin lämmitysratkaisuihin. Jos LVI-suunnittelijoilla ja arkkitehdeillä on käytössä yhteinen tietomalli, he voivat sen avulla testata ja selvittää tehokkaimman ratkaisun selvästi helpommin ja nopeammin kuin perinteisillä menetelmillä. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 29-30.)

Tietomallin hyödyt ja toimivuuden mahdollistaa yhteinen tietokantaominaisuus. Suunnitelmissa ja muutoksissa käytetään samaa tietolähdettä, joten kaikilla osapuolilla on käytössä ajantasainen pohja. TATE-suunnittelijoilla tulee suunnitelmiin paljon pieniä muutoksia, joten heidän tarvitsee tallentaa suunnitelmansa ja hankkeen tiedot tietomalliin vain kerran ja se vaikuttaa kaikkiin piirustuksiin, malleihin ja laskelmiin. Perinteisemmällä tyyleillä muutokset pitäisi tehdä yksitellen jokaiseen malliin ja piirustukseen ja varmistaa että kaikilla hankkeen osapuolilla on viimeisimmät suunnitelmat ja dokumentit. Yhteistyö ja tiedonkulku onkin tietomallin keskeisiä tavoitteita. Kommunikoinnin helppous vähentää virheitä, nopeuttaa työskentelyä ja parantaa laatua. Tietomalli auttaa osapuolia ymmärtämään toistensa tarpeita, vähentää suunnitelmissa olevia päällekkäisyyksiä ja vahvistaa keskinäistä luottamusta. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 30-31.)

Suunnitelmien laadunvarmistuminen helpottuu myös tietomallin avulla. Yhdistelmämallia tutkimalla ja tarkastusohjelmia käyttämällä on helppo löytää mahdolliset virheet ja päällekkäisyydet. Varsinkin LVI-puolen suunnitelmissa eri kuvissa kulkee paljon kanavia ja putkia pienissä tiloissa, joissa ne voivat mennä helposti päällekkäin. Tarkastusohjelmat, kuten törmäystarkastelu, kertovat hyvin tarkasti eri suunnitelmien vaikutukset toisiinsa ja toteutuuko mallille annetut ehdot. Visuaalisestikin geometrisiä malleja tarkastelemalla löytää virheet varmemmin kuin perinteisistä piirustuksista. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 31.) Perinteisellä tyyllillä suunnitellessa systemaattinen tarkastusprosentti on 5-10 prosentin luokkaa, kun taas IFC-mallia tarkastelemalla ja analysoimalla se on 40-60 prosenttia (YTV2012 osa 6, 3).

2.8 Tietomallinnuksen ohjelmistot ja tiedon siirto

Yksi suurimpia tietomallintamisen suosiota hidastavia asioita ovat eri ohjelmistojen yhteensopivuusongelmat. Tähän ratkaisuna kehitettiin avoimen tietomallinnuksen periaatteiden mukainen yhteisesti hyväksytty tiedonsiirron standardi eli IFC. Tällöin suunnittelijat voivat suunnitella oman osansa omilla suunnitteluohjelmillaan ja kaikki hankkeen osapuolet voivat tarkastella kuvia omilla ohjelmillaan, kunhan käytettävät ohjelmat ovat IFC-yhteensopivia. Myös muut ohjelmat ja tiedostomallit, kuten Revit-tiedostot, ovat sallittuja, kunhan siitä sovitaan etukäteen. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 18.)

2.8.1 IFC

IFC eli Industry Foundation Classes on tietomallinnuksessa käytetty yhteinen mallien kuvaustapa. IFC-tiedoston avulla voidaan eri suunnitteluohjelmilla suunniteltuja tiedostoja siirtää ohjelmasta toiseen. IFC-malli on kolmiulotteinen malli, joka sisältää yhteisesti sovitut tietosisällön ja voidaan siirtää IFC-tiedostona eteenpäin muihin ohjelmiin, sen menettämättä tietosisältöä tai mittojaan. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 23.) Nykyään yleisesti käytetään 2006 julkaistua IFC 2x3 versiota, vaikka sen seuraaja IFC 4 on julkistettu jo 2013 (BsF 2016, 1.)

2.8.1.1 Suunnitteluohjelmistot

Tietomallintamisessa hyödynnetään avoimen tietomallintamisen periaatetta (Open BIM). Tämä mahdollistaa eri suunnittelijoiden tietomallien käytön keskenään riippumatta käytössä olevista ohjelmista. Suunnittelijat suunnittelevat mallit omilla ohjelmillaan ja ne muutetaan yhteiseen tiedostomuotoon IFC-tiedostoksi. Suomessa käytetään monia eri suunnitteluohjelmia, mutta suosituimpia niistä ovat CADS, AutoCAD, Revit sekä Tekla rakennepuolella. Suunnittelija voi yleensä käyttää haluamaansa ohjelmaa, kunhan se voi tuottaa ja lukea IFC-tiedostoja tai muuta ennalta sovittua tiedonsiirtotapaa. Tällä hetkellä varsinkin Revit-ohjelmisto ja sen natiivimuodon suosio on kasvamassa tietomallinnuksen osalta.

2.2.2.1 CADS

Cads on kotimainen ja suomenkielinen ohjelmistokokonaisuus ja suunnittelujärjestelmä, josta löytyvät kaikki suunnitteluun ja tietomallintamiseen tarvittavat ohjelmistot. Cads sisältää sähkö, LVIA, arkkitehtuuri ja rakennesuunnitteluohjelmat, jotka kaikki sisältävät BIM urakointiin tarvittavat mitoitukset ja laskelmat. Ohjelmistolla voit suunnitella niin 2D, kuin 3D suunnitelmia ja kaikki on siirrettävissä IFC muotoon muutamalla klikkauksella. Cadsillä onkin kansainvälinen IFC 2x3 cv 2.0 -sertifiointi. Cadsin tietokannasta löytyy suuri valikoima valmistajien tuotteita, jotka sisältävät kaiken tarvittavan tiedon kolmiulotteisesta grafiikasta mitoitus-tietoihin. (CADS 2019.)

2.2.2.2 AutoCAD

AutoCAD on yhdysvaltalaisen Autodesk Inc. kehittämä ja julkaisema yleispätevä suunnittelujärjestelmä. Ohjelman ensimmäinen versio julkaistiin jo 1982. AutoCAD ohjelman DWG-tiedostotyyppi on yleisin käytössä oleva tiedostotyyppi ja

ohjelma onkin vielä 2D-suunnittelun keskiössä. Ohjelmasta löytyy toimiva 3D-mallinnuspohja ja laaja tuotteiden tietokanta, mutta ohjelma pohjimmiltaan on tarkoitettu yksinkertaisempaan kaksiulotteiseen viivapiirtoon. AutoCAD toimii hyvin useiden eri ohjelmien ohjelma-alustana, kuten suositun suomalaisen talotekni-seensuunnitteluun tarkoitettun Magicad-ohjelman kanssa. Autocad ei itsessään tue DWG-tiedoston muuttamista IFC-muotoon, mutta Autodesk on julkaissut AutoCAD pohjaisia ohjelmia ja lisäosia, missä tämä ominaisuus on sisään rakennuttu. Lisäosien ja ohjelmien avulla tietomallintaminen on mahdollista. (Autodesk Autocad, 2019.)

2.2.2.3 Revit

Autodesk Inc. halusi lähteä vahvasti mukaan BIM-suunnitteluun, mutta huomasi lippulaivansa AutoCadin olevan pahasti jäljessä aikaansa, joten yritys hankki kokonaan oman ohjelmansa tarkoitettu erityisesti tietomallinnusta ja 3D-suunnittelu varten. Autodesk Revit -ohjelmisto sisältää kaikki tarvittavat osat arkkitehti-, mekaniikan-, sähköjärjestelmien- ja LVIA-suunnittelun tarpeet. Revit luotiin mahdollisimman helppokäyttöiseksi ja monipuoliseksi suunnittelupaketiksi, joka päivittää ja ylläpitää rakennusta suunnittelun kaikissa vaiheissa. Revit kykenee hallitsemaan suuria ja monimutkaisia projekteja, jotka vaativat paljon suorituskykyä ja renderöintiä, mitä modernit tietomallipohjaiset projektit yleensä ovat. Revit-tiedostot koostuvat yleensä yhdestä ja joskus useammastakin tietokannasta, josta voidaan luoda eri näkymiä, missä päätetään mitä halutaan tarkastella ja tehdä. (Arksystem 2019.)(Autodesk Revit, 2019.)

Revit-tiedoston muuttaminen IFC-malliin on yksinkertaista ja toimii muutamalla klikkauksella, mutta ohjelman oma natiivimalli toimii tietomallintamisessa ja on kasvattamassa suosiotaan. Isoissa suunnittelutoimistoissa vaaditaankin yhä enemmän natiivimalleissa olevaa mallien siirtelyä virheiden minimoimiseksi ja yhteensovittamisen helpottamiseksi. Varsinkin arkkitehti ja talotekniikan mallien yhdistäminen tapahtuu yhä enemmän Revit-ohjelman natiivimallissa.

2.2.2.4 Magicad for Revit and Autocad

MagiCAD on suomalainen talotekniikkasuunnittelu- ja laskentaohjelmistoista AutoCAD- ja Revit-ohjelmien päälle. MagiCAD sisältää laajan ja monipuolisen ratkaisun talotekniikkasuunnitteluun. Ohjelma sisältää LVIA- ja sähkösuunnittelun lisäksi paljon yksityiskohtaisia suunnittelujärjestelmiä, kuten sprinklerijärjestelmien ja telejärjestelmien ohjelmia. MagiCAD sisältää yli miljoona erilaista kansainvälisten laite- ja komponenttivalmistajien tuotemallia, joista jokainen sisältää tuotteen todelliset mitat ja kattavat tekniset tiedot. Tietomallia ajatellen MagiCAD sisältää mahdollisuuden tarkkoihin mittauksiin ja simulointeihin ja mahdollistaa IFC-tiedoston teon niin Revitillä kuin AutoCADilla. (Magicad, 2016.)

2.8.2 Mallien katselu- ja tarkasteluohjelmat

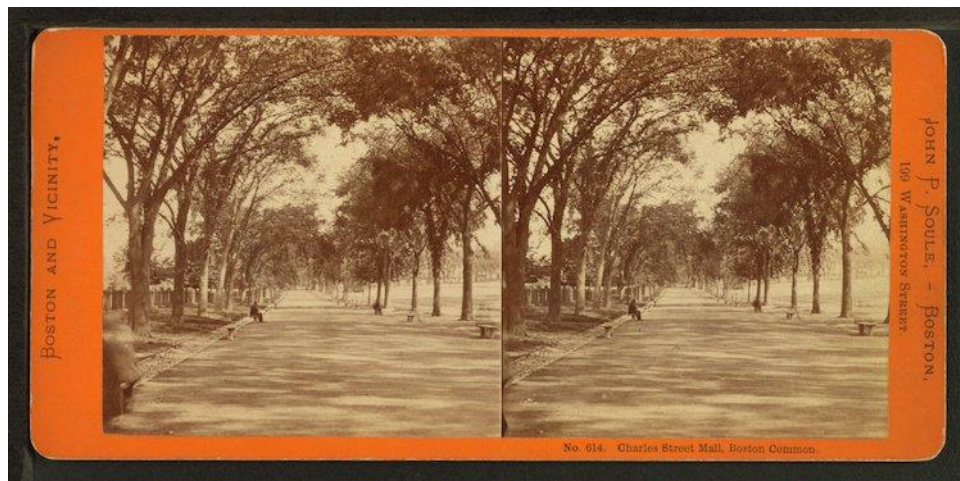
Mallien katselu- ja tarkasteluohjelmat ovat tarkoitettu mallien katseluun ja niiden sisältämän informaation analysointiin. Ne ovat huomattavasti helpompia opetella kuin suunnitteluohjelmat, mutta toiminnoiltaan huomattavasti rajatuimpia. Mallien tarkastelu ja kommentointi onnistuu, mutta malleja ei voi muokata. Mallien katselu- ja tarkasteluohjelmista suosituimpia ovat Solibri Model Checker ja Viewer, Tekla BIMsight ja field3D, Autodesk Navusworks ja SimbleBIM. (Jäväjä & Lehto-viita 2016, 42.)

Näistä suosituin varsinkin talotekniikan osalta on Solibri Model Checker. Solibri on suomalainen yritys ja on osa Nemerchek konsernia. Solibri Model Checker on parametrisoitava BIM laaduntarkastusohjelmisto ja alansa markkinajohtaja maailmassa. Ohjelmisto tarkastaa tietomallin etsien siitä mallinnusvirheitä, kuten päällekkäisyyksiä ja leikkaavia komponentteja. Ohjelma osaa tarkistaa arkkitehti-, rakenne-, TATE- ja yhdistelmämallin, juuri niillä ehdoilla ja parametreilla, joilla asiakas haluaa. Solibri tarjoaa myös ilmaisen version Solibri Model Viewer, jolla voi tarkastella ja kommentoida Solibri Model Checker malleja. (Solibri Oy, 2018.)

3 VR-mallintaminen

3.1 Virtuaalitodellisuus ja VR-lasit historiasta nykypäivään

virtuaalitodellisuus eli lyhennettynä VR on terminä kohtalaisen uusi, mutta ideana se on ollut käytössä jo 1800-luvulla. Kokonainen huone maalattiin kuvaamaan jotain tapahtumaa, jolloin henkilön koko näköalan peitti yksi suuri maalaus. Maalauksista katsoessaan henkilö pystyi tuntemaan olevansa läsnä historiallisessa tapahtumassa tai kohtauksessa mitä maalaus nyt sattuikaan kuvaamaan. 1838 Charles Wheatstones sai tutkimuksessaan selville, että aivot käsittelevät kumpaankin silmään hiukan eri perspektiivistä näytetyn kaksikulotteisen kuvan kolmiulotteisena kuvana. Tällöin kaksi rinnakkain asetettua kuvaa stereoskoopin kautta loi yhtenäisen kuvan, johon aivot loivat syvyysvaikutelman. (Virtual Reality Society 2017.)



Kuva 5. Stereografinen kuva. (Virtual Reality Society 2017).

1930-luvulla tieteiskirjailija Stanley G. Weinbaumin kirjoittama tarina sisälsi ajatuksen lasista, jotka käyttäjä silmille laittaessaan koki kuvitteellisen maailman hologrammien, hajujen, maun ja kosketuksen avulla. Weinbaum kuvaili jo silloin hämmästyttävän tarkasti moderneja VR-laseja ja virtuaalitodellisuutta. Vasta vuosikymmenien päästä 1950-luvun puolivälissä Morton Heilig kehitti Sensoroman. Kyseinen, kolikkopelikoneen kokoinen, laite näytti stereoskoopista videota ja siinä oli stereoääni. Se myös sisälsi tuulettimen, värähtelevän tuolin ja pystyi antamaan eri tuoksua. Sensoroman tarkoituksena oli upottaa yksilö täysin siinä

pyöriviin elokuvaan, ja laitetta voidaan pitää ensimmäisenä kaupallisena virtuaalitodellisuus tuotteena. Seuraavaksi Heilig kehitti vuonna 1960 ensimmäisen päähän kiinnitettävän VR-laitteen, mikä lähetti stereoskooppista kuvaa ja ääntä. (Virtual Reality Society 2017.)

Vuosikymmenen vaihtuessa 1960-luvun alussa otettiin muitakin suuria harppauksia modernin VR-lasien idean suhteen. Tärkeimpänä niistä oli Ivan Sutherlandin konsepti-idea lasista, jotka voisi simuloida todellisuutta siihen pisteeseen, jossa ei voitu sanoa eroa todellisesta todellisuudesta. Vuonna 1968 hän onnistuikin luomaan ensimmäisen tietokoneeseen yhdistetyn päähän kiinnitettävät VR-lasit, joka loi yksinkertaisen tietokoneella luodun virtuaalisen huoneen. Seuraavina vuosikymmeninä teknologia kehittyi hiljalleen, mutta suuria harppauksia virtuaalitodellisuuden kehittämisessä ei otettu. Vaikka ajatus virtuaalitodellisuudesta oli ollut olemassa pitkään, vasta 1987 Jaron Lanierin, visual programming lab yrityksen perustajan, avulla termin käyttö vakiintui ja tuli kuvaamaan käsitettä. 2000-luvulle asti erinäisiä virtuaalitodellisuutta sisältäviä prototyyppisiä ja viihdelaitteita kehiteltiin ilman sen suurempaa kaupallista onnistumista tai suosiota. (Virtual Reality Society 2017.)

Vuosituhatvuoden vaihtuessa ja seuraavien vuosikymmenien aikana tietotekniikan kehitys lähti nopeaan kasvuun, tietokoneiden tehot kasvoivat ja näyttöjen tarkkuus kasvaa vauhdilla. Virtuaalitodellisuus jakautui kahteen ryhmään. Kevyempään puhelimella toimiviin VR-laitteisiin ja tehokkaan tietokoneen ja oman tilansa tarvitseviin VR-laseihin.

Älypuhelimien tulo mahdollisti halpojen, kevyiden ja käytännöllisten virtuaalitodellisuuden laitteiden sukupolven. Google ja Samsung, useiden muiden yritysten rinnalla toivat markkinoille puhelimella toimivia yksinkertaisia päähän laitettavia lasia tai kypäriä, missä puhelin laitetaan muottiinsa ja virtuaalimaailmaa varten suunnitellut sovellukset heijastavat kolmiulotteisen kuvan puhelimen näytöltä katsojalle. Nämä sovellukset olivat tarkoitettu kevyeen viihde käyttöön, kuten 360-videoiden katseluun tai pienten VR-pelien pelaamiseen. Älypuhelimet tunnistavat päännliikkeen lasien ollessa päässä, mutta tehot tai tekniikka eivät kuitenkaan vielä riitä tunnistamaan käyttäjän paikkaa tai liikettä tilassa tai hyödyntämään kunnollisia liikeohjaimia. Laadukkaimmat virtuaalilasit vaativatkin tehokkaan tietokoneen rinnalleen mahdollistamaan nämä toiminnot (Pänkäläinen 2017.)

Videopeliteollisuus kehitti ja paransi realistisia kolmiulotteisia virtuaalimaailmoja videopelejä varten ja loi näin pohjan toimivaa virtuaalitodellisuutta varten. Peli-moottorit kuten Unity ja Unreal engine mahdollistivat teknologian luoda virtuaali-sia maailmoja, ilman sen suurempaa viivettä tai takkuilua. Tämä teknologia vaati kuitenkin tuekseen tehokkaan tietokoneen ja monimutkaisemmat VR-lasit. Lasien osalta muun muassa Oculus Rift, HTC Vive ja Sony PlayStation VR tulivat mark-kinoille. Näissä tehokkaammissa laitteissa oli omat erilliset näytöt molemmille sil-mille ja näyttöjen tarkkuus on huomattavasti parempi ja katselukulma on suu-rempi kuin puhelimissa. Parhaat virtuaalilasit mahdollistavat käyttäjän sijainnin ja liikkeen tunnistamisen sekä käsien käytön VR-kokemuksissa. Juuri nämä seikat luovat uskottavan virtuaalitodellisuuden, jossa käyttäjä voi kävellä omassa huo-neessaan ja kuvakulma virtuaalimaailmassa päivittyy liikkeen mukana. (Pänkäläinen 2017.)

3.2 VR-malli tai virtuaalimalli

Tietomallissa rakennuksen 3D malli on hyvin tarkka kopio oikeasta rakennetta-vasta rakennuksesta, mutta vaikka malli itsessään on kolmiulotteinen, ei sitä voi tarkastella kuin kaksikulotteiselta tietokoneen näytöltä. Näytöltä katsottuna raken-nuksen perspektiivi on aina hiukan erilainen kuin oikeassa kohteessa ja pieneltä näytöltä yksityiskohtien tarkastelu voi olla vaikeaa ja hidasta.

Ensimmäistä kertaa suunnittelun historiassa virtuaalitodellisuus mahdollistaa kohteen tarkastelun luonnollisessa 1:1 mittakaavassa jo kauan ennen rakenta-mista. Vaikka kyseessä on yleensä pohjaltaan sama 3D-malli, jota normaalissa tietomallissa käytetään, on virtuaalimallin avulla mahdollisuus tarkastella ja liik-kua talon sisällä kuin se olisi oikea rakennus. Kohteen tarkastelu vaihtui siis pa-rikymmentä tuumaiselta näytöltä henkilön koko näkökenttään. Rakennuksen si-sällä yksityiskohtien tarkastelu on helpompaa, koska pelkän näppäinkomentojen ja hiiren sijasta, voit tarkastella kohdetta oman kehon liikkeiden avulla.

Virtuaalimalleja on käytetty rakentamisenyhteydessä arkkitehtuurinpuolella jonkin aikaa, mutta talotekniikanpuolella se on vasta nousemassa esiin. Mallit toimivat yleensä markkinoinnin ja visualisoinnin apua, mutta niitä voidaan käyttää myös suunnittelun apuna, etsimään ongelmia ja virheitä suunnittelusta. (Unity 2019.)

3.3 Virtuaalimallien tarkastelu

3.3.1 HTC Vive ja SteamVR

HTC Vive on älypuhelimien tekoon erikoistuneen taiwanilaisen HTC:n ja videopelien tekoon ja myyntiin erikoistuneen Valven yhteistyössä kehittämä laitteistokokonaisuus ja virtuaalitodellisuusjärjestelmä, joka julkaistiin vuonna 2016. Laitteisto sisältää kokonaan käyttäjän näkökentän peittävät virtuaalilasit, joissa on kaksi 1200x1080 pikselin tarkkuista näyttöä, joiden kuvataajuus on 90 kuvaa sekunnissa, eli kuinka monta kuvaa voidaan piirtää näytölle sekunnissa. Lasit sisältävät myös useita pään liikkeen ja sijainnin tunnistavia sensoreita, joilla käyttäjän liikkeet voidaan toistaa virtuaalimaailmassa mahdollisimman tarkasti. Mukana tulee myös kaksi virtuaalitodellisuutta varten suunniteltua langatonta ohjainta, joilla voidaan olla vuorovaikutuksessa virtuaalimaailmaan. Laitteiston avulla voidaan tehdä jopa 3.5 kertaa 3.5 metrin pelialue, jolloin virtuaalimaailmassa voidaan kävellä ja liikkua vapaammin. Laitteiston mukana tulevat kaksi majakkaa mahdollistavat tämän säteilemällä infrapunaa alueelle. Heijastuksen avulla majakat tietävät missä ohjaimet ja lasit sijaitsevat ja siirtävät tämän informaation järjestelmään langattomasti. Paketin mukana tulevat ohjeet neivovat laitteiston käyttöönoton. (Vive 2019.)



Kuva 6. HTC Viven lasit, ohjaimet ja majakat (HTC Vive 2019).

SteamVR on Steammin tekemä virtuaalitodellisuutta varten suunniteltu alusta tai käyttöliittymä, jonka tarkoitus on koota kaikki virtuaalitodellisuuden osat yhteen. Se yhdistää VR-lasit, ohjaimet ja majakat ja tietokoneelta tulevan kolmiulotteisen virtuaalimaailman yhdeksi toimivaksi helppokäyttöiseksi kokonaisuudeksi. SteamVR vaatii toimiakseen Steammin, jonka voi ladata ilmaiseksi internetistä ja tekemällä tunnukset. Jokaiselta Steammin käyttäjältä pitäisi löytyä automaattisesti SteamVR Steammin työkalut kohdasta. (PCGamer 2015.)

3.3.2 Unity-pelimoottori

Unity Technologiensin kehittämä Unity on usealla eri alustalla toimiva pelimoottori, mikä mahdollistaa monipuolisten kolmiulotteisten pelien ja virtuaaliympäristöjen teon ja ohjelmoinnin kohtuullisen helposti. Unity-pelimoottori oli yksi ensimmäisiä pelimoottoreita, jotka tukivat VR-teknologiaa ja on edelleen suosituin vaihtoehto VR-projekteihin. Se on hyvin optimoitu stereoskooppiseen renderointiin eli luomaan uskottavan virtuaalimaailman, jossa on syvyysvaikutus. Ohjelmasta löytyy

ja siinä on mahdollisuus ladata paljon malleja ja tekstuureja, joilla luoda realistisen näköisen virtuaaliympäristön ja skriptejä, eli komentosarjoja, joilla voidaan tehdä erilaisia pelin sisäisiä komentoja. Näitä yhdistelemällä voidaan luoda uskottava virtuaaliympäristö. (unity 2018.)

4 Pientalon tietomallintamisen LVI-osuus

Tietomallintamista lähdetään tekemään yleensä suuriin ja monimutkaisiin projekteihin, mutta tässä tapauksessa mallintamisen kohteena on pientalo. Tietomallinnuksen pohjana käytetään rankarunkoista kolmikerroksista pientaloa (liite 10). Rakennuksen arkkitehtimalli, jota käytetään suunnittelun pohjana, saatiin Karelia-ammattikorkeakoulun kautta. Malli löytyi sekä IFC-mallina sekä Revit-mallina. Koska toteutin oman osani malleista Revit-ohjelmistolla, käytin jo valmista revit-mallia suunnittelun pohjana.

Kun suunnitelmia aloitetaan tekemään Revit-ohjelmistolla pitää tietyt vaiheet tehdä, jotta BIM-suunnitelmat toimivat tarkoituksenmukaisesti. Aloitin luomalla kokonaan uuden projektin käyttämällä Magicad for Revitin omaa mallipohjaa FIN-MCREV-LVIS-2019_r2019, joka tuo projektiin valmiiksi määrätyt asetukset, jotka pohjautuvat suomalaisiin LVI-puolen ohjeistuksiin ja tapoihin. Mallipohjassa on myös paljon valmiita mallinnusnäkyymiä, jotka antavat hyvän pohjan tietomallipohjaiselle suunnittelulle. Se löytyy valmiina Magicadin mukana, mutta pitää muistaa laittaa työn alussa päämallipohjaksi. Aloittaessa tietomallin tekoa pitää muistaa, että TATE-suunnittelija ei saa lähteä tekemään työtä arkkitehtikuvaan, vaan arkkitehtikuva pitää linkittää pohjatasoksi ja sitä ei saa muokata. Arkkitehti kuvan tuominen tapahtuu yksinkertaisesti linkittämällä revit-tiedosto ja valitsemalla paikannukseen origot samaan paikkaan. Työssä ei tämän aloituksen lisäksi käydä tarkemmin läpi Revit-ohjelmiston toimintaa itse suunnittelun ja piirtämisen osalta.

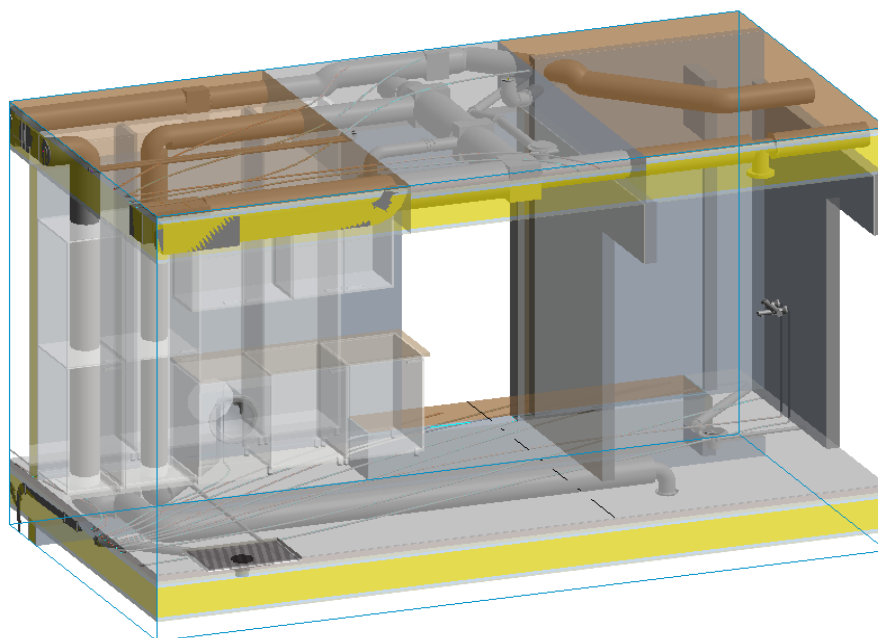
Työn aikana täytän ja ylläpidän tietomalliselostusta, jossa näkyy mallin sisältö, mallinnustavat, poikkeamat ja mallinnus vaiheet. Jokaisesta pääjärjestelmästä täytetään oma tietomalliselostus, joka antaa tarkan kuvan järjestelmästä ja sen suunnittelun vaiheista.

4.1 Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaihe

Toisin kuin kohdassa 2.6.1 tässä kohteessa en osallistunut tai tehnyt kaikkia vaiheita ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheessa. Tarkoituksenaan TATE-suunnittelijalla on varata itselleen riittävät tilantarpeet, hormit sekä tarvittavat tekniset tilat ja tehdä tarpeelliset järjestelmävalinnat. TATE-suunnittelijan puuttuminen näistä vaiheista tulikin suunnittelun suurimmaksi ongelmaksi. Rakennuksesta puuttui kokonaan LVI-puolelle tarpeelliset nousuhormit ja tilantarpeet, sekä teknisentilan sijoittaminen oli epäonnistunut taloteknisestä näkökulmasta. Tässä korostuu se, että tietomallipohjaisessa projektissa kaikkien suunnittelijoiden pitäisi olla alusta lähtien mukana, jolloin nämä ongelmat voitaisiin helposti välttää.

Isommissa kohteissa tehtäisiin yleissuunnitteluvaiheessa palvelualuekaaviot, jotka merkataan perinteisesti arkkitehtikuviin, mutta tässä kohteessa koko rakennus on oma palvelualueensa ja erillisiä alueita ole, joten palvelualuekaavioita ei tarvitse tehdä.

Yleissuunnitteluvaiheeseen tehdään myös rakennuksen jostain huoneesta tai tilasta mallihuone 2.6.1 kohdan mukaan ja tässä kohteessa valitsin huoneeksi ensimmäisen kerroksen kodinhoituhuoneen ja pesuhuoneen (kuva 7). Varmistin että putket ja kanavat mahtuvat kulkemaan pohjissa ja seinissä.



Kuva 7. Mallihuone.

Työssä tehdään laskelmia, mittauksia ja tiettyjä vaiheita toteutussuunnitelmavaiheen kohdalla, jotka yleensä kuuluvat yleissuunnitteluvaiheeseen, kuten lämpöviölaskelmat ja ilmanvaihtomitoitus, mutta näistä mainitaan tekstissä sen tapahtuessa.

4.2 Toteutussuunnitelmavaihe

Toteutussuunnitelmavaiheessa tehdään rakennukseen tarvittavat järjestelmämallit. Kaikki pää- ja osajärjestelmät toteutetaan 2.6.2 kohdan mukaan. Heti mallituksen aloittaessa aloin ylläpitämään tietomalliselostusta, jossa toteutuu kapaleen 2.4 kohdat. Jokaisesta pääjärjestelmästä on tehty oma tietomalliselostuksensa. Tässä työssä keskitytään ilmanvaihto-, lämmitys-, vesi- ja viemärijärjestelmään ja rajataan pois salaoja-, sadevesi- ja radonjärjestelmät sekä talon ulkopuoliset liitokset, kuten maalämmön keruupiiri. Myöskään tässä opinnäytetyössä ei keskitytä mahdollisiin kunnallisteknisiin liittymien ja sijainnin asettamiin rajoituksiin, kuten jäteviemärien liitoskorot, vesijohtoliittymän alin painetaso ja padotuskorkeus. Järjestelmät mallinnetaan käyttämällä YTV2012 osa

4 liitteen 1 (liite 9) vaatimuksia ja mahdollisista muutoksista tehdään maininta tietomalliselostukseen. LVI-järjestelmien, putkien ja kanavien värit toimivat YTV2012 osa 4 liitteen 1. mukaan. Magicad for Revit -mallipohja on automaattisesti valinnut tietomallintamiselle sopivat värit ohjelmaan.

4.2.1 Ilmanvaihtojärjestelmä

BIM projektissa järjestelmien suunnittelun aloitus toimii samanlailla kuin perinteisessä suunnittelussa, kuitenkin seuraten myös YTV2012 osa 4 liitteen 1 (liite 9) vaatimuksia. Vuonna 2017 tullut ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta antaa tarkat säädökset mitä ehtoja pientalon tulee täyttää ja miten ilmanvaihto tulee suunnitella. Rakennuksen tulee täyttää tietyt kriteerit täyttääkseen nämä ehdot. Rakennuksen huoneenlämmön tulee olla suunnitteluarvona 21 celsiusastetta lämmityskauden aikana, käyttöaikana sen tulee olla viihtyisä ja sitä ei saa heikentää ilmanliike ja lämpötilan muutoksen. Sisäilmassa ei saa olla terveydelle haitallisia määriä hiukkasmaisia epäpuhtauksia, hajuja, kosteutta, hiilidioksidia tai muita haitallisia tekijöitä. Toimivalla ja hyvin suunnitella ilmanvaihtojärjestelmällä täytetään nämä ehdot. (Finlex.)

Rakennuksen ilmavirtojen mitoitetaan siten, että rakennukseen tuleva ilma ja poistuva ilma ovat mahdollisimman lähellä toisiaan rakennuksen olematta kuitenkaan ylipaineinen. Ilmavirrat mitoitettiin käyttämällä Finvacin asuinrakennusten ilmanvaihdon mitoituksen opasta ja kumottua Suomen rakennusmääräyskokoelman osaa D2, jota edelleen käytetään mitoituseriaatteena Finvacin ja sisäilma- luokituksen 2018 kanssa. (Finlex.)(RakMK D2.)

Taulukko 1. ilmanvaihtomitoitus.

	tulo (l/s)	poisto (l/s)
Kellari		
MH1	8	0
AULA	0	20
ELOKUVAHUONE	18	0
WC	0	10
KUNTOSALI	12	0
PRH K	0	0
1. kerros		
OH	18	0
AULA	9	0
K	0	8
ET	0	0
S	8	8
PH	0	14
KHH	0	10
VAR	0	5
TEKN.	5	0
WC	0	7
PRH 1	0	0
2. kerros		
MH1	8	0
MH2	8	0
MH3	8	0
MH4	12	0
AULA	0	20
PRH 2	0	10
PH	0	15
TYÖH	8	0
	122	127

Ympäristöministeriön mukaan Ilmanvaihtojärjestelmä on mitoitettava siten, että oleskelutilojen ulkoilmavirraksi on mitoitettava vähintään 6 dm³/s henkilöä kohti suunniteltuna käyttöaikana. Koko rakennuksen ulkoilmavirran tulee olla kuitenkin vähintään 0,35 (dm³/s)/m², joka vastaa ilmanvaihtokerrointa 0,5 1/h huoneessa, jonka vapaa korkeus on 2,5 m. lattian pinta-alaa kohden suunniteltuna käyttöaikana. Opinnäytetyössä oleva kohde on **248,5 m²** kokoinen ja ulkoilmavirraksi on laskettu **122 dm³/s**. näiden arvojen laskettu suhde on **0,49 dm³/s/m²** ja täten täyttää ulkoilmavirran määrän lattian pinta-alaa kohden suunniteltuna käyttöaikana ehdon. Myös rakennuksen jokaisessa oleskelutilassa on yli 6 dm³/s henkilöä kohti. (RakMK D2.)

Rakennuksen ilmavirtoja on voitava ohjata käyttötilanteen tai ilman laadun mukaan. Sitä on voitava tehostaa tarvittaessa vähintään 30 prosenttia suuremmaksi ja käyttöajan ulkopuolella pienentää enintään 60 prosenttia. Työn rakennuksessa tuloilmaa on 122l/s ja poistoa on 127l/s, joten tehostus olisi 159l/s tuloa ja

165l/s poistoa. Käyttöajan ulkopuolisella ajalla se menisi enintään 76l/s tuloa ja 80l/s poistoa. Valitsemassani ilmanvaihtokoneessa, joka oli swegon casa r7 smart, on ilmavirta alue 60-188l/s pitäisi riittää helposti tilan tarpeisiin.

Taloon suunnitellaan myös keittiössä lieden päälle liesituuletin Casa Rock, jolla on oma huippuimuri. Liesituulettimella on poistoilmavirtaa ohjeisarvona -25 l/s, jolla on tarkoitus poistaa ruuanvalmistuksesta aiheutuneita käryjä. IV-kone ja liesikupu ovat varustettuja Swegon CASA Smart -ohjausjärjestelmällä, joka tasa-painottaa ilmanvaihtoa liesituuletinta käytettäessä. Liesikuvusta voidaan valita myös Ilmanvaihtokoneen käyttötilaksi poissa, kotona tai tehostus vaihtoehto. (swegon, 2019.)

Rakennuksessa olevan tulisijan yläpuolelle kattoon laitetaan PSV-100 venttiilistä lähtevä kanava, joka menee ulkoseinälle, missä on ulkosäle US-SV 100. Tällä varmistetaan riittävä palamisilman saanti ja varmistetaan rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä hallittu toiminta ja rakennuksen tai huonetilojen paineitten säilyminen normaalina.

Mitoituksien ja muiden tarpeellisten vaiheiden jälkeen voidaan arvioidut runkoka-NAVISTOT, IV-koneet ja suuremmat laitteet laittaa kohteeseen ja tehdä tarvittavat tilanvaraukset. Nämä laitteet ja varaukset pitää olla esillä tietomallissa, vaikka tässä vaiheessa suunnittelua ei suunnitelmien tarvitse sisältää tietosisältöä. Nämä vaiheet kuuluvat yleissuunnitteluvaiheeseen, vaikka tässä kohteessa ne tehtiin jälkikäteen jo valmiiseen talon tietomalliin toteutusvaiheeseen.

Toteutusvaiheen suunnittelussa ilmanvaihtojärjestelmä ja sen osajärjestelmät suunnitellaan lopullisiin sijoituksiinsa ja järjestelmissä olevien mallien pitää olla mitoitettavissa ja niiden pitää sisältää tarvittava tietosisältö. Järjestelmä on tarkastettava yhdistelmämallin avulla. Tarkemmat ohjeet ja vaateet löytyvät YTV2012 osa 4 liitteestä 1 (liite 9) ja suunnittelun vaiheet löytyvät tietomalliselosteesta (Liite 3).

4.2.2 Lämmitysjärjestelmä

Tässä pientalossa oli ennalta määrätty lattialämmitys koko taloon. Lämmitysverkostossa olevaa vettä kierrätetään Nibe invertterimaalämpöpumpun avulla huoneisiin jakotukijärjestelmän avulla. Lattian alla olevat putket luovuttavat lämpöä tasaisesti tilaan ilman vedon tunnetta ja näkyviä järjestelmiä, toisin kuin patterijärjestelmällä. Jotta lattialämmityksen lämmöntarve voidaan selvittää, pitää laskea talon ja sen huonekohtaiset lämpöhäviöt. Lämpöhäviöt lasketaan D5 Suomen rakentamismääräyskokoelman avulla. Lämpöhäviöitä on johtumislämpöhäviö, vuotoilmasta tulevat häviöt ja ilmanvaihdosta johtuvat lämpöhäviöt.

Johtumislämpöhäviöt tulevat ulkorakenteiden rakenneosien, kuten ulkoseinien, katon ja lattian, lämmönjohtumisesta ja niiden häviöiden määrittämiseksi pitää selvittää rakenneosan lämmönläpäisykerroin, pinta-ala ja sen molemmin puolin vallitsevat ympäristön lämpötilat. Tässä kohteessa käytin mitoituslämpötilaa -32°C eli vyöhyke kolmea ja sisälämpönä 21°C. Tilan pinta-alat ja lämmönläpäisykerroimen otin Revit-pohjasta. Johtumislämpöhäviöt lasketaan Johtumalla siirtyvän lämpötehon laskemisen kaavalla 1. (RakMK D5.)

$$\dot{Q}_{\text{joht}} = U * A * (\Delta T) \quad (1)$$

U = on lämmönläpäisykerroin (W/m² °C)

A = on pinta-ala (m²)

ΔT = on rakennusosan sisä- ja ulkopuolisten lämpötilojen erotus (°C)

Vuotoilma on konvektiotyypistä lämpöenergian siirtymistä tilasta pois ja sen määrä riippuu, kuinka tiivis rakennus on ja kuinka suuri paine-ero rakennuksella ja sen ulkopuolella on. Vuotoilmakerroin saadaan kaavalla 2. Jos vuotoilmalukua ei tiedetä, suunnittelussa käytetään arvoa **4 1/h**.

$$n_{\text{vuotoIV}} = n_{50/25} \quad (2)$$

$n_{\text{vuotoIV}} = \text{vuotoilmakerroin, (1/h)}$

$n_{50} = \text{vuotoilmaluku, (1/h)}$.

Vuotoilmavirta saadaan kaavalla 3. Vuotoilmavirran saamiseksi lasketaan myös rakennuksen ja sen tilojen ilmatilavuus.

$$q_{\text{vuotoIV}} = n_{\text{vuotoIV}} * V/3600 \quad (3)$$

$q_{\text{vuotoIV}} = \text{vuotoilmavirta, (m}^3 \text{/s)}$

$n_{\text{vuotoIV}} = \text{vuotoilmakerroin, (1/h)}$

$V = \text{ilmatilavuus, (m}^3 \text{)}$

$3600 = \text{kerroin aikayksikön muunnokseen, (s/h)}$.

ja vuotoilman aiheuttama lämpöhäviö kaavalla 4. Kaavan ilman tiedot ovat kuivan ilman arvoja lämpötilassa 20 °C.

$$\dot{Q}_{\text{vuotoIV}} = q_{\text{vuotoIV}} * \rho * c_p * (\Delta T) \quad (4)$$

$\dot{Q}_{\text{vuotoIV}} = \text{tehohäviö vuotoilman mukana, (W)}$

$q_{\text{vuotoIV}} = \text{vuotoilmavirta, (m}^3 \text{/s)}$

$\rho = \text{ilman tiheys, (kg/m}^3 \text{)}$

$c_p = \text{ilman ominaislämpökapasiteetti, (J/kgK)}$

$\Delta T = \text{ilman lämpötilaero, (K)}$.

Tässä rakennuksessa on koneellinen ilmanvaihto, jossa on lämmöntalteenotto. Ilmanvaihdon lämmitystehon tarve lasketaan kaavalla 5.

$$\dot{Q}_{IV} = q_{IV} * \rho * c_p * (\Delta T) \quad (5)$$

\emptyset_{IV} = ilmanvaihdon aiheuttama tehontarve, (W)

q_{IV} = tuloilman ilmamäärä, (m³ /s)

ρ = ilman tiheys, (kg/m³)

c_p = ilman ominaislämpökapasiteetti, (J/kgK)

ΔT = tuloilman ja huonelämpötilan lämpötilaero, (K)

Tilakohtaiset lämmitystehohäviöt saadaan yhdistämällä kaikki lämpöhäviöt yhteen kaavalla 6. Rakennuksen tilakohtaiset lämpöhäviöt löytyvät Liitteestä 2. (RakMK D5.)

$$\emptyset = \sum \emptyset_{joht} + \emptyset_{vuotoIV} + \emptyset_{IV} \quad (6)$$

\emptyset = tilan lämmitystehon tarve, (W)

$\sum \emptyset_{joht}$ = rakenteiden kautta johtuva lämpöteho, (W)

$\emptyset_{vuotoIV}$ = vuotoilman aiheuttama tehontarve, (W)

\emptyset_{IV} = ilmanvaihdosta aiheuttama tehontarve, (W).

Kun huonekohtaiset lämpöhäviöt on laskettu, kuuluu LVI-suunnittelijalle tehtäviin vielä merkata tasopiirustuksiin ja tietomalliin jakotukkien ja lämmönjakokeskuk-
sen paikat ja suunnitella lämmitysverkosto lämmönlähteestä jakotukeille. Lattia-
lämmitysverkoston runkoputkisto mitoitetaan alustavasti ja sijoitetaan kuviin. Tie-
tomallipohjaisessa suunnittelussa ei lattialämmitysputkiston mallintaminen itse
lattiaan ole pakollista. Tämän jälkeen mitoitustiedot, lämpöhäviölaskelmat ja poh-
jakuvat lähetetään valitulle laitevalmistajan lattialämmitysjärjestelmän suunnitte-
lijalle. Lattialämmitykseen erikoistuneet suunnittelijat tekevät tarkat suunnitelmat,
joissa näkyy asennusvälit, piirien putkikoot ja tarkat virtaamat. Tässä työssä läm-
mitysjärjestelmä jää alustavaan LVI-suunnitelmaan, joka olisi valmis lähetettä-
väksi laitevalmistajille. Tietomalliselosteeseen merkitään tarkasti, että lämmitys-
järjestelmä suunnitelmat ovat yleissuunnitteluvaiheessa ja jäävät kesken.

Tietomaliselosteesta löytyvät myös tarkemmat suunnittelin vaiheet ja muut tiedot (liite 4).

4.2.3 Käyttövesiverkostot

Vesiverkostoa suunnitellessa noudatetaan ympäristöministeriön rakennusten vesi- ja viemärlaitteistot -asetuksen ohjeistuksia ja määräyksiä, jotka tulivat voimaan 2017 lopulla, kuitenkin seuraten myös YTV2012 osa 4 liitteen 1 (liite 9) vaatimuksia. Vesijohdot eivät saa joutua kosketuksiin vaarallisten ja mahdollisesti saastuttavien aineiden kanssa, kuten glykolin tai jäteveden. Kylmän veden tulisi olla alle 20 asteista ja lämpimän yli 55 asteista, jolloin mikrobikasvun mahdollisuus on mahdollisimman pieni ja vaaralliset bakteerit, kuten legionellabakteerit, eivät pääse kasvamaan. Järjestelmä ei saa pitää häiritsevää ääntä tai tehdä haitallisia paineiskuja. Kaikenlaiset vuodonmahdollisuudet tulee välttää ja estää ja vesilaitteiden tiiveys on varmistettava. Vesikalusteista on saatava riittävä ja tasainen virtaama ja lämpimän veden odotusaika ei saa kasvaa 20 sekuntiin, mutta käytäntönä on ollut pyrkiä alle 10 sekuntiin, joka oli aikaisemman asetuksen D1 Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjearvo. (RakMK D1.)

Tässä kohteessa käytetään käyttöveden ratkaisuna Uponor PEX -käyttövesijärjestelmää, jossa kalusteille menevä putki on 15 x 2,5 PEX-putkea suojaputkessa, ja virtaama on 0,5 l/s. Putket lähtevät omilta kylmän puolen ja lämpimän puolen jakotukeiltaan teknisestä tilasta. putki kulkee joko lattian koolaustilassa tai seinän sisällä suojaputkessa ja seinärakenteen läpäisemiseksi käytetään Uponorin hanakulmarasiaa M7. Tietomallissa itsessään ei ole hanakulmarasioita kuvattu, koska Revit-ohjelmassa olevat hanakulmarasiat eivät toimineet mitoituksen kanssa. Putkikoot ja paineet on mitoitettu Revit-ohjelman sisäisillä mitoituksilla ja tasapainotuksella, kuitenkin pakottamalla PEX-putki kokoon 15. Pientaloissa tämä koko on koettu olevan sopiva ja toimiva ratkaisu. Jakotukille menevän kylmäkäyttöveden putkessa käytetään 22-sarjan eristettä ja lämpimän käyttöveden putkistoissa 25-sarjan eristettä. Lämmin vesi lämmitetään Nibe invertterimaalämpöpumpun avulla.

YTV2012 osa 4 liitte 1 (liite 9) kertoo geometrisen tarkkuustason ja tietosisältövaatimukset putkistoille. Käyttövesijärjestelmän runkoputkistot on oltava asennettavissa oikeille sijainnilleen yhdistelmämallitarkastelun perusteella. Tarpeelliset venttiilit ja muut vaikuttavat osat on löydyttävä mallista. KytKentäjohdoilla risteily sallitaan, jos ne ovat välillä DN10-25. Putkistoista ja sen osista on löydyttävä myös virtaamat, painetasot ja muut tarvittava tietosisältö. Tarkemmat suunnitelman vaiheet ja tarkkuudet löytyvät tietomalliselosteesta (liite 5).

4.2.4 Viemäriverkostot

Viemäriverkoston suunnittelussa noudatetaan samaa ympäristöministeriön ohjeistusta kuin vesiverkostossa, mutta myös vanhaa RakMK D1 viemäri-laitteiston mitoitusohjetta ja YTV2012 osa 4 liitteen 1 vaatimuksia (liite 9). Yleissuunnitteluvaiheeseen kuuluu tehdä tarpeelliset mitoitukset ja runkoviemäriin reittivalinta. Tässä vaiheessa ei vielä kaatoja tarvitse merkitä malliin.

Viemäriin toiminta varmistetaan rakennusmääräyskokoelma D1 mitoitusohjeiden avulla. Ensin varmistetaan, että viemäripisteet ovat padotuskorkeuden, eli korkeus jolle viemäri-vesi voi verkostossa nousta viemäriin tulviessa, yläpuolella. Kun viemäriä mitoitetaan, oletetaan ettei kaikkia vesipisteitä käytetä samaan aikaan, joten mitoitusvirtaama, eli suurin todennäköinen virtaama, voi olla pienempi kuin viemäripisteiden normivirtaama, mutta ei kuitenkaan pienempi kuin suurin viemäripisteiden normivirtaama. Käsin laskemalla ja myöhemmin ohjelman mitoituksilla saatiin samat arvot. Kuten taulukossa 2. on esitetty mitoitusvirtaama 1,83 dm³/s on suurempi kuin suurin yksittäinen normivirtaama, joka on wc 1,8 dm³/s. (RakMK D1)

Taulukko 2. Normivirtaamat ja mitoitusvirtaamat.

		Normivirtaamat
kellari	wc	1,8
	pesuallashana	0,3
1.kerros	wc	1,8
	pesuallashana	0,3
	lattiakaivo DN75	1,5
	lattiakaivo DN75	1,5
	lattiakaivo DN75	1,5
	astianpesuallas	0,6
2.kerros	wc	1,8
	pesuallashana	0,3
	lattiakaivo DN75	1,5
		12,9
		Mitoitusvirtaama
	$0.585 \cdot (12.9^{0.45})$	1,83

Rakennuksessa on kaksi isompaa kokoojaviemäriinjaa, joista toinen on tuulettettu katolle menevän pystyviemäriin avulla ja toinen tuulettamaton viemäri. Tähän päädyttiin, koska vesipisteet olivat kaukana toisistaan ja vietto ei olisi ollut riittävä viedä kaikki viemärit yhtä linjaa pitkin. Tuuletusviemäri mitoitetaan normivirtaamien summan mukaan ja on silloin vähintään DN100 eli käytännössä 110 viemäriputki. Tuulettamattoman viemäriin mitoitus varmistetaan D1 ohjeiden avulla. Tällöin vähimmäisputkikoko on DN100 ja vaaka- ja putouskorkeudet eivät ylity.

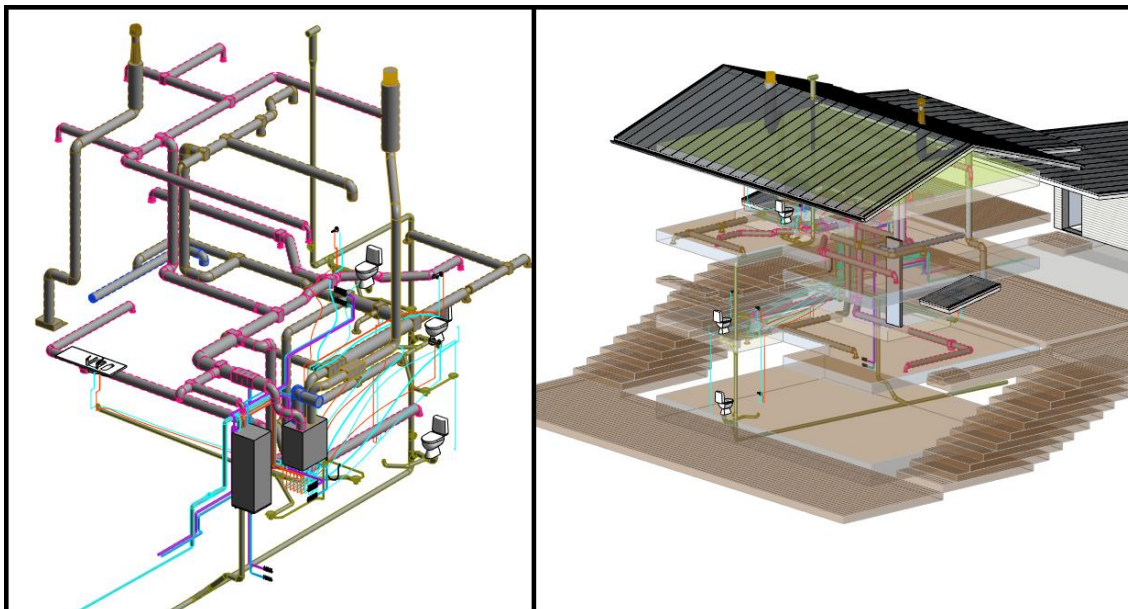
Taulukko 3. Tuulettamaton pysty- ja vaakakokoojaviemäri ohjeistus. (RakMK D1).

Normivirtaamien summa dm ³ /s	Vähimmäis- putkikoko DN	Enimmäispituus tuulettamattomana, m	
		Vaakapituus ¹⁾	Putouskorkeus ²⁾
1,2	50	10	2
2,5	70	10	4
5,4	100	10	4
8,5	125	10	4
12,6	150	rajoittamaton	6

Toteutussuunnitelmavaiheessa viemäriverkosto tulee olla suunniteltu kuviin jo valmiiksi viettoon, jolloin viemäri on itsepuhdistuva. KytKentäviemärien vähimmäiskaltevuudeksi on asetettu 10 %, wc-istuimen kytKentäviemäriin ja siihen liittyvän vaakakokoojaviemäriin vähimmäiskaltevuudeksi on laitettu 20 %. Viemäriputken materiaalina toimii normaali PP-muoviviemäri. Nousuviemäreihin on merkattu tarpeelliset puhdistusaukot. Alapohjan alapuolella pystyviemärien pohjakulmiin tehdään betoniset äänenvaimentimet, mitä ei ole piirretty kuviin. Kuvissa on myös joissain kohdin outoa ratkaisuja putkistojen liittämiseksi, johtuen käytetyn ohjelman rajoituksista. Mallin ja viemäreiden tulee sisältää YTV2012 osa 4 liitteessä 1 (liite 9) mainitut tarkkuustasot ja tietosisältö. Yhdistelmämallilla on varmistettava, ettei järjestelmät leikkaa toisiaan. Tarkemmat suunnitteluvaiheet löytyvät tietomalliselosteesta (Liite 6).

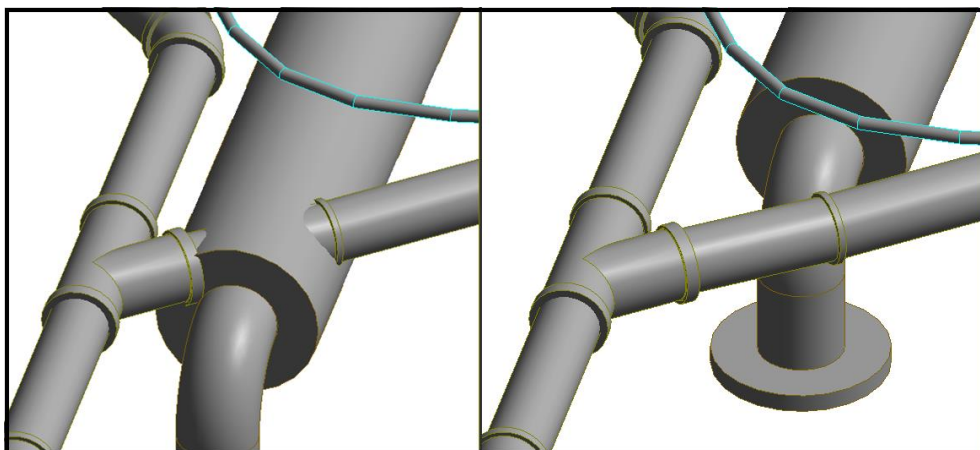
4.2.5 TATE-järjestelmien yhdistelmämalli

Kun rakennuksen pääjärjestelmät oli pääpiirteittäin suunniteltu omissa revitin näkymissä. Tein pääjärjestelmistä yhdistelmämallin (kuva 8) ja selvitin visuaalisesti risteytyksiä ja päällekkäisyyksiä eri järjestelmillä. Yhdistelmä mallin teko Revit-ohjelmalla onnistui helposti, vain lisäämällä järjestelmät samaan näkymään. Myös arkkitehtipohja oli näkymässä mukana, milloin tarkastettiin, etteivät TATE-järjestelmät leikkaa väärin seiniä ja pohjia.



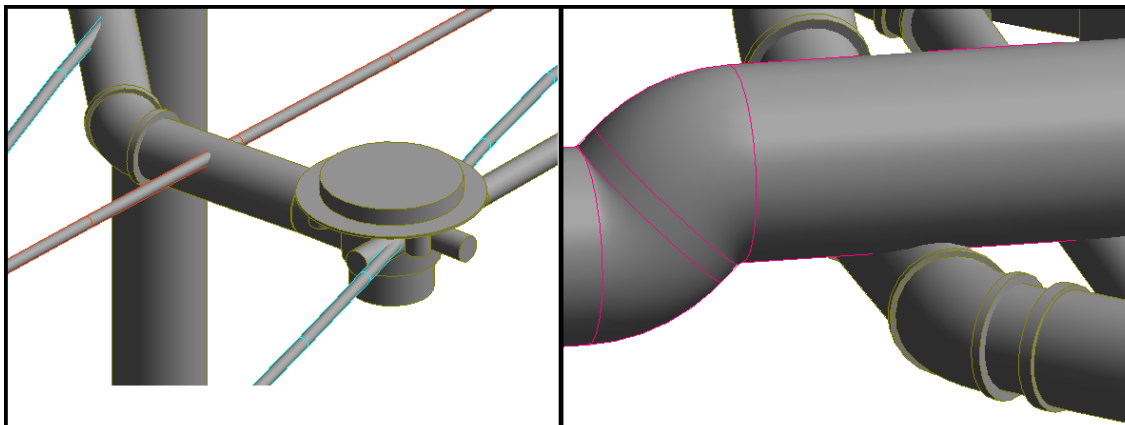
Kuva 8. TATE-järjestelmien yhdistelmämalli ilman arkkitehtipohjaa ja sen kanssa.

yhdistelmämallia tarkastaessa löytyi useita virheellisiä leikkauksia, ja muutamia linjojen muutoksia jouduttiin tekemään, kuten esimerkki kuvassa 9. Suuremmista muutoksista on järjestelmäkohtaisesti tietomalliselosteessa maininta



Kuva 9. Virheellisen leikkauksen korjaus.

Osa leikkauksista ja viisteistä on kuitenkin sallittu, kuten kuvassa 10. Siinä kalusteille menevien ja hyvin joustavien PEX-putkien kaikkien leikkauksien poisto olisi ajan hukkaa. Asentaja etsii putkille parhaimmat reitit mistä putket mahtuvat ja leikkaukset ei aiheuta asennuksen aikana ongelmia. Myös pienet viistämiset toisiinsa nähden ahtaissa tiloissa hyväksytään, kunhan ne ovat asennettavissa työmaaolosuhteissa ilman suurempia ongelmia.



Kuva 10. sallittu leikkaus vasemmalla ja sallittu viisto oikealla.

4.1 Järjestelmien tietosisältö

TATE-tietomallin tietosisällön kuuluu komponenttikohtaisesti täyttää tietyt vaatimet, jotka ovat lueteltu YTV2012 osa 4 liitteen 1 (liite 9) vaatimuksissa, mutta yleisesti tietomalli sisältää lähes kaiken digitaalisessa muodossa olevan kohteeseen kuuluvan tiedon minkä suunnittelija tuottaa. Jokainen suunnitteluohjelma tuottaa vähän erilaista tietoa, mutta tärkeää on, että tuotettuun tietoon voi luottaa.

Jos esimerkiksi otetaan työssä käytetyn pientalon ilmanvaihtojärjestelmä, nähdään YTV2012 osa 4 liitteen 1. ilmanvaihto-osion vaatimuksissa mitä kaikkea järjestelmä ja sen osien pitää sisältää. Helpon materiaalin ja tuotteen koon saa järjestelmään käyttämällä Magicad-lisäosan ylläpitämää MagiCloud-pilvipalvelua, joka sisältää valmistajien tarkastamat tuotteet, joista löytyy niiden tarkat mitat ja kattavat tekniset tiedot. Revit-ohjelma tuottaa myös järjestelmistä määräluetteloa. Esimerkki ilmanvaihtojärjestelmän määräluettelosta löytyy liitteestä 7.

Käyttämällä suunnitteluohjelman laskentaohjelmia saadaan osiin ja järjestelmiin niiden koon lisäksi, itse järjestelmän toimivuuden kannalta olennaista tietoa ja toimivuuden varmistusta. Suunnitteluohjelmien laskentatyökalut, tässä työssä MagiCad for Revit -ohjelman laskentatyökalut, laskevat ja mitoittavat järjestelmät

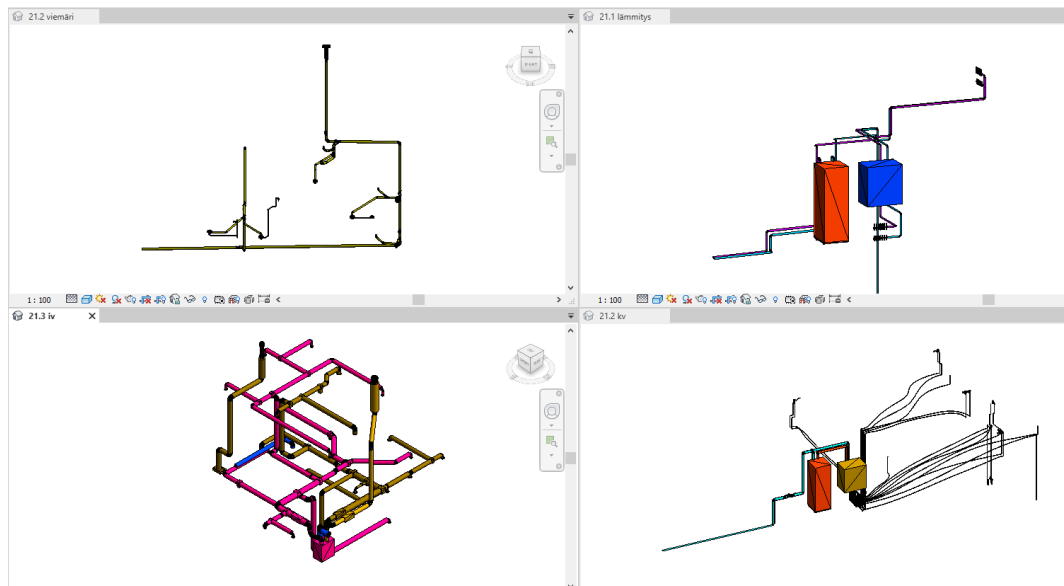
ja ilmoittavat jos ne eivät ole virtausteknisesti toimivia ja ehjiä järjestelmiä. Liitteessä 8. löytyy esimerkkinä ilmanvaihtojärjestelmän tuloilman tasapainotusmitoitus. Tietyt asiat, kuten kanavien ilmamäärät, tulee suunnittelijan laskea itse ja merkitä kuviin. Opinnäytetyössä ei esitetä kaikkia mitoitustuloksia, koska ne eivät ole oleellisia työn kannalta.

4.2 IFC-mallit järjestelmistä

Vaikka rakennuksen suunnittelu tehdään Revit-natiivimallinmuodossa, on pääjärjestelmistä tehtävä IFC-mallit ja kirjattava ne tietomalliselostukseen. IFC-mallin teko Magicad for Revit-ohjelmistolla tapahtuu yksinkertaisesti valitsemalla IFC Export kohdan Magicad valikosta ja tallentamalla näkymät IFC-muodossa. YTV2012 ohjeistaa IFC-tiedoston tekotavaksi muutamia eri vaihtoehtoja.

1. Pääjärjestelmät mallinnetaan omina malleina kerroksittain.
2. Pääjärjestelmät yhdistetään yhdeksi kerroskohtaiseksi malliksi.
3. Pääjärjestelmistä tehdään omat, erilliset koko kiinteistön kattavat mallit.
4. Pääjärjestelmät yhdistetään yhdeksi, koko kiinteistön kattavaksi malliksi. (YTV2012 osa 4, 9.)

Tässä työssä päätin, että vaihto ehto 3. sopii parhaiten kohteeseen ja on selvin vaihtoehto, koska rakennuksessa on vain kolme kerrosta ja osien määrä on pieni. Tiedostot on nimettävä selkeästi ja nimitystä ei saa muuttaa kesken projektin. Nimestä on tultava esille mitä suunnittelualaa se esittää ja mistä järjestelmästä kyse.



Kuva 11. Järjestelmien IFC-mallit muutettu Revit-malliksi.

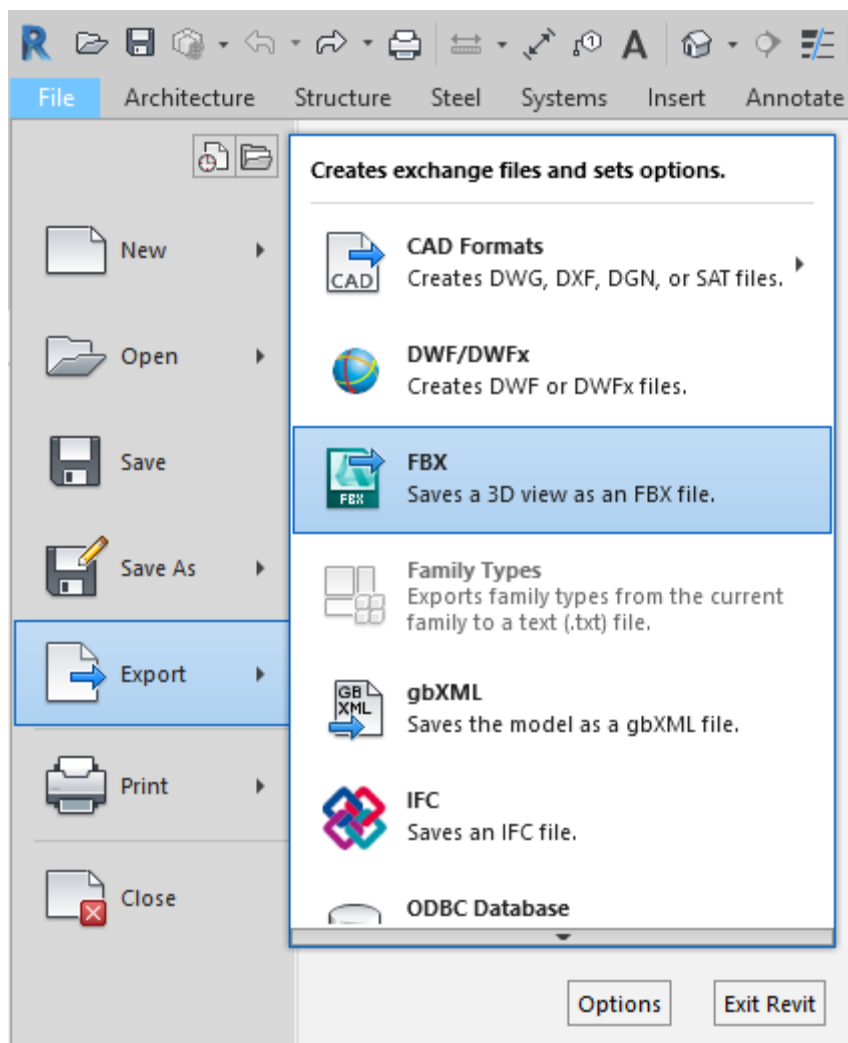
5 Pientalon virtuaalimallin LVI-osuus

VR-mallintamiseen ei ole tehty säädöksiä tai ohjeistuksia mitä seurata, vaan jokainen yritys ja insinööritoimistot tekevät mallit omia tarkoituksensa varten. Useita eri ohjelmistoja on tullut viime aikoina markkinoille, jotka luovat virtuaalimalleja tietomalleista tai rakennuksen kuvista. Näiden mallien laatu ja tarkoituksensa vaihtelevat suuresti. Suurin osa on tehty puhtaasti talon markkinointia varten esittelymalliksi. Osa yrityksistä on kuitenkin alkanut käyttämään virtuaalimallia suunnitelmien ja järjestelmien tarkastelussa. Tässä opinnäytetyössä käydään läpi mallin teko pelkästään Revit-ohjelman ja Unity-ohjelman avulla, ilman tarvittavia lisäosia.

5.1 Virtuaalimallin luominen

Jotta pientalon LVI-malleja voidaan lähteä VR-mallintamaan, tarvitaan ensin rakennuksen jo valmiiksi VR-mallinnettu pohja. Tässä työssä Karelia-ammattikorkeakoulun rakennustekniikan kesäharjoittelijat olivat rakentaneet valmiin pohjan projektia varten, joten LVI osuuden VR-mallintaminen tapahtuu suoraviivaisesti.

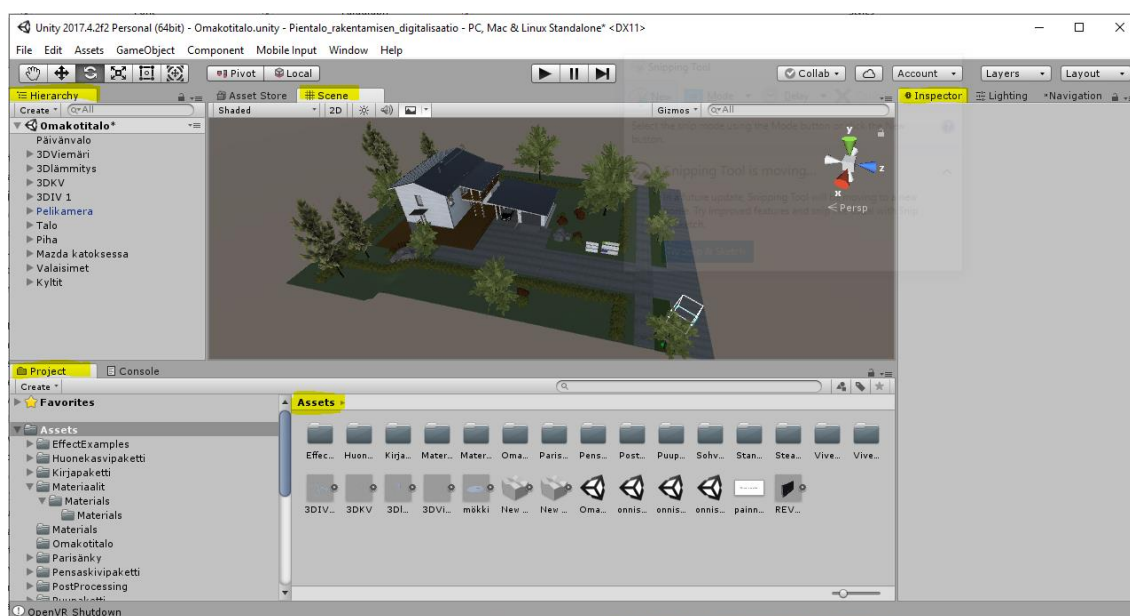
TATE-pääjärjestelmät aukaistaan Revit-ohjelmalla omiksi 3D näkymiksi, missä saa näkyä vain järjestelmän omat osat. Linkitetty arkkitehtikuva pitää myös piilottaa näkymistä. Kun halutut näkymät ovat saatu aikaan, aukaistaan haluttu näkymä, valitaan File-välilehdeltä Export kohta ja tallennetaan haluttu näkymä FBX-muotoon (Kuva 12). FBX-tiedosto tallentaa näkymän 3D-malliksi. Se ei sisällä tietoa, niin kuin IFC-malli, vaan ainoastaan kohteen tarkan 3D-mallin.



Kuva 12. FBX-tiedoston muutos.

Seuraavassa vaiheessa aukaistaan Unity-ohjelma. Unity-ohjelmassa aukaistaan valmis pohja, mikä tässä tapauksessa on pientalon VR-malli. FBX-tiedostot voidaan liittää VR-mallin tietokantaan helpoiten valitsemalla kaikki halutut tiedostot kansioista, minne ne olivat tallennettu, ja raahaamalla ja pudottamalla ne Ohjelman alareunassa olevaan Project-näkymään ja siinä Assets-kohtaan Unity-ohjelmassa. Tässä vaiheessa järjestelmien mallien tulisi näkyä ohjelmassa 3D-objekteina. Assets-kohdasta objektit raahataan Scene-näkymään, missä talon malli on, ja vasemmassa reunassa olevaan Hierarchy-näkymään pitäisi ilmestyä järjestelmien tiedostojen nimet. Jokaisesta järjestelmän tiedostosta pitää poistaa 3D view-kohta, mikä yleensä löytyy ensimmäisenä alatiedostona, kun tiedoston avaa. 3D view on Revit-ohjelmasta mukaan tuleva näkymä, mikä estää Unity-ohjelman oman näkymän toiminnan. Näkymien sijainnit näkyvät kuvassa 13.

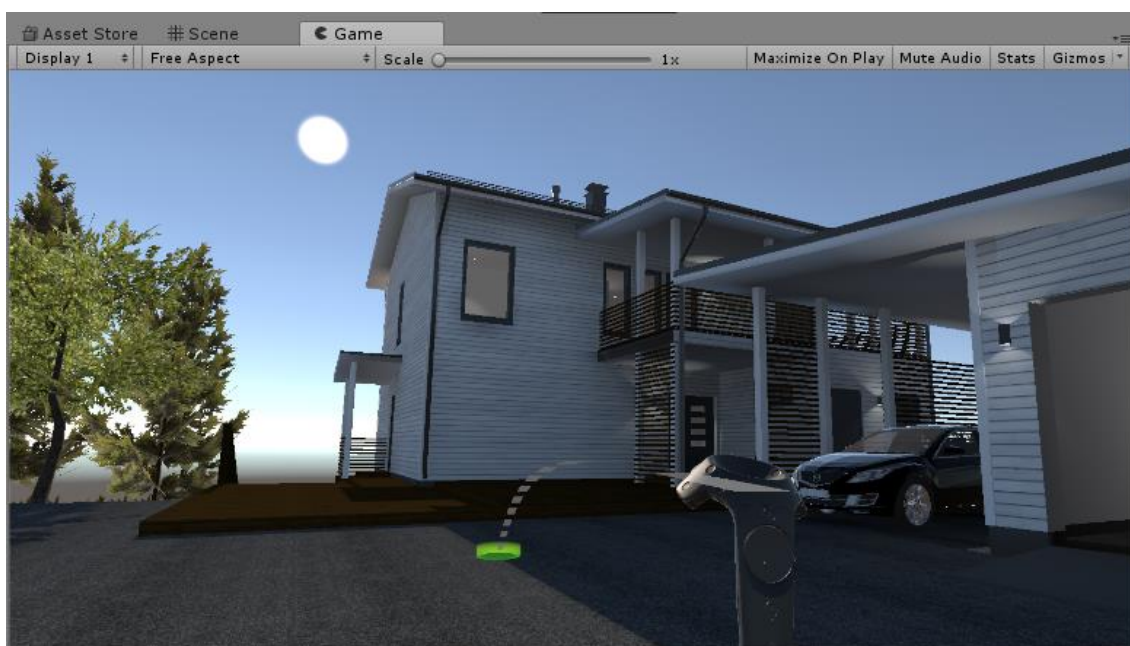
Järjestelmät saadaan oikeille sijainneilleen valitsemalla niille samat koordinaatit kuin talolla. Järjestelmiin saadaan laitettua haluamat materiaalit vain raahaamalla Project-näkymän materiaali kohdasta halutut materiaalit koko järjestelmälle tai vain halutulle osalle, joko suoraan itse osaan tai sen Inspector-näkymään sivun oikeassa laidassa. Järjestelmien osat löytyvät kyseisen järjestelmän alatiedostoista Hierarchy-näkymässä (kuva 13).



Kuva 13. Unity-ohjelma.

5.2 Virtuaalimallin tarkastelu

Tässä työssä mallin tarkasteluun käytetään HTC Vive VR-laseja ja SteamVR-sovellusta. Kun lasit ovat saatu toimintaan, voidaan painaa Unity-ohjelman Play-nappia ja pelin tuli käynnistyä. Ohjelmaan aukeaa uusi Game-näkymä, jonka tulisi näyttää VR-lasien kuvaa. Kun henkilö laittaa lasin päähänsä, pitäisi hänen pystyä liikkumaan rakennuksessa teleportaation avulla, painamalla ohjaimen keskinappia, kuten kuvassa 14 näkyy.



Kuva 14. Game-näkymä teleportaatiosta.

Mallin tarkastelu tapahtuu kävelemällä rakennuksen sisällä ja tarkastamalla järjestelmien sijainnit. Lattian ja seinien läpinäkyvyyttä voi säätää ohjelman avulla, joten putkistot ja kanavistot näkyvät rakenteiden läpi. Perspektiivin muutos ja vapaa näkökenttä tuovat kokonaan uuden ulottuvuuden tarkastamiseen. Putkistot, jotka tietokoneen näytöltä vaikuttivat hyvin sijoitetuilta, voivat VR-mallissa olla selvästi väärässä paikassa tai päällekkäin muiden osien kanssa.

Suuri ongelma VR-mallissa on vielä se, että alkuperäisen tietomallin muuttaminen ei vaikuta VR-malliin. Jos pienikin muutos tapahtuu alkuperäisessä mallissa,

joudutaan VR-mallintaminen sen järjestelmän osalta tekemään kokonaan uudelleen. Siksi VR-malleja kannattaa käyttää tarkastuksessa harkiten ja jokaisen muutoksen kohdalla ei kannata tehdä uutta mallia.

6 Pohdinta

Opinnäytetyö käsittelee aiheita, jotka tulevat kasvamaan tulevaisuudessa aivan uusiin mittoihin. Tietomallintaminen on selkeästi suunnittelun seuraava suunta, jos sitä ei vielä jo siksi voisi laskea. Tietomallinnusta on pidetty isojen urakoiden osana jo pitkään, mutta se luonnistuu pieniin kohteisiin, kuten tähän pientaloon, hyvin. Nykyiset suunnitteluohjelmat, varsinkin Revit, mahdollistavat 3D-mallintamisen ilman sen suurempaa vaivaa, kunhan ohjelmaa osaa käyttää. Tietomallintamisen vaiheet eivät poikkea perinteisestä suunnittelusta hirveästi, joten seuraamalla YTV2012 ohjeita, sen suurempia ongelmia ei pitäisi tulla mallintamisen osalta. Tietomallin tulisi tehdä suunnittelusta nopeampaa, varmempaa, ja helpompaa sekä lisätä ja helpottaa yhteistyötä suunnittelijoiden välillä.

Nykyinen teknologia mahdollistaa helposti tietomallintamisen ja keskiverto kone pystyy tekemään kaikki tarvittavat mallinnukset. Suurin hidaste tietomallissa on taidon ja tiedon puute. Tietomallin osaajia on Suomen mittapuussa harvassa ja ne keskittyvät yleensä suuren mittaluokan urakoihin. Pienet yritykset eivät halua ottaa riskiä lähteä kokeilemaan uutta, vaan pysyvät vanhassa varmassa tavassa tehdä asioita. Kynnys hypätä tietomallinnukseen on korkea ja siitä saatavilla oleva tieto on sekavaa. Tietomallintamiseen on paljon ohjeita, mutta ne alkavat olla pahasti ajassa jäljessä ja kaipaisivat kovasti päivitystä. Tietomallin ongelmat eivät siis ole mallinnuksessa itsessään vaan tekijöissä sen ympärillä. Jos yksi osa tietomallinnukseen kuuluvista asioista ei toimi, vaikeutuu kaiken muun tekeminen paljon.

Vaikka muutos on hidasta ja alkutaipaleilla on ongelmia ei se tarkoita, että tietomallintaminen ole tullut jäädäkseen. Kun tietomallintamisen ongelmat pikkuhiljaa ratkaistaan, tulee se tehostamaan suunnittelua ja tekemään säästöjä samalla.

Kun yritykset alkavat huomata mallintamisen hyödyt, yhä useampi ja pienempi yritys tekee hypyn siihen. Paljon positiivia kokemuksia on tullut jo tässä vaiheessa isoista projekteista. Pienemmissä projekteissa, kuten omakotitaloissa, tietomallinnus on vielä kuitenkin vielä pientä ja sen hyötyjä ei nähdä.

Talotekniikan näkökulmasta tietomallinnus tuo paljon varmuutta ja toimivuutta suunnitteluun. Putkistojen ja kanavistojen tilantarve ja törmäystarkastelujen teko on tietomallinnuksen avulla huomattavasti helpompaa ja mallin tietosisältö helpottaa kaikkia virtausteknisten laskujen ja mitoituksien tekoa. Kuvien muokkaaminen ja muuttaminen työn aikana helpottuu, koska muutokset päivittyvät kaikkiin kuviin ja mitoitukset voidaan tehdä ilman sen suurempia ongelmia.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus, eli pientalon tietomallintaminen onnistui kohtalaisen hyvin, siihen nähden, että en ollut Revit-suunnittelu ohjelmaa, saati tietomallinnusta ennen käyttänyt. Tässä kohteessa ei tosin ollut mahdollisuutta toimia muiden suunnittelijoiden, kuten arkkitehdin kanssa, joten se osuus tietomallista jäi puuttumaan. Tärkein, eli itse tietomalli, onnistui omasta mielestäni hyvin. Talosta saatiin jokaisesta järjestelmästä omat mallinsa, ja jokainen niistä sisälsi kaiken tarvittavan tiedon osista virtausteknisiin tietoihin.

VR-mallinnus onnistui sekin työssä ja yllätti toimivuudellaan. Muutos tietokoneen näytöltä koko näkökenttään ja itse mallin sisälle muutti käsityksen suunnittelusta sillä heitolla. Mallista löytyi useita virheitä mitä ei ollut edes näytöltä osannut katsoa. Ongelmana VR-mallinnuksessa on totaalinen ohjeistuksien ja määräyksien puutos. Pientalon järjestelmien VR-mallin tein kokeilemalla, virheiden ja sattumuksien kautta, ja sain sen lopulta toimimaan. Käytettävät ohjelmat eivät toimi kuitenkaan yhteen, vaan tietomalli pitää aina muuttaa muutosten jälkeen virtuaalimalliksi. Tähän on varmasti tulossa ja saattaa tälläkin hetkellä olla ratkaisu jollain yrityksellä, mutta yhtenäistä suuntaa, kuten tietomallilla, ei VR-mallinnuksessa ole. Yritykset käyttäjä malleja talojen esittelyyn markkinointiin muutamaa yritystä lukuun ottamatta. VR-malli tulee kasvamaan samanlailla kuin tietomalli, eli hitaasti. Tällä hetkellä siitä ei vielä, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta, ole muuttamaan suunnittelua tai tuomaan lisäarvoa projekteille.

Opinnäytetyö kasvatti osaamistani tietomallin ja suunnittelun osalta paljon. Opin käyttämään Revit-ohjelmaa ja tekemään tietomallisuunnitelmia, mikä on varmasti hyödykäs asia työelämässä. VR-osuus jäi aika pintapuoliseksi, mutta VR-mallin tekeminen ja kokeminen antoi uutta näkökulmaa suunnitteluun.

Lähteet

- Arksystems. 2019. Revit. <http://www.arksystems.fi/tuotteet/revit/>. 22.05.2019.
- Autodesk. 2019. Revit. <https://www.autodesk.fi/products/revit/overview>. 22.05.2019.
- Building Smart Finland. 2019. Standardit. Building Smart Finland <https://buildingsmart.fi/standardit/>. 22.05.2019.
- Building Smart. 2019. Summary of IFC Releases. <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-releases>. 22.05.2019.
- Building Smart Finland. 2019. Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012. Building Smart Finland. <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>. 22.05.2019.
- CADS. 2019. Mitoittavaa tietomallipohjaista suunnittelua (BIM). CADs. <http://www.cads.fi/index.php/ohjelmistot/cads-hepac/mitoittavaa-tietomallipohjaista-suunnittelua-bim>. 22.05.2019.
- Colibri. 2018. SOLIBRI MODEL CHECKER aloittajan opas. <https://solibri-assets.s3.amazonaws.com/old-site/2018/04/Aloittajan-opas-9.8.pdf>. 22.05.2019.
- RakMK D1 Suomen rakentamismääräyskokoelma Kiinteistöjen vesi- ja viemärilaitteistot/2012.
- RakMK D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto/2012.
- RakMK D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta/2012.
- FINVAC ry. 2017. Opas asuinrakennusten ilmanvaihdon mitoittamiseen. https://asiakas.kotisivukone.com/files/finvac.kotisivukone.com/tiedostot/Opas_asuinrakennusten_ilmanvaihdon_mitoittamiseen.pdf. 22.05.2019.
- Halmetoja, E. 2016. Tietomallit ylläpidossa. Senaatti-kiinteistöt. https://www.senaatti.fi/app/uploads/2017/05/6099-Tietomallit_yllapidossa.pdf. 22.05.2019.
- Hietanen, J. 2005. Tietomallit ja rakennuksen suunnittelu. Tampere: Rakennustieto OY.
- Jäväjä, P. ja Lehtoviita, T. 2016. Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla. Pieksänmäki: Rakennustieto
- MagiCAD. 2016. MagiCAD lyhyesti. <https://web.archive.org/web/20160324022649/https://www.magicad.com/fi/content/magicad-lyhyesti>. 22.05.2019
- PCGamer. 2015. SteamVR — Everything you need to know. PCgamer. <https://www.pcgamer.com/steamvr-everything-you-need-to-know/>. 22.05.2019.
- Pänkäläinen, T. 2017. Virtuaalilasit. <https://www.virtuaalimaailma.fi/virtuaalilasit/>. 22.05.2019
- RIL. 2019. Tietomallinnus. RIL. <http://ril.easypage.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html>. 22.05.2019.

- Ristolainen, K. 2008. Tietomalli korjausrakentamisessa. Senaatti-kiinteistöt <https://docplayer.fi/6706433-Tietomalli-korjausrakentamisessa.html>. 22.05.2019.
- Skytt, L ja Arvanaghi, B. 2018. Virtuaalitodellisuus – tulevaisuus on täällä tänään. <https://tieku.fi/teknologia/vempaimet/virtuaalitodellisuus>. 22.05.2019.
- Swegon. 2019. Casa R7 smart. Swegon. http://www1.swegon.com/Global/PDFs/Home%20ventilation/Air%20handling%20units/Swegon%20CASA%20R-series/_fi/R7_a_FI-t_web.pdf. 22.05.2019.
- Vatanen, P. 2016. Tästä virtuaalitodellisuudessa on kyse. <https://yle.fi/uutiset/3-9072959>. 22.05.2019.
- Virtual Reality Society. 2017. Virtual reality. <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html>. 22.05.2019.
- Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017.
- Sisilius, P. 2013. Rakentamisen tietomallintamisen oikeudelliset haasteet. Rakennustietosäätö. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK130205.pdf>. 22.05.2019.
- Tekla. 2013. Tekla BIM käytännössä Kastellin monitoimitalo. Tekla. https://www.tekla.com/sites/default/files/media/finland/case_kastelli_web.pdf. 22.05.2019.
- Unity. 2019. What is AR, VR, MR, XR, 360?. Unity. <https://unity3d.com/what-is-xr-glossary>. 22.05.2019.
- Unity. 2019. Architecture, Engineering & Construction. <https://unity.com/solutions/aec>. 25.05.2019
- Vesikiertoinen lattialämmitys LVI 13-10261/1996.
- Vive. 2019. Vive. HTC corporation. <https://www.vive.com/eu/product/>. 22.05.2019.
- YTV2012 Yleiset tietomallivaatimukset Osa 1./2012.
- YTV2012 Yleiset tietomallivaatimukset Osa 4./2012.
- YTV2012 Yleiset tietomallivaatimukset Osa 6./2012.
- YTV2012 Yleiset tietomallivaatimukset Osa 11./2012.
- YTV2012 Yleiset tietomallivaatimukset Osa 12./2012.
- YTV2012 Yleiset tietomallivaatimukset Osa 13./2012.

Liitteet

Liite 1. tietomallinnuksen tavoitteiden määrittelyn ja ohjelmistohankintojen pohjamalli.

Liite 2. lämpöhäviöt

Liite 3. Tietomalliselostus ilmanvaihto

Liite 4. Tietomalliselostus Lämmitysjärjestelmä

Liite 5. Tietomalliselostus Käyttövesijärjestelmä

Liite 6. Tietomalliselostus Viemärijärjestelmä

Liite 7. Ilmanvaihdon määräluettelo

Liite 8. Ilmanvaihdon tuloilman tasapainotus

Liite 9. YTV2012 osa 4 liitteen 1. LVI osuus

Liite 10. Pientalon pohjakuvat

Rakennushanke				Käyttö ja ylläpito			
Rakennushankkeen tiedot	Dokumentit	Ohjelmistojen alkuperäismallit	Avoimen tiedonsiirron mallit (IFC)	Tietomallien täydentäminen ylläpidon ohjelmistojen avulla	Havainnollistaminen tietomallien avulla	Ylläpidon toimintojen tukeminen	
	PDF/Excel	Suunnitelma	Ylläpidon täyd.				Vaatimukset
Tilat ja tilaryhmät (alueet)							
Tilojen perustiedot (ARK)	Min. 1)	Min.	Proj.	Min. 2)	Työpiisteet ja henkilöt	Vuokrausvoiminta	
Olosuhdetavoitteet (TATE)	Min.		Proj.		Vuokra- ja palvelusop.alueet	Palveluiden kilpailutus ja sopimukset	
Tilojen varusteet (TATE)	Min.		Proj.		Olosuhdemittaukset	Muutos- ja korjaushankkeiden suunnittelu	
Erikoistilojen luokitus (TATE)	Min.		Proj.		Siiuosaalueet ja puhtaustasot	Kunnossapidon suunnittelu ja budjetointi	
Järjestelmien palvelualueet (TATE)	Min.		Min. 3)		Kunnossapitotarpeet	Palvelupyyntöjen hallinta	
Kulutusmittausalueet (TATE)	Min.		Proj.		Kulkuoikeudet ja kulkureitit	Olosuhteiden seuranta	
Kulutustavoitteet	Proj.		Proj.		Kiinteistön avaimet	Turvasuunnittelu	
Ympäristöluokitus	Proj.		Proj.		Viranomais tarkastukset	Kulkuoikeuksien ja avaimien hallinta	
					Kulutustiedot	Kulutus- ja ympäristövaikutusten seuranta	
Rakennusosat, järjestelmät ja laitteet							
Rakennusosamalli (ARK)		Min.	Min.	Min.	Ennakkohuoltosuunnitelma	Palveluiden kilpailutus ja sopimukset	
Rakennemalli (RAK)		Min.	Min.	Min.	Huolto- ja korjaushistoria	Muutos- ja korjaushankkeiden suunnittelu	
Järjestelmämalli (TATE)		Min.	Min.	Min.	Palvelupyynnöt	Ennakkohuollon suunnittelu ja seuranta	
Muut suunnitelmätiedot (kaikki)	Min.		Proj.			Ennakkohuolto, korjaukset, työmääräimet	
Urakoitsijan tuotetiedot	Min.		Proj.			Palvelupyyntöjen hallinta	
Mittaus- ja tarkastustiedot	Min.		Proj.				
Käyttö- ja huolto-ohjeet	Min.						
Rakennushankkeen luovutusasiakirjat							
Suunnitelma-asiakirjat	Min				Asiakirjojen arkistointitiedot	Takuutarkastukset ja -korjaukset	
Urakkasopimusasiakirjat	Min					Muutos- ja korjaushankkeiden suunnittelu	
Rakennusaikaiset asiakirjat	Min						

Huom:

1) Vähimmäisvaatimuksena on tilaluettelo

2) Sovittava projektikohtaisesti: tilamalli tai rakennusosamalli

3) Vähimmäisvaatimus vain silloin, kun TATE-suunnittelussa on valittu taso 2, ks. ohje 4

Min.
Proj.

= vähimmäisvaatimus kaikissa projekteissa, joissa hyödynnetään tietomalleja

= sovittava projektikohtaisesti

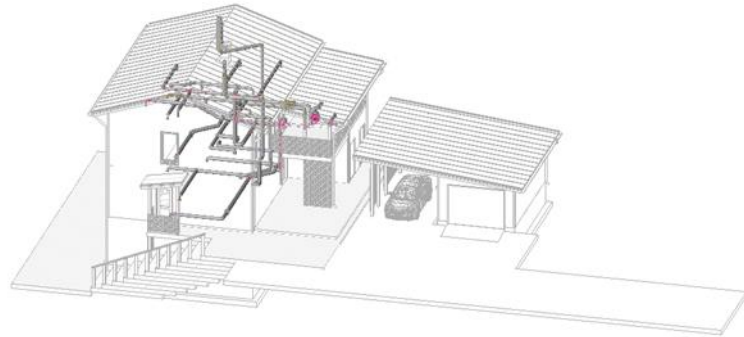
Lämpöohjauksineimet	u-arvot	ulko	sisä	Lämpötilat		0,301
	US	0,3		Ulkolämpötila	-32 C	
	YP	0,2	0	Huonetilat	21 C	np,mit
	IK	1		Pesuhuoneet	23 C	
	AP	0,18	0 W/m	Maan lämpö	5	
	OVI	250	W			

	sisä °C	YP m ²	US m ²	IK m ²	AP m ²	vuotokerroin	IV (l/s)	IV-lisä	YP W	US W	IK W	AP W	OVI	Vuoto	lisä-%	YHT.	Tilavuus m ³	Huomi	
Kellari																			
MH1	21	9,5	14,84	1,8	9,5	0,16	8	153	0	218	97	27,4	0	90	10	644	24,7		
AULA	21	23	8,984	0	23	0,16	0	389	0	132	0	66,2	250	219	10	1140	59,8		
ELOKUVAHUONE	21	20,5	24,414	0	20,5	0,16	18	329	0	388	0	59	0	195	10	1068	53,3		
WC	23	2,5	3,51	0	2,5	0,16	0	40	0	58	0	7,2	0	24	10	142	6,5		
KUNTOSALLI	21	19	31,584	1,8	19	0,16	12	305	0	502	99	54,7	0	181	10	1256	49,4		
PRH K	21	5	6,136	0	5	0,16	0	80	0	98	0	14,4	0	48	10	264	13		
1. kerros																			
OH	21	21	16,01	5,76	21	0,16	18	337	0	255	317	0	250	200	10	1494	54,6		
AULA	21	10	0	0	10	0,16	0	161	0	0	0	0	0	95	10	281	26		
K	21	13	19,032	0	13	0,16	0	209	0	303	0	0	0	124	10	698	33,8		
ET	21	9,5	4,564	0,72	9,5	0,16	0	153	0	73	40	0	250	90	10	665	24,7		
S	23	4	10,816	0	4	0,16	0	64	0	172	0	0	0	38	10	302	10,4		
PH	23	4,5	4,42	0	4,5	0,16	0	72	0	70	0	0	0	43	10	204	11,7		
KHH	21	10	8,2454	0	10	0,16	0	161	0	131	0	0	250	95	10	700	26		
VAR	21	5	9,798	0,4	5	0,16	0	80	0	156	22	0	250	48	10	611	13		
TEKN.	21	5	9,798	0,4	5	0,16	0	80	0	156	22	0	250	48	10	611	13		
WC	23	2,5	3,588	0	2,5	0,16	0	40	0	57	0	0	0	24	10	133	6,5		
PRH 1	21	5	4,657	1,44	5	0,16	0	80	0	74	79	0	0	48	10	309	13		
2. kerros																			
MH1	21	9	13,518	2,16	9	0,16	8	144	97	215	119	0	0	86	10	727	23,4		
MH2	21	9	4,518	1,8	9	0,16	8	144	97	72	99	0	0	86	10	548	23,4		
MH3	21	9	13,518	2,16	9	0,16	8	144	97	215	119	0	0	86	10	727	23,4		
MH4	21	13,5	15,624	3,6	13,5	0,16	12	217	146	248	198	0	0	128	10	1031	35,1		
AULA	21	18,5	5,1316	2,88	18,5	0,16	0	297	200	82	158	0	250	176	10	1279	48,1		
PRH 2	21	5	4,696	1,44	5	0,16	0	80	54	75	79	0	0	48	10	369	13		
PH	23	7,5	4,797	0	7,5	0,16	0	120	81	76	0	0	0	71	10	384	19,5		
TYÖH	21	8	12,668	2,88	8	0,16	8	128	86	201	158	0	0	76	10	716	20,8		
sisä °C																	248,5		
YP m ²																	248,5		
US m ²																	248,5		
IK m ²																	248,5		
AP m ²																	248,5		
vuotokerroin																	248,5		
IV (l/s)																	248,5		
IV-lisä																	248,5		
YP W																	248,5		
US W																	248,5		
IK W																	248,5		
AP W																	248,5		
OVI																	248,5		
Vuoto																	248,5		
lisä-%																	248,5		
YHT.																	248,5		
15203 W																	248,5		
Huomi																	248,5		

Tietomalliselostus

TATE IV

Havainnollistuskuva kohteesta



Suunnittelukohde	Pientalo
Suunnitteluvaihe	Toteutussuunnitteluvaihe
Tietomalliselostuksen päiväys	16.5.2019
Muutospäiväys	16.5.2019
Yritys	Karelia AMK
Tietomalliyhteyshenkilö	-
Yhteyshenkilön sähköpostiosoite	-
Yhteyshenkilön puhelinnumero	-
Kohteen vastuullinen suunnittelija	Matti Sipola
Kohteen projektipäällikkö	-
Käytettävät ohjelmistot	Revit ja Magicad for revit Unity
Lisätietoja, huomioita yms.	

Yleiskuvaus mallinnusperiaatteista

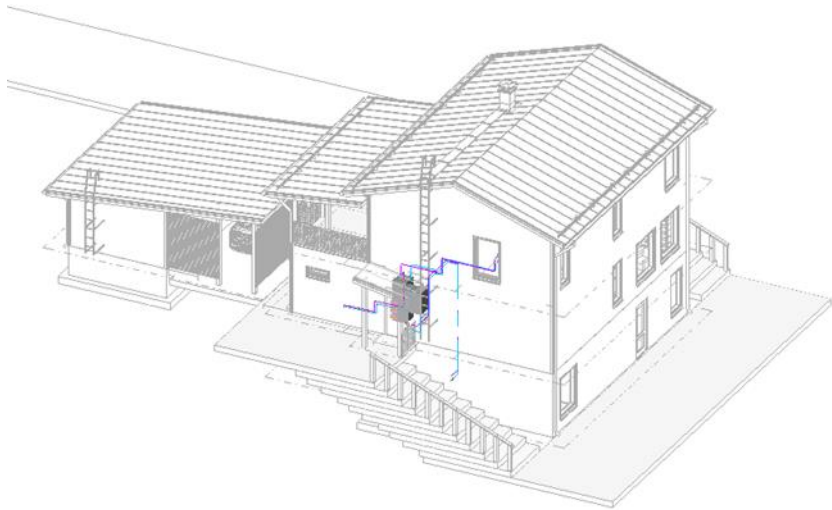
Nimikkeistöt/käytettävät kuvatasot	<p>Nimikkeistönä käytetään LVI2010-nimikkeistöä, jota voidaan käyttää rinnan TALO 2000 -nimikkeistön kanssa</p> <p>Revit ohjelman automaattisesti valitsemat nimeämiset laitetulle kanaville LVI2010 mukaan.</p> <p>21.3 Ilmanvaihtojärjestelmät 21.3 Likainen poisto 21.3 Poistoilma, jäteilma 21.3 Tuloilma 21.3 Ulkoilma</p>									
Mallinnuksen mittayksikkö	mm									
Origo (x,y,z)	ARK-mallin mukainen									
Kerrostien lattian absoluuttinen korkoasema	<table border="1"> <tr> <td>Kellari</td> <td>- 3.00</td> </tr> <tr> <td>1. kerros</td> <td>+0.00</td> </tr> <tr> <td>2. kerros</td> <td>+3.00</td> </tr> <tr> <td>..</td> <td>..</td> </tr> </table>	Kellari	- 3.00	1. kerros	+0.00	2. kerros	+3.00	
Kellari	- 3.00									
1. kerros	+0.00									
2. kerros	+3.00									
..	..									
IFC-tiedostojen tekotapa	Yleisten Tietomallivaatimusten kappaleen 2.4.1, vaihtoehto 3:n mukaisesti Magicad for Revit IFC export toiminnolla ja IFC 2x3 versiolla									
Mallin vaiheet	<p>12.04.2019 ilmanvaihdon tarpeen mitoitus ja yleissuunnitteluvaihe Tilavarauksien miettimistä ja runkokanavien alustava sijoitus</p> <p>23.04.2019 toteutussuunnitelmavaiheen aloitus IV-laitteiden, kanavien ja päätelaitteiden piirto ja mitoitus</p> <p>25.04.2019 Takan raitisilman ja keittiön huippuimurin ja lisäpoiston ja niiden kanavien lisäys</p> <p>6.05.2019 yhdistelmämallin teko ja eri järjestelmien ristiriitaisuuksien poistamista</p> <p>7.5.2019 Järjestelmän export FBX-muotoon ja VR-malliksi VR-mallin tarkastelu ja ongelmien etsintä</p> <p>8.5.2019 Kellari kerrokseen menevien laskukanavien siirto.</p> <p>9.5.2019 likaisen poistoilmakanavan nousun siirto toiselle puolelle huonetta 2.kerros</p> <p>13.5.2019 Mallin viimeistely</p> <p>16.5.2019 IFC-mallin teko</p>									
Mallin tarkkuus	Yleisten Tietomallivaatimukset, Osan 4, Liitteen 1 mukainen									
Poikkeukset tarkkuudesta:	1.									
Mallin tietosisältö	Yleisten Tietomallivaatimukset Osan 4, Liitteen 1 mukainen									
Poikkeukset tietosisällöstä	1.									

Alueet, jotka eivät ole tör- mästarkastuskelpoisia	-
Muuta huomioitavaa	- Takan raitisilman PSV-100 ei löydy kuvista, koska Magicad cloud ei löytänyt ventti- liä.

Tietomalliselostus

TATE LÄMMITYS

Havainnollistuskuva kohteesta



Suunnittelukohde	Pientalo
Suunnitteluvaihe	Yleissuunnitteluvaihe
Tietomalliselostuksen päiväys	16.5.2019
Muutospäiväys	16.5.2019
Yritys	Karelia AMK
Tietomalliyhteyshenkilö	-
Yhteyshenkilön sähköpostiosoite	-
Yhteyshenkilön puhelinnumero	-
Kohteen vastuullinen suunnittelija	Matti Sipola
Kohteen projektipäällikkö	
Käytettävät ohjelmistot	Revit ja Magicad for revit Unity
Lisätietoja, huomioita yms.	

Yleiskuvaus mallinnusperiaatteista

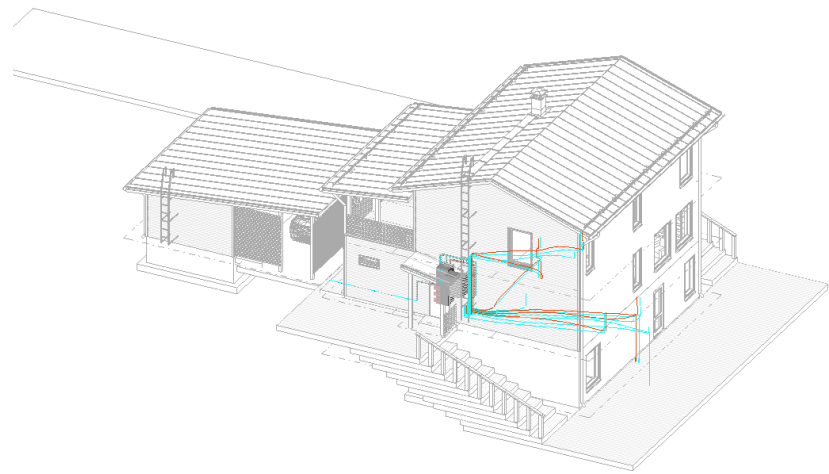
Nimikkeistöt/käytettävät kuvatason	<p>Nimikkeistönä käytetään LVI2010-nimikkeistöä, jota voidaan käyttää rinnan TALO 2000 -nimikkeistön kanssa</p> <p>Revit ohjelman automaattisesti valitsemat nimeämiset laitetulle kanaville LVI2010 mukaan.</p> <p>21.1 Lämmitys lattia 21.1 lämmitys lattia meno 21.1 Lattia lämmitys paluu</p>	
Mallinnuksen mittayksikkö	mm	
Origo (x,y,z)	ARK-mallin mukainen	
Kerrosten lattian absoluuttinen korkoasema	<p>Kellari</p> <p>1. kerros</p> <p>2. kerros</p> <p>..</p>	<p>- 3.00</p> <p>+0.00</p> <p>+3.00</p> <p>..</p>
IFC-tiedostojen tekotapa	Yleisten Tietomallivaatimusten kappaleen 2.4.1, vaihtoehto 3:n mukaisesti Magicad for Revit IFC export toiminnolla ja IFC 2x3 versiolla	
Mallin vaiheet	<p>14.04.2019 Yleissuunnitteluvaiheen aloitus lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöiden laskeminen</p> <p>25.04.2019 lämmitysjärjestelmän suunnittelua ja piirtämisen aloitus jakotukkien merkkäminen kuviin</p> <p>30.04.2019 Lämmitysjärjestelmän runkolinjojen mitoituksen aloitus</p> <p>6.05.2019 yhdistelmämallin teko ja eri järjestelmien ristiriitaisuuksien poistamista</p> <p>7.5.2019 Järjestelmän export FBX-muotoon ja VR-malliksi VR-mallin tarkastelu ja ongelmien etsintä</p> <p>8.5.2019 Kellarin jakotukin siirto käytävältä kuntosaliin Niben siirto enemmän ovea kohti tekn.tilassa</p> <p>13.5.2019 Mallin viimeistelyä</p> <p>16.5.2019 IFC-mallin teko</p>	
Mallin tarkkuus	Yleisten Tietomallivaatimukset, Osan 4, Liitteen 1 mukainen	
Poikkeukset tarkkuudesta:	1.	
Mallin tietosisältö	Yleisten Tietomallivaatimukset Osan 4, Liitteen 1 mukainen	
Poikkeukset tietosisällöstä	Lattialämmitys on yleissuunnitteluvaiheessa ja valmis suunnitelma tulee laitevalmistajalta	

Alueet, jotka eivät ole törmäystarkastuskelpoisia	
Muuta huomioitavaa	Malli on vielä yleissuunnitteluvaiheessa ja työ jatkuisi, kun lattialämmityssuunnitelmat saataisiin takaisin laitevalmistajalta

Tietomalliselostus

TATE Käyttövesi

Havainnollistuskuva kohteesta



Suunnittelukohde	Pientalo
Suunnitteluvaihe	Toteutussuunnitteluvaihe
Tietomalliselostuksen päiväys	16.5.2019
Muutospäiväys	16.5.2019
Yritys	Karelia AMK
Tietomalliyhteyshenkilö	-
Yhteyshenkilön sähköpostiosoite	-
Yhteyshenkilön puhelinnumero	-
Kohteen vastuullinen suunnittelija	Matti Sipola
Kohteen projektipäällikkö	
Käytettävät ohjelmistot	Revit ja Magicad for revit unity
Lisätietoja, huomioita yms.	

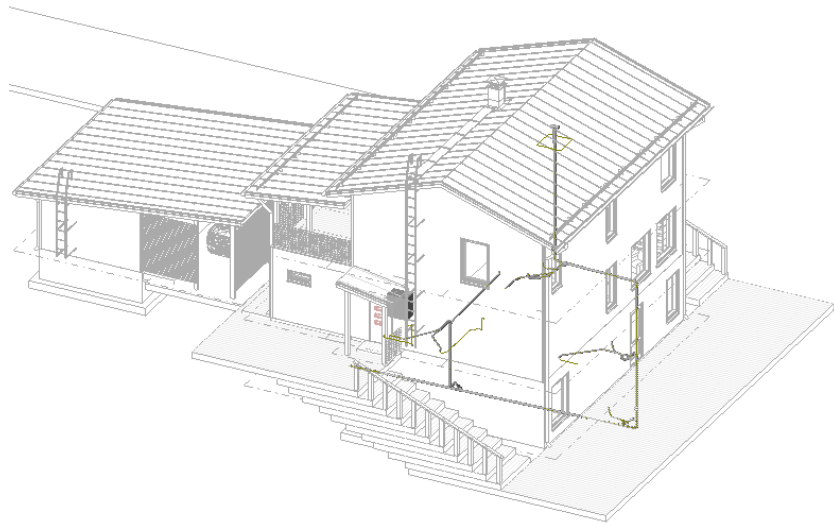
Yleiskuvaus mallinnusperiaatteista

Nimikkeistöt/käytettävät kuvatason	<p>Nimikkeistönä käytetään LVI2010-nimikkeistöä, jota voidaan käyttää rinnan TALO 2000 -nimikkeistön kanssa</p> <p>Revit ohjelman automaattisesti valitsemat nimeämiset laitetulle kanaville LVI2010 mukaan.</p> <p>21.2 Käyttövesi 21.2 Käyttövesi, kylmävesi 21.2 Käyttövesi, lämminvesi</p>	
Mallinnuksen mittayksikkö	mm	
Origo (x,y,z)	ARK-mallin mukainen	
Kerrostien lattian absoluuttinen korkoasema	<p>Kellari</p> <p>1. kerros</p> <p>2. kerros</p> <p>..</p>	<p>- 3.00</p> <p>+0.00</p> <p>+3.00</p> <p>..</p>
IFC-tiedostojen tekotapa	Yleisten Tietomallivaatimusten kappaleen 2.4.1, vaihtoehto 3:n mukaisesti Magicad for Revit IFC export toiminnolla ja IFC 2x3 versiolla	
Mallin vaiheet	<p>23.04.2019 Yleissuunnitteluvaihe käyttöveden laitteiden laitto paikoilleen ja runkolinjojen suunnittelu</p> <p>24.04.2019 Toteutussuunnitelma vaihe Käyttöveden putkiston piirto ja mitoittaminen</p> <p>6.05.2019 yhdistelmämallin teko ja eri järjestelmien ristiriitaisuuksien poistamista</p> <p>7.5.2019 Järjestelmän export FBX-muotoon ja VR-malliksi VR-mallin tarkastelu ja ongelmien etsintä</p> <p>8.5.2019 Wc-liitoksien muutos takaa kiinnittyviksi</p> <p>13.5.2019 Mallin viimeistelyä</p> <p>16.5.2019 IFC-mallin teko</p>	
Mallin tarkkuus	Yleisten Tietomallivaatimukset, Osan 4, Liitteen 1 mukainen	
Poikkeukset tarkkuudesta:	1.	
Mallin tietosisältö	Yleisten Tietomallivaatimukset Osan 4, Liitteen 1 mukainen	
Poikkeukset tietosisällöstä	1.	
Alueet, jotka eivät ole törmäystarkastuskelpoisia	Vesilaitteille menevät PEX-vesijohtoputket törmäilevät sallitusti muiden järjestelmien kanssa.	
Muuta huomioitavaa	Pex-putkistossa on käytetty joustavan putken lisäksi kulmissa ohjelman rajoitusten takia myös kovaa putkea, mutta vedot tehdään kokonaan joustavalla PEX-putkella ilma, että käytetään putkea katkaisevia kulmia. PEX-putken suojaputkea ei ole erikseen piirretty vaan on aina putken päällä kun se kulkee rakenteiden sisällä.	

Tietomalliselostus

TATE VIEMÄRI

Havainnollistuskuva kohteesta



Suunnittelukohde	Pientalo
Suunnitteluvaihe	Toteutussuunniteluvaihe
Tietomalliselostuksen päiväys	16.5.2019
Muutospäiväys	16.5.2019
Yritys	Karelia AMK
Tietomalliyhteyshenkilö	-
Yhteyshenkilön sähköpostiosoite	-
Yhteyshenkilön puhelinnumero	-
Kohteen vastuullinen suunnittelija	Matti Sipola
Kohteen projektipäällikkö	
Käytettävät ohjelmistot	Revit ja Magicad for revit Unity
Lisätietoja, huomioita yms.	

Yleiskuvaus mallinnusperiaatteista

Nimikkeistöt/käytettävät kuvatasot	Nimikkeistönä käytetään LVI2010-nimikkeistöä, jota voidaan käyttää rinnan TALO 2000 -nimikkeistön kanssa	
	Revit ohjelman automaattisesti valitsemat nimeämiset laitettulle kanaville LVI2010 mukaan.	
	21.2 Viemäri	
Mallinnuksen mittayksikkö	mm	
Origo (x,y,z)	ARK-mallin mukainen	
Kerrosten lattian absoluuttinen korkoasema	Kellari	- 3.00
	1. kerros	+0.00
	2. kerros	+3.00

IFC-tiedostojen tekotapa	Yleisten Tietomallivaatimusten kappaleen 2.4.1, vaihtoehto 3:n mukaisesti Magicad for Revit IFC export toiminnolla ja IFC 2x3 versiolla	
Mallin vaiheet	<p>24.04.2019 Yleissuunnitteluvaihe Runkoviemäriin piirto</p> <p>1.05.2019 Toteutussuunnitteluvaihe viemäriin piirto kaadon kanssa</p> <p>6.05.2019 yhdistelmämallin teko ja eri järjestelmien ristiriitaisuuksien poistamista</p> <p>7.5.2019 Järjestelmän export FBX-muotoon ja VR-malliksi VR-mallin tarkastelu ja ongelmien etsintä</p> <p>8.5.2019 2. kerroksen pesuhuoneen lattikaivon putken lasku alemmas</p> <p>9.5.2019 Tuulettamattoman viemäriolosuuden uudelleen piirto</p> <p>13.5.2019 Mallin viimeistelyä</p> <p>16.5.2019 IFC-mallin teko</p>	
Mallin tarkkuus	Yleisten Tietomallivaatimukset, Osan 4, Liitteen 1 mukainen	
Poikkeukset tarkkuudesta:	1.	
Mallin tietosisältö	Yleisten Tietomallivaatimukset Osan 4, Liitteen 1 mukainen	
Poikkeukset tietosisällöstä	1.	
Alueet, jotka eivät ole törmäystarkastuskelpoisia		
Muuta huomioitavaa	Viemärien liitoksissa voidaan käyttää eri kulmia kuin kuvissa, kunhan kaadot pysyvät oikein. Revit-ohjelman rajoituksen vuoksi tietyt liitokset ovat tarpeettomia.	

Osan tyyppi	UserCode	Nimi	Koko	kpl	Pituus	Eristesarja	Eristeen paksuus
AHU	IVK	R7 Comfort L		1			0
Bend 45 degrees		magicirc_elbow_full_radius_001	Ø200-Ø200	1			0
Bend 45 degrees		magicirc_elbow_full_radius_001	Ø250-Ø250	1			0
Bend 45 degrees		magicirc_elbow_full_radius_001	Ø200-Ø200	1			0
Bend 45 degrees		magicirc_elbow_full_radius_001	Ø100-Ø100	5		T50	50
Bend 45 degrees		magicirc_elbow_full_radius_001	Ø125-Ø125	12		T50	50
Bend 45 degrees		magicirc_elbow_full_radius_001	Ø100-Ø100	2		T50	50
Bend 90 degrees		magicirc_elbow_full_radius_001	Ø100-Ø100	8		T50	50
Bend 90 degrees		magicirc_elbow_full_radius_001	Ø125-Ø125	8		T50	50
Bend 90 degrees		magicirc_elbow_full_radius_001	Ø125-Ø125	7		T50	50
Bend 90 degrees		magicirc_elbow_full_radius_001	Ø200-Ø200	5			0
Bend 90 degrees		magicirc_elbow_full_radius_001	Ø100-Ø100	3		T50	50
Bend 90 degrees		magicirc_elbow_full_radius_001	Ø125-Ø125	2			0
Bend 90 degrees		magicirc_elbow_full_radius_001	Ø200-Ø200	1		T50	50
Bend 90 degrees		magicirc_elbow_full_radius_001	Ø250-Ø250	1			0
Bend 90 degrees		magicirc_elbow_full_radius_001	Ø200-Ø200	3			0
Bend 90 degrees		magicirc_elbow_full_radius_001	Ø100-Ø100	14			0
Extract air terminals	Rinoi	RINOI-100	Ø100	10			0
Extract air terminals	LT	PTX 500	Ø125	1			0
Extract air terminals	Rinoi	RINOI-125	Ø125	2			0
Flow dampers	PRA	PRA/N-100(N)	Ø100-Ø100	1			0
Flow dampers	PRA	PRA/N-100(N)	Ø100-Ø100	1		T50	50
Flow dampers	PRA	PRA/N-125(N)	Ø125-Ø125	4		T50	50
Insulation		T100		2	2665,7		0
Insulation		T50		183	109063,5		0
Outdoor extract air terminals	VHL	VHL 200 315	Ø200	1			0
Outdoor extract air terminals	HI	VILPE CONE EXHAUST VENT. PIPE	Ø125	1			0
Outdoor supply air terminals	US-AV	US-AV-100	Ø100	1			0
Outdoor supply air terminals	US-AV	US-AV-250	Ø250	1			0
Reducer		magicirc_reduction_001	Ø125-Ø100	6		T50	50
Reducer		magicirc_reduction_001	Ø160-Ø125	1		T50	50
Reducer		magicirc_reduction_001	Ø250-Ø200	1			0
Reducer		magicirc_reduction_001	Ø125-Ø100	2		T50	50
Reducer		magicirc_reduction_001	Ø200-Ø125	1		T50	50
Reducer		magicirc_reduction_001	Ø200-Ø125	1		T50	50
Reducer		magicirc_reduction_001	Ø200-Ø160	1		T50	50
Round ducts		Pyöreä	Ø100	34	46209,7	T50	50
Round ducts		Pyöreä	Ø250	3	1100,1		0
Round ducts		Pyöreä	Ø200	8	2034,9		0
Round ducts		Pyöreä	Ø125	3	239,4		0
Round ducts		Pyöreä	Ø200	1	1596,9	T100	100
Round ducts		Pyöreä	Ø100	10	9399,3	T50	50
Round ducts		Pyöreä	Ø125	24	19704,6	T50	50
Round ducts		Pyöreä	Ø160	1	1262,4	T50	50
Round ducts		Pyöreä	Ø125	22	26546,5	T50	50
Round ducts		Pyöreä	Ø200	7	5941,1	T50	50
Round ducts		Pyöreä	Ø125	1	1068,8	T100	100
Round ducts		Pyöreä	Ø200	4	6725,5		0
Round ducts		Pyöreä	Ø100	18	2385,8		0
Silencers	V1	BDER-28-020-060	Ø200-Ø200	3			0
Supply air terminals	T3	KTI-100	Ø100	9			0
Supply air terminals	KTS-C	KTS-100-C	Ø100	1			0
Supply air terminals	T3	KTI-125	Ø125	1			0
Supply air terminals	KTS-C	KTS-125-C	Ø125	2			0
T-branch		magicirc_tee_centric_90_001	Ø100-Ø100-Ø100	7		T50	50
T-branch		magicirc_tee_centric_90_001	Ø125-Ø125-Ø125	5		T50	50
T-branch		magicirc_tee_centric_90_001	Ø200-Ø200-Ø200	1		T50	50
T-branch		magicirc_tee_centric_90_001	Ø125-Ø125-Ø125	1		T50	0
T-branch		magicirc_tee_centric_90_001	Ø200-Ø200-Ø100	3		T50	50
T-branch		magicirc_tee_centric_90_001	Ø125-Ø125-Ø100	1		T50	50
T-branch		magicirc_tee_centric_90_001	Ø200-Ø200-Ø125	1		T50	50
T-branch		magicirc_tee_centric_90_001	Ø160-Ø160-Ø125	1		T50	50
T-branch		magicirc_tee_centric_90_001	Ø125-Ø125-Ø125	2		T50	50
T-branch		magicirc_tee_centric_90_001	Ø100-Ø100-Ø100	1		T50	50



Ductwork Balancing Report

Project Information			
Project name:	Project Name	Project number:	Project Number
Project address:	Enter address in Project Information	Client name:	Owner
Project issue date:	7.7.2017	Organization name:	
Organization description:		Author:	
Software version:	MagiCAD for Revit 2019	Calculation date:	6.5.2019 13:41

Project Calculation Data			
Systems:	- / - / -	Total flow:	127 l/s
Total pressure:	116.3 Pa		

Calculation Input Values			
Air Density:	1.20 kg/m³	Air Dynamic Viscosity:	0.00001813 Pas
Min. dp flow dampers:	20.0 Pa	Min. dp air devices:	20.0 Pa
Balancing target pressure:	Minimum	Out of dp-range warning tolerance:	0 %

Calculation Results / Supply

Location	Level	Node	Type	Series	Product	Size	L [m]	Insulation	qv set [l/s]	qv [l/s]	v [m/s]	dpt [Pa]	K factor	dp/L [Pa/m]	pt [Pa]	pst [Pa]	adj.	qv [%]	Warnings
	Level 1	69	AHE/AHU		R7 Comfort L				127	127		+146,6			116,3				
	Level 1		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-2 200		0,2		127	127	4,0	0,2		1,13	116,3	106,5			
	Level 1		BEND-90	Pyorea	MAGIB-C3-9 200				127	127	4,0	2,8	0,284		116,1				
	Level 1		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-2 200		0,0		127	127	4,0	0,0		1,13	113,3	103,5			
	Level 1		BEND-45	Pyorea	MAGIB-C3-4 200				127	127	4,0	1,4	0,145		113,3				
	Level 1		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-2 200		0,1		127	127	4,0	0,1		1,13	111,9	102,1			
	Level 1		BEND-90	Pyorea	MAGIB-C3-9 200				127	127	4,0	2,8	0,284		111,8				
	Level 1		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-2 200		0,1		127	127	4,0	0,1		1,13	109,1	99,2			
	Level 1		BEND-90	Pyorea	MAGIB-C3-9 200				127	127	4,0	2,8	0,284		108,9				
	Level 1		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-2 200		0,3	T50/50	127	127	4,0	0,4		1,13	106,2	96,3			
	Level 1		SILENCER		BDER-28-02 200			T50/50	127	127	4,0	3,7			105,8				
	Level 1		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-2 200		0,3	T50/50	127	127	4,0	0,4		1,13	102,1	92,3			
	Level 1	54	T-BRANCH	Pyorea	MAGIT-CC1-200/100			T50/50	127	127	4,0	10,0	1,020		101,7				
	Level 1		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1 100		0,2	T50/50	10	10	1,3	0,1		0,33	91,7	90,8			
	Level 1	68	FLOWDAMP		PRAN-100(100			T50/50	10	10	1,3	25,1			91,7		1,00	100	
	Level 1		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1 100		0,6	T50/50	10	10	1,3	0,2		0,33	66,5	65,6			
	Level 1	64	T-BRANCH	Pyorea	MAGIT-CC1-100/100			T50/50	10	10	1,3	1,0	1,050		66,3				
	Level 1		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1 100		1,3	T50/50	5	5	0,6	0,1		0,10	65,3	65,1			
	Level 1		BEND-90	Pyorea	MAGIB-C3-9 100				5	5	0,6	0,1	0,543		65,2				
	Level 1		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1 100		0,0		5	5	0,6	0,0		0,10	65,1	64,8			
	Level 1	52	SUPPLY		KT1-100 100				5	5	0,6	65,1			65,1		2,2	100	



Ductwork Balancing Report

Location	Level	Node	Type	Series	Product	Size	L [m]	Insulation	qv set [l/s]	qv [l/s]	v [m/s]	dpt [Pa]	K factor	dp/L [Pa/m]	pt [Pa]	pst [Pa]	adj.	qv [%]	Warnings
	Level 1		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1 100		0,2	T50/50	5	5	0,6	0,0		0,10	66,2	66,0			
	Level 1		BEND-90	Pyorea	MAGIB-C3-9 100			T50/50	5	5	0,6	0,1	0,543		66,2				
	Level 1		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1 100		0,0		5	5	0,6	0,0		0,10	66,1	65,8			
	Level 1	52	SUPPLY		KT1-100 100				5	5	0,6	66,1			66,1		2,2	100	
	Level 1		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-2 200		0,4	T50/50	117	117	3,7	0,4		0,97	101,3	93,0			
	Level 1		BEND-90	Pyorea	MAGIB-C3-9 200			T50/50	117	117	3,7	2,4	0,291		100,9				
	Level 1		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-2 200		1,5	T50/50	117	117	3,7	1,5		0,97	98,5	90,2			
	Level 1	59	T-BRANCH	Pyorea	MAGIT-CC1-200/125			T50/50	117	117	3,7	9,5	1,138		97,0				
	Level 1		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1 125		0,1	T50/50	38	38	3,1	0,2		1,25	87,6	81,8			
	Level 1	66	FLOWDAMP		PRAN-125(125			T50/50	38	38	3,1	43,0			87,4		3,4	100	
	Level 1		DUCT	Pyorea	125		0,3	T50/50	38	38	3,1	0,4		1,25	44,4	38,6			
	Level 1		BEND-90	Pyorea	MAGIB-C4-1 125			T50/50	38	38	3,1	2,0	0,346		44,0				
	Level 1		DUCT	Pyorea	125		0,3	T50/50	38	38	3,1	0,3		1,25	42,0	36,2			
	Level 1		BEND-90	Pyorea	MAGIB-C4-1 125			T50/50	38	38	3,1	2,0	0,346		41,7				
	Level 1		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1 125		2,8	T50/50	38	38	3,1	3,4		1,25	39,7	33,9			
	Level 1		BEND-90	Pyorea	MAGIB-C3-9 125			T50/50	38	38	3,1	2,0	0,346		36,3				
	Kellari		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1 125		0,6	T50/50	38	38	3,1	0,7		1,25	34,3	28,5			
	Kellari	60	T-BRANCH	Pyorea	MAGIT-CC1-125/125			T50/50	38	38	3,1	6,3	1,103		33,6				
	Kellari		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1 125		0,5	T50/50	12	12	1,0	0,1		0,16	27,2	26,7			
	Kellari		BEND-90	Pyorea	MAGIB-C3-9 125			T50/50	12	12	1,0	0,3	0,477		27,2				
	Kellari		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1 125		2,7	T50/50	12	12	1,0	0,4		0,16	26,9	26,3			
	Kellari		BEND-90	Pyorea	MAGIB-C3-9 125				12	12	1,0	0,3	0,477		26,5				
	Kellari		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1 125		0,1		12	12	1,0	0,0		0,16	26,2	25,6			
	Kellari	61	SUPPLY		KTS-125-C 125				12	12	1,0	26,2			26,2		4,2	100	
	Kellari		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1 125		6,1	T50/50	26	26	2,1	3,8		0,62	26,8	24,1			
	Kellari	32	T-BRANCH	Pyorea	MAGIT-CC1-125/125			T50/50	26	26	2,1	3,0	1,096		23,0				
	Kellari		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1 125		0,1		18	18	1,5	0,0		0,32	20,0	18,7			
	Kellari	33	SUPPLY		KTS-125-C 125				18	18	1,5	20,0			20,0		8,0	100	
	Kellari		REDUCER	Pyorea	MAGR-CC1-125/100			T50/50	8	8	0,7				22,6				
	Kellari		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1 100		0,8	T50/50	8	8	1,0	0,2		0,23	22,6	22,0			
	Kellari		BEND-90	Pyorea	MAGIB-C3-9 100			T50/50	8	8	1,0	0,3	0,476		22,4				
	Kellari		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1 100		2,7	T50/50	8	8	1,0	0,6		0,23	22,1	21,5			
	Kellari		BEND-90	Pyorea	MAGIB-C3-9 100				8	8	1,0	0,3	0,476		21,5				
	Kellari		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1 100		0,1		8	8	1,0	0,0		0,23	21,2	20,6			
	Kellari	34	SUPPLY		KTS-100-C 100				8	8	1,0	21,2			21,2		3,7	100	
	Level 1		REDUCER	Pyorea	MAGR-CC1-200/160			T50/50	79	79	2,5				96,6				
	Level 1		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1 160		0,8	T50/50	79	79	3,9	1,2		1,42	96,6	87,4			
	Level 1	62	T-BRANCH	Pyorea	MAGIT-CC1-160/125			T50/50	79	79	3,9	10,8	1,167		95,5				
	Level 1		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1 125		0,4	T50/50	44	44	3,6	0,6		1,63	84,7	76,9			
	Level 1	67	FLOWDAMP		PRAN-125(125			T50/50	44	44	3,6	20,0			84,1		4,9	100	



Ductwork Balancing Report

Location	Level	Node	Type	Series	Product	Size	L [m]	Insulation	qv set [l/s]	qv [l/s]	v [m/s]	dpt [Pa]	K factor	dp/L [Pa/m]	pt [Pa]	pst [Pa]	adj	qv [%]	Warnings	
	Level 1		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1	125	2,5	T50/50	44	44	3,6	4,1			1,63	64,1	56,3			
	Level 1		BEND-90	Pyorea	MAGIB-C3-9	125		T50/50	44	44	3,6	2,6	0,332							
	Level 1		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1	125	0,1	T50/50	44	44	3,6	0,2			1,63	57,3	49,6			
	Level 2		BEND-90	Pyorea	MAGIB-C3-9	125		T50/50	44	44	3,6	2,6	0,332							
	Level 2		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1	125	2,8	T50/50	44	44	3,6	4,5			1,63	54,5	46,8			
	Level 2		BEND-90	Pyorea	MAGIB-C3-9	125		T50/50	44	44	3,6	2,6	0,332							
	Level 2		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1	125	0,1	T50/50	44	44	3,6	0,2			1,63	47,5	39,8			
	Level 2	63	T-BRANCH	Pyorea	MAGIT-CC1-125/125			T50/50	44	44	3,6	9,9	1,281							
	Level 2		REDUCER	Pyorea	MAGIR-CC1-125/100			T50/50	28	28	2,3									
	Level 2		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1	100	2,2	T50/50	28	28	3,6	4,7			2,14	37,4	29,8			
	Level 2	18	T-BRANCH	Pyorea	MAGIT-CC1-100/100			T50/50	28	28	3,6	8,1	1,065							
	Level 2		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1	100	1,6	T50/50	16	16	2,0	1,3			0,77	24,6	22,2			
	Level 2	19	T-BRANCH	Pyorea	MAGIT-CC1-100/100			T50/50	16	16	2,0	2,6	1,050							
	Level 2		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1	100	1,9	T50/50	8	8	1,0	0,4			0,23	20,8	20,1			
	Level 2		BEND-90	Pyorea	MAGIB-C3-9	100			8	8	1,0	0,3	0,476							
	Level 2		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1	100	0,2		8	8	1,0	0,0			0,23	20,0	19,4			
	Level 2	52	SUPPLY		KTI-100	100			8	8	1,0	20,0						4,7		100
	Level 2		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1	100	0,9	T50/50	8	8	1,0	0,2			0,23	23,1	22,4			
	Level 2		BEND-90	Pyorea	MAGIB-C3-9	100			8	8	1,0	0,3	0,476							
	Level 2		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1	100	0,2		8	8	1,0	0,0			0,23	22,6	21,9			
	Level 2	52	SUPPLY		KTI-100	100			8	8	1,0	22,5						4,5		100
	Level 2		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1	100	1,4	T50/50	12	12	1,5	0,7			0,46	31,6	30,2			
	Level 2		BEND-90	Pyorea	MAGIB-C3-9	100		T50/50	12	12	1,5	0,6	0,425							
	Level 2		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1	100	3,1	T50/50	12	12	1,5	1,5			0,46	30,3	28,9			
	Level 2		BEND-90	Pyorea	MAGIB-C3-9	100			12	12	1,5	0,6	0,425							
	Level 2		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1	100	0,2		12	12	1,5	0,1			0,46	28,3	26,9			
	Level 2	52	SUPPLY		KTI-100	100			12	12	1,5	28,2						5,6		100
	Level 2		REDUCER	Pyorea	MAGIR-CC1-125/100			T50/50	16	16	1,3									
	Level 2		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1	100	0,7	T50/50	16	16	2,0	0,5			0,77	38,5	36,0			
	Level 2	16	T-BRANCH	Pyorea	MAGIT-CC1-100/100			T50/50	16	16	2,0	2,6	1,050							
	Level 2		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1	100	2,0	T50/50	8	8	1,0	0,5			0,23	35,3	34,7			
	Level 2		BEND-90	Pyorea	MAGIB-C3-9	100			8	8	1,0	0,3	0,476							
	Level 2		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1	100	0,2		8	8	1,0	0,0			0,23	34,6	34,0			
	Level 2	52	SUPPLY		KTI-100	100			8	8	1,0	34,5						3,7		100
	Level 2		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1	100	0,3	T50/50	8	8	1,0	0,1			0,23	37,6	37,0			
	Level 2		BEND-90	Pyorea	MAGIB-C3-9	100		T50/50	8	8	1,0	0,3	0,476							
	Level 2		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1	100	5,0	T50/50	8	8	1,0	1,1			0,23	37,3	36,6			
	Level 2		BEND-90	Pyorea	MAGIB-C3-9	100			8	8	1,0	0,3	0,476							
	Level 2		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1	100	0,2		8	8	1,0	0,0			0,23	35,9	35,2			
	Level 2	52	SUPPLY		KTI-100	100			8	8	1,0	35,8						3,6		100



Ductwork Balancing Report

Location	Level	Node	Type	Series	Product	Size	L [m]	Insulation	qv set [l/s]	qv [l/s]	v [m/s]	dpt [Pa]	K factor	dp/L [Pa/m]	pt [Pa]	pst [Pa]	adj	qv [%]	Warnings	
	Level 1		REDUCER	Pyorea	MAGIR-CC1-160/125			T50/50	35	35	1,7									
	Level 1		DUCT	Pyorea		125	0,8	T50/50	35	35	2,9	0,9			1,07	94,9	90,0			
	Level 1		BEND-45	Pyorea	MAGIB-C4-*	125		T50/50	35	35	2,9	0,9	0,181							
	Level 1		DUCT	Pyorea		125	0,0	T50/50	35	35	2,9	0,0			1,07	93,1	88,2			
	Level 1		BEND-45	Pyorea	MAGIB-C4-*	125		T50/50	35	35	2,9	0,8	0,173							
	Level 1		DUCT	Pyorea		125	0,7	T50/50	35	35	2,9	0,7			1,07	92,2	87,4			
	Level 1	70	T-BRANCH	Pyorea	MAGIT-CC1-125/125			T50/50	35	35	2,9	5,5	1,119							
	Level 1		DUCT	Pyorea		125	0,0	T50/50	27	27	2,2	0,0			0,67	86,1	83,2			
	Level 1		BEND-45	Pyorea	MAGIB-C4-*	125		T50/50	27	27	2,2	0,6	0,194							
	Level 1		DUCT	Pyorea		125	0,0	T50/50	27	27	2,2	0,0			0,67	85,5	82,6			
	Level 1		BEND-45	Pyorea	MAGIB-C4-*	125		T50/50	27	27	2,2	0,6	0,194							
	Level 1		DUCT	Pyorea		125	0,6	T50/50	27	27	2,2	0,4			0,67	84,9	82,0			
	Level 1		BEND-45	Pyorea	MAGIB-C4-*	125		T50/50	27	27	2,2	0,6	0,194							
	Level 1		DUCT	Pyorea		125	1,5	T50/50	27	27	2,2	1,0			0,67	84,0	81,1			
	Level 1		BEND-45	Pyorea	MAGIB-C4-*	125		T50/50	27	27	2,2	0,6	0,194							
	Level 1		DUCT	Pyorea		125	0,1	T50/50	27	27	2,2	0,1			0,67	82,4	79,5			
	Level 1	55	T-BRANCH	Pyorea	MAGIT-CC1-125/100			T50/50	27	27	2,2	3,1	1,054							
	Level 1		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1	100	0,1		9	9	1,1	0,0			0,28	79,2	78,5			
	Level 1	52	SUPPLY		KTI-100	100			9	9	1,1	79,2						2,9		100
	Level 1		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1	125	3,4	T50/50	18	18	1,5	1,1			0,32	82,1	80,8			
	Level 1		BEND-90	Pyorea	MAGIB-C3-9	125			18	18	1,5	0,6	0,426							
	Level 1		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1	125	0,1		18	18	1,5	0,0			0,32	80,5	79,2			
	Level 1	52	SUPPLY		KTI-125	125			18	18	1,5	80,4						3,0		100
	Level 1		DUCT	Pyorea		125	0,1	T50/50	8	8	0,7	0,0			0,08	90,3	90,0			
	Level 1		REDUCER	Pyorea	MAGIR-CC1-125/100			T50/50	8	8	0,7	0,0	0,035							
	Level 1		BEND-45	Pyorea	MAGIB-C4-*	100		T50/50	8	8	1,0	0,1	0,233							
	Level 1		DUCT	Pyorea		100	0,8	T50/50	8	8	1,0	0,2			0,23	90,1	89,5			
	Level 1		BEND-45	Pyorea	MAGIB-C4-*	100		T50/50	8	8	1,0	0,2	0,243							
	Level 2		DUCT	Pyorea		100	0,0	T50/50	8	8	1,0	0,0			0,23	89,8	89,2			
	Level 2		BEND-45	Pyorea	MAGIB-C4-*	100		T50/50	8	8	1,0	0,2	0,243							
	Level 2		DUCT	Pyorea		100	1,0	T50/50	8	8	1,0	0,2			0,23	89,6	89,0			
	Level 1		BEND-45	Pyorea	MAGIB-C4-*	100		T50/50	8	8	1,0	0,1	0,233							
	Level 1		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1	100	0,9	T50/50	8	8	1,0	0,2			0,23	89,2	88,6			
	Level 1		BEND-90	Pyorea	MAGIB-C3-9	100			8	8	1,0	0,3	0,476							
	Level 1		DUCT	Pyorea	MAGID-C1-1	100	0,1		8	8	1,0	0,0			0,23	88,7	88,1			
	Level 1	52	SUPPLY		KTI-100	100			8	8	1,0	88,7						2,6		100

Taloteknisen tietomallin mallinnettavat komponentit, tietosisältö ja geometrian tarkkuustaso suunnitteluvaiheittain

2D: esitetään tasokuvasa ja/tai kaaviossa

BIM: mallinnetaan suunnittelunaikaisella geometriatiedolla

Tyhjä kenttä = ei mallinnus- tai tietosisältövaadetta

Vaikka jotain komponenttia ei ole vaadittu mallinnettavaksi, ei niiden mallinnus ole silti kiellettyä.

Kts. taulukon loppuosan selvennys tietosisällöstä

Kaikilla komponenteilla oltava verkosto-/ järjestelmätunnus

Tietosisältövaatimusten laajuus on riippuvainen käytetystä sovellusohjelmistosta

Edellytykset verkostogeometrian tarkkuustason saavuttamiselle: RAK ja ARK 3D-malli käytettävissä ennen TATE-mallituksen aloittamista.

Komponentti / tehtävä	Yleissuunnittelu				Toteutussuunnittelu			
	2D	BIM	Geometrian tarkkuustaso	Tietosisältö	2D	BIM	Geometrian tarkkuustaso	Tietosisältö pääverkostojen ja -järjestelmien osalta
TATE								
TATE-vaatimusmalli			kts. Tekstiosuuden kappale 3	kts. Tekstiosuuden kappale 3			kts. Tekstiosuuden kappale 3	kts. Tekstiosuuden kappale 3
2D-leikkaukset	x		Putkistojen, kanavien, kaapelihyllyjen, valaisinten jne. komponenttien toleranssi 1cm. Kannakointi esitettävä. Eristyspaksuus mukana.	Leikkaukset tehdään vähintään peruskäytävistä. LVI-suunnittelija koordinoi TATE-leikkaukset	x		Putkistojen, kanavien, kaapelihyllyjen, valaisinten jne. komponenttien toleranssi 1cm. Kannakointi esitettävä. Eristyspaksuus mukana.	Leikkaukset tehdään vähintään peruskäytävistä, ikkunapenkeistä, kuulujen ulostuloista, TATE-tekniikkakerroksista (kellarit, putkitunnelt jne.). LVI-suunnittelija koordinoi TATE-leikkaukset
Reikävarausobjektit					x	x	Oikea sijainti, toleranssi 0cm	Mitat, urakoitsijatieto, abs.korkoasema
Näkyvät alakattoasennukset					x	x	Arkkitehdin alakattokuvan mukaisessa paikassa. Mallinnetaan kaikki alakattopintaan asennatavat komponentit (ilmaisimet, valaisimet, kaiuttimet, päätelaitteet jne.).	Kts. Taulukon muut kohdat. Onnistuneeseen mallinnukseen tarvitaan arkkitehdin alakatto mallinnettuun sekä alakattoruutujako ja laitesijoitus 2D-alakattopiirustuksessa
Mallihuoneet ja -alueet		x	kts. Tekstin kappale 4.3, toleranssi 5cm	kts. Tekstin kappale 4.3		x	Toleranssi 5cm.	kts. Taulukon muut kohdat. Onnistuneeseen mallinnukseen tarvitaan arkkitehdin sekä rakennesuunnittelijan malli
Palvelualuekaaviot	x		Tilojen mukaisesti. Jos tilaobjekti pitää jakaa useampaan palvelualueeseen, tekee TATE-suunnittelija sen omana työnä	Palvelualueiden tunniste tilaryhmäkohtaisesti (esim. "IV-kone 301TK01, Toimistot 1-3. krs")	x		Tilojen mukaisesti. Jos tilaobjekti pitää jakaa useampaan palvelualueeseen, tekee TATE-suunnittelija sen omana työnä	Palvelualueiden tunniste tilakohtaisesti (esim. "IV-kone 301TK01, Toimistot 1-3. krs")

Komponentti / tehtävä	Yleissuunnittelu				Toteutussuunnittelu			
	2D	BIM	Geometrian tarkkuustaso	Tietosisältö	2D	BIM	Geometrian tarkkuustaso	Tietosisältö pääverkostojen ja -järjestelmien osalta
Tietomalliselostus				kts. Tekstiosuuden kappale 2.2				kts. Tekstiosuuden kappale 2.2
Huoltoluukut rakenteissa (Alakatto, seinät, laatat jne.)					x		Viitteellinen sijainti. Todellinen sijoitus työmaalla ARK-piirustusten mukaisesti huomioiden työmaa-aikaiset muutokset (luukusta päästävä käsiksi huolto- / tarkistuskohteeseen)	
Tuotannon esivalmisteet				kts. Tekstiosuuden kappale 8.5				kts. Tekstiosuuden kappale 8.5
Sovellusohjelmistojen ulkopuoliset ns. "itse mallinnetut 3D-objektit"					x	x	Ulkomitat suunnittelijan arvion mukaisesti	Tunnus, järjestelmätieto

Komponentti / tehtävä	Yleissuunnittelu				Toteussuunnittelu			
	2D	BIM	Geometrian tarkkuustaso	Tietosisältö	2D	BIM	Geometrian tarkkuustaso	Tietosisältö pääverkostojen ja -järjestelmien osalta
Putkistot								
Runkoputkistot DN20 - DN32 Cu18 - Cu35	x	x	Laattaobjektin alapuolella (esim. katto), ilmaisemassa reittiä. Ei käytettävissä reikä- tai asennussuunnitelmassa eikä materiaallistauksissa.		x	x	2D-leikkausten mukaisessa paikassa. Oltava asennettavissa kohteeseen yhdistelmämallitarkastelun perusteella	Materiaali, DN-koko, tilavuusvirtaus, painetaso.
Runkoputkistot DN40 -> Cu42 ->	x	x	Laattaobjektin alapuolella (esim. katto), ilmaisemassa reittiä. Ei käytettävissä reikä- tai asennussuunnitelmassa eikä materiaallistauksissa.		x	x	2D-leikkausten mukaisessa paikassa. Oltava asennettavissa kohteeseen yhdistelmämallitarkastelun perusteella	Materiaali, DN-koko, tilavuusvirtaus, painetaso. 2D-kuvissa absoluuttinen korkoasema (keskilinja) mittaviivassa
Kytkenjohdot					x	x	Oltava asennettavissa kohteeseen yhdistelmämallitarkastelun perusteella. DN10-25 putkistojen risteytyksillä	Materiaali, DN-koko, tilavuusvirtaus, painetaso
Putkistoeristeet						x	Ei vaadetta erilliselle eristysobjektille putkessa. Putken ulkomitassa oltava eristyspaksuus mukana	Eristyksen tyyppi ja paksuus. Metalliset / selvästi kustannuksiin vaikuttavat pinnotteet kerrottava mittaviivassa ja tietosisällössä.
Sulkuventtiilit					x	x	Ulkomitat valitun komponentin mukaiset	Malli, DN-koko, painehäviö
Esisäädettävät venttiilit					x	x	Ulkomitat valitun komponentin mukaiset	Malli, DN-koko, tilavuusvirtaus, painehäviö, esisäätö, tunnus
Moottoriventtiilit					x	x	Ulkomitat valitun komponentin mukaiset	DN-koko, tilavuusvirtaus, painehäviö, tunnus
Muut venttiilit					x	x	Ulkomitat valitun komponentin mukaiset	DN-koko, painehäviö
Ilmanpoistimet					x	x	Ulkomitat valitun komponentin mukaiset	DN-koko, tunnus (esim. IP1)
Suodattimet					x	x	Ulkomitat valitun komponentin mukaiset	DN-koko, tunnus (esim. SU1)
Joustavat liittimet					x			DN-koko
Varoventtiilit					x			DN-koko, tunnus (esim. VV1)
Paisunta-astiat					x	x	Yli 100 dm3 säiliöt mallinnetaan	Tilavuus
Lämmönsiirtimet					x	x		Teho tai tilavuusvirtaus, painehäviö
Lämmönjakokeskus	x	x	Esitetään arvioitu tilavaraus		x	x	Ulkomitat valitun komponentin mukaiset	Liittyvien verkostojen teho, tai tilavuusvirtaus ja painehäviö
Vedenjäähdytyskone	x	x	Esitetään arvioitu tilavaraus		x	x	Ulkomitat valitun laitteen mukaiset	Liittyvien verkostojen teho, tai tilavuusvirtaus ja painehäviö
Vesikatolle tai julkisivuun tulevat laitteet ja komponentit	x	x	Esitetään arvioitu tilavaraus		x	x	Ulkomitat valitun laitteen tai komponentin mukaiset	Tunnus
Muut pääkoneet	x	x	Esitetään arvioitu tilavaraus		x	x		Tunnus
Nestetankit					x	x	Yli 100dm3 tankit mallinnetaan	Tilavuus
Jakotukit					x	x		Tunnus
Lattialämmitysputkistot					x		ks. Kappale 5.4	Materiaali, DN-koko, tilavuusvirtaus, painetaso. Kts. Kappale 5.4
Radiaattorit ja konvektorit					x	x	Ulkomitat valitun laitteen mukaiset	Malli, Teho (kts. myös "Esisäädettävät venttiilit")

Komponentti / tehtävä	Yleissuunnittelu				Toteussuunnittelu			
	2D	BIM	Geometrian tarkkuustaso	Tietosisältö	2D	BIM	Geometrian tarkkuustaso	Tietosisältö pääverkostojen ja -järjestelmien osalta
Kiertolmakuoneet (puhallinkonvektorit, vakioilmastoinkoneet, tuulikaappikoneet jne.)					x	x	Ulkomitat valitun laitteen mukaiset	Tehon- tai tilavuusvirtauksen tarve, painehäviö, tunnus (esim. 401PKN01)
IV-kanavistopatterit					x	x		Tehon- tai tilavuusvirtauksen tarve, painehäviö, tunnus
Käyttövesikalusteet					x	x	ARK-kuvan osoittamassa paikassa	Malli, normivirtaus, painehäviö, tunnus (esim. PA1, WC1). Käyttövesikalusteen tunnuksen perusteella kerrotaan erillisessä dokumentissa muut hankintatiedot (WC-istuin-, pesuallastyypit jne.)
Pesualtaat, WC-istuimet yms. kalusteet							ARK-kuvan osoittamassa paikassa	Ei esitystapaavaadetta, ARK-suunnitelmien mukaisesti
Pikapaloposit					x	x	ARK-kuvan osoittamassa paikassa, Ulkomitat valitun tuotteen mukaiset	Malli, mitoitusvirtaus, painehäviö, tunnus (esim. PPP1)
Runkoviemärit ilman kaatota	x	x	Ilmaisemassa reittiä. Ei käytettävissä reikä- tai asennussuunnitelmassa eikä materiaallistauksissa.		x	x		Materiaali, DN-koko
Viemärit kappaleen 5.2 mukaisesti					x	x	2D-leikkausten mukaisessa paikassa. Oltava asennettavissa kohteeseen yhdistelmämallitarkastelun perusteella. Kts. Kohta 5.1.3	Materiaali, DN-koko
Palomansetit					x	x		DN-koko, tunnus (esim. PM1)
Putkistojen tarkastus-/puhdistusluukut					x	x		DN-koko, tunnus (esim. PL1)
Lattia-kaivot					x	x	ARK-kuvan osoittamassa paikassa	Malli, DN-koko, normivirtaus, tunnus (esim. LK1)
Kattokaivot					x	x	Vesikatokuvan osoittamassa paikassa	DN-koko, tunnus (esim. SVK1)
Piha-alueen sade- ja jätevesikaivot					x		Sijainti pihasuunnitelman mukaisesti	Minimissään 2D-viiteviivalla tunnus (esim. SVK1)
Piha-alueen erotuskaivot (HEK, REK jne.)	x		Esitetään arvioitu tilavaraus		x	x	Sijainti pihasuunnitelman mukaisesti	Minimissään 2D-viiteviivalla tunnus (esim. HEK1)
Piha-alueen tarkastusputket ja -kaivot					x		Sijainti pihasuunnitelman mukaisesti	Minimissään 2D-viiteviivalla tunnus (esim. TP1)
Perusmuurin sisäiset sade- ja jätevesikaivot / -pumppaamot					x	x		Minimissään 2D-viiteviivalla tunnus (esim. JVP1)
Perusmuurin sisäiset erotuskaivot	x		Esitetään arvioitu tilavaraus		x	x		Minimissään 2D-viiteviivalla tunnus (esim. HEK1)
Perusmuurin sisäiset tarkastusputket ja kaivot					x	x		Minimissään 2D-viiteviivalla tunnus (esim. TP1)
Verkostojen tyhjennykset							Esitetään minimissään kaavioiden	
Anturit (TI, PI, TE, PE, PDE jne.)							Esitetään minimissään kaavioiden	
Anturitasut							Ei esitystapaa	
Putkistokannakkeet							Esitetään 2D-leikkauksissa	
Sprinklerisuuttimet					x	x	Sijointi alakattopiirustuksen mukaisesti	K-arvo, DN-koko, tunnus (esim. SPR1)

Komponentti / tehtävä	Yleissuunnittelu				Toteutussuunnittelu			
	2D	BIM	Geometrian tarkkuustaso	Tietosisältö	2D	BIM	Geometrian tarkkuustaso	Tietosisältö pääverkostojen ja järjestelmien osalta
Putkistojen liitostavat (kierteet, laipat jne.)							Ei esitystapavaadetta, esitetään muissa dokumenteissa	
Lämmönjakohuoneen putkistot					x	x	Mallinnetaan minimissään runkoputkistot	Materiaali, DN-koko, tilavuusvirtaus, painetaso
VJK-huoneen putkistot					x	x	Mallinnetaan minimissään runkoputkistot	Materiaali, DN-koko, tilavuusvirtaus, painetaso
VJK-huoneen pumput					x	x	Mallinnetaan viitteellinen sijoituspaikka	Tunnus
VJK-huoneen sekoitusryhmät ja komponentit					x		Esitetään kaaviossa	
IV-konehuoneen runkoputkistot						x	2D-leikkausten mukaisessa paikassa. Oltava asennettavissa kohteeseen yhdistelmämallitarkastelun perusteella	Materiaali, DN-koko, tilavuusvirtaus, painetaso
IV-konehuoneen kytkentäputkistot						x	2D-leikkausten mukaisessa paikassa. Oltava asennettavissa kohteeseen yhdistelmämallitarkastelun perusteella	Materiaali, DN-koko, tilavuusvirtaus, painetaso
IV-koneiden pumput ja sekoitusryhmät					x		Sisältö esitetään kaaviossa. Arvioitu sijoitus esitetään mallinnettuna esim. laatikko-objekti	Laitetunnukset tasokuvissa mittaviivalla (esim. 301P04, 301FV04)
Muut tekniset tilat					x	x	Mallinnetaan minimissään runkoputkistot	Materiaali, DN-koko, tilavuusvirtaus, painetaso
Muun teknisen tilan sekoitusryhmät ja komponentit					x		Sisältö esitetään kaaviossa. Arvioitu sijoitus esitetään mallinnettuna esim. laatikko-objekti	
Kuulut ja hormit			kts. Tekstin kohta 4.1 Tilavaraukset, tilat		x	x	Putkistot mallinnetaan kuuluun eristeeseen. Oltava asennettavissa kohteeseen yhdistelmämallitarkastelun perusteella	Kuten runkoputkistot.

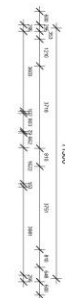
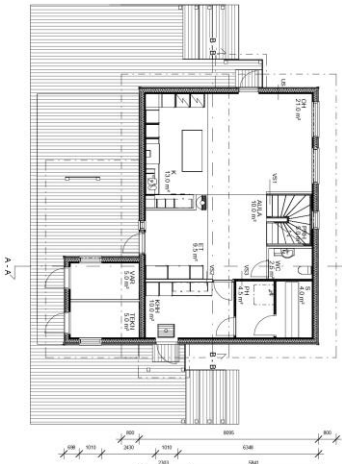
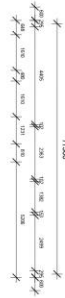
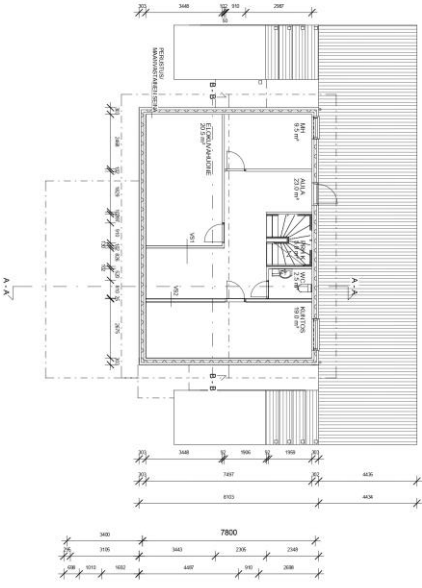
Komponentti / tehtävä	Yleissuunnittelu				Toteutussuunnittelu			
	2D	BIM	Geometrian tarkkuustaso	Tietosisältö	2D	BIM	Geometrian tarkkuustaso	Tietosisältö pääverkostojen ja järjestelmien osalta
Ilmanvaihto								
Runkokanavistot	x	x	Laattaobjektin alapuolella (esim. katto), ilmaisemassa reittiä. Ei käytettävissä reikä- tai asennussuunnitelmassa eikä materiaaliilistauksissa.		x	x	2D-leikkausten mukaisessa paikassa. Oltava asennettavissa kohteeseen yhdistelmämallitarkastelun perusteella	Materiaali, koko, tilavuusvirtaus, painetaso. 2D-kuvissa absoluuttinen korkeus (keskilinja) mittaviivassa
Kytkeväkanavistot					x	x	2D-leikkausten mukaisessa paikassa. Oltava asennettavissa kohteeseen yhdistelmämallitarkastelun perusteella	Materiaali, koko, tilavuusvirtaus, painetaso
Kanavistoeristeet					x	x	Ei vaadetta erilliselle eristysobjektille kanavassa. Kanavan ulkomitassa oltava eristyspaksuus mukana	Eristyksen tyyppi ja paksuus. Metalliset / selvästi kustannuksiin vaikuttavat pinnotteet kerrottava mittaviivassa / tietosisällössä.
Koteloidut IV-koneet	x	x	Arvioitu sijainti ja ulkomitat		x	x	Suunnittelija mitoittaa koneen laitevalmistajan ohjeistolla ja käyttää ensisijaisesti ohjelmiston tuottamia koneobjektia	Tunnus, esim. 301TK01
Huippumurit	x	x	Arvioitu sijainti ja ulkomitat		x	x	Julkisivukuvan ja vesikattokuvan mukaisessa paikassa, ulkomitat valitun tuotteen mukaiset	Tunnus, esim. 301PK02, koko
Kanavapuhaltimet	x				x	x		Tunnus, esim. 301PK02, koko
Ulospuhallushajoittajat	x	x	Arvioitu sijainti ja ulkomitat		x	x	Julkisivukuvan ja vesikattokuvan mukaisessa paikassa, ulkomitat valitun tuotteen mukaiset	Tunnus, esim. UPH1, koko
Ulkosäleiköt	x	x	Arvioitu sijainti ja ulkomitat		x	x	Julkisivukuvan mukaisessa paikassa, ulkomitat valitun tuotteen mukaiset	Tunnus, esim. US1, koko
Päätelaitteet					x	x	Alakattokuvan mukaisessa paikassa, ulkomitat valitun tuotteen mukaiset	Malli, koko, tunnus (esim. T1), ilmavirta, painehäviö, äänitaso, esisäätöarvo
Siirtoilmasäleiköt					x	x	Ulkomitat valitun tuotteen mukaiset	Malli, koko, tunnus (esim. S1)
Säätöpellit					x	x	Ulkomitat valitun tuotteen mukaiset	Malli, koko, tunnus (esim. SP1), ilmavirta, painehäviö, esisäätö
ilma- / vakiovirtasäädin					x	x	Ulkomitat valitun tuotteen mukaiset	Malli, koko, ilmavirta, painehäviö, yksilöity tunnus (esim. 301IMS1000.1 (järjestelmä-IMS-sijainti-juokseva nro.))
Palopelti					x	x	Ulkomitat valitun tuotteen mukaiset	Malli, koko, painehäviö, tunnus (esim. PP1)
Moottoroitu palopelti					x	x	Ulkomitat valitun tuotteen mukaiset	Malli, koko, painehäviö, yksilöity tunnus (esim. 301PP1000.1 (järjestelmä-PP-sijainti-juokseva nro.))
Kanaviston äänenvaimentimet					x	x	Ulkomitat valitun tuotteen mukaiset	Malli, koko, ilmavirta, painehäviö, tunnus (esim. ÄV1)
Puhdistusluukut					x	x		Tunnus (esim. PL1)
IV-kanavistopatterit	x				x	x	Ulkomitat valitun komponentin mukaiset, vaaditun otsapintanopeuden perusteella	Koko, tunnus (esim. 301JLP1)
Ilman laatuun vaikuttavat kanavistokomponentit (suodatus, kostutus jne.)	x				x	x	Ulkomitat valitun komponentin mukaiset, vaaditun otsapintanopeuden perusteella	Koko, tunnus (esim. SU1)

Komponentti / tehtävä	Yleissuunnittelu				Toteutussuunnittelu			
	2D	BIM	Geometrian tarkkuustaso	Tietosisältö	2D	BIM	Geometrian tarkkuustaso	Tietosisältö pääverkostojen ja järjestelmien osalta
Joustavat liittimet					x			Tunnus (esim. JL1)
Kannakkeet							Esitetään 2D-leikkauksissa	LVI-suunnittelija koordinoi TATE-leikkaukset
Anturit							Esitetään minimissään RAU-kaavioissa	
Kanavistojen liitostavat (listaliitos jne.)							Ei esitystapavaadetta, esitetään muissa dokumenteissa	
Kuulut ja hormit			kts. Tekstin kohta 4.1 Tilavaraukset, tilat		x	x	Kanavat ja komponentit mallinnetaan kuuluun eristeeseen.	Komponenttien ja kanavistojen tietosisältö kuten tässä taulukossa mainittu

Kellari

1 Krs.

2 Krs.



1	2	3	
ALUEKOHTEKUNNUS	1251	1254	1700
Ohakolantie, Keräla	Ohakolantie, Keräla	Ohakolantie, Keräla	Ohakolantie, Keräla
80700, Ohakola	80700, Ohakola	80700, Ohakola	80700, Ohakola
Karelia	Karelia	Karelia	Karelia
ARK	ARK	ARK	ARK

Tilaaja	Käyttäjä	Päiväys