

Aleksi Mäkelä

MagiCAD for Revitin käyttöönoton edut ja haasteet LVI-suunnittelussa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinööriytyö

28.11.2018

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Aleksi Mäkelä MagiCAD for Revitin käyttöönoton edut ja haasteet LVI-suunnittelussa 34 sivua 28.11.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	suunnittelujohtaja Antti Torkki lehtori Aamos Lemström
<p>Insinöörityön tavoitteena oli luoda mahdollisimman laaja sekä ohjeen kaltainen tutkimus Optiplan Oy:lle LVI-suunnittelun eduista ja haasteista MagiCAD for Revit-tietomallinnusohjelmistolla mahdollisen käyttöönoton näkökulmasta.</p> <p>Työssä perehdyttiin LVI-suunnittelun vaiheisiin, tietomallintamiseen sekä LVI-suunnittelussa yleisimmin käytössä oleviin ohjelmistoihin. Varsinainen tutkimus pohjattiin pääasiassa insinöörityöntekijän omiin käyttökokemuksiin Revit-ympäristöstä sekä saatavilla oleviin materiaaleihin Revitistä.</p> <p>Työssä tutkittiin projektin aloittamista, käytettävyyttä, eroavaisuuksia, poikkeavia- sekä uusia toimintoja, tiimityöskentelymahdollisuuksia, lämpöhäviölaskentaa, reikävarausten suunnittelua ja kannakointien suunnittelua MagiCAD for Revitillä. Työn lopussa pohdittiin ohjelmiston käyttöönoton kannattavuutta, mitä tulisi huomioida siirryttäessä Revit-ympäristöön ja tarjoaako Revit merkittävää potentiaalia LVI-suunnitteluun.</p> <p>Työssä todettiin, että Revitin käyttöönotto vaatisi henkilöstön kouluttamista sekä suurempia lisenssikustannuksia, mutta taloudellinen, sekä uuden ohjelmiston hyöty saataisiin vasta pidemmällä aikavälillä. Johtopäätöksenä todettiin, että Revit voisi antaa etua LVI-suunnitteluun muun muassa yksinkertaisemman tiedostorakenteen, yhtenäistetympään rakenteen ja automatisoidumpien toimintojen vuoksi.</p>	
Avainsanat	LVI-suunnittelu, MagiCAD for Revit, tietomalli, YTV 2012

Author Title	Aleksi Mäkelä The Benefits and Challenges of MagiCAD for Revit in HVAC Design
Number of Pages Date	34 pages 28 November 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Engineering, Design Orientation
Instructors	Antti Torkki, Design Director Aamos Lemström, Senior Lecturer
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was to establish benefits and downsides of MagiCAD for Revit software for a HVAC engineering company. The study was conducted with a possible deployment of the software in the company in mind.</p> <p>The final year project mapped the stages of HVAC design and Building Information Modeling, and studied the most employed software in HVAC design. The project was mainly based on experience and on the information available about Revit.</p> <p>The thesis analysed various features of Revit, such as starting a project, usability, differences, differing and new features, project working possibilities, heat loss calculations, hole reservation modelling, and planning of supports and hangers. The thesis also discussed the profitability of the deployment of the software, as well as points to take into consideration when the software is deployed, and evaluated the potential benefits that Revit would give to HVAC design.</p> <p>The thesis established that the deployment of Revit would demand training for the employees and generate higher cost in licenses. However, in the long run the software could prove economically beneficial. The thesis concludes that the deployment of Revit would benefit the HVAC design through a simplified data structure, uniform composition and through more autonomous functionalities.</p>	
Keywords	BIM, HVAC Design, MagiCAD for Revit, YTV 2012

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Optiplan Oy	2
3	LVI-suunnittelun vaiheet	2
3.1	Hankesuunnittelu	3
3.2	Suunnittelun valmistelu	3
3.3	Ehdotussuunnittelu	4
3.4	Yleissuunnittelu	4
3.5	Rakennuslupatehtävät	5
3.6	Toteutussuunnittelu	5
4	Tietomalli	5
4.1	Tietomallin hyödyntäminen	6
4.2	Tietomallin asettamat vaatimukset LVI-suunnittelulle	8
4.3	Tietomalli käytön ja ylläpidon aikana	9
5	LVI-suunnittelussa käytettävät ohjelmistot	10
5.1	MagiCAD for AutoCAD	11
5.2	MagiCAD for Revit	13
6	Tutkimuksen toteutus	15
7	LVI-suunnittelu MagiCAD for Revitillä	16
7.1	Projektin aloitus ja tiedostomuodot Revitissä	16
7.2	MagiCAD for Revitin käytettävyys ja poikkeavat toiminnot	20
7.3	Revitin tiimityöskentelymahdollisuudet ja projektien tiedostosijainnit	23
7.3.1	Worksharing-työryhmätoiminto	24
7.3.2	Revit Server	25
7.3.3	BIM 360 -pilvipalvelu	26
7.4	MagiCAD for Revitin LVI-tuotekirjastot	26
7.5	Lämpöhäviölaskenta	27
7.6	Reikävarausten suunnittelu MagiCAD for Revitillä	29
7.7	MagiCAD for Revit Supports & Hangers	31
8	MagiCAD for Revitin käyttöönotto ja päätelmät	32

9 Yhteenveto

33

Lähteet

34

1 Johdanto

Insinööriä tehdään Optiplan Oy:n toimeksiantona. Optiplanilla oli tarve teettää insinööriä Revit-pohjaisen suunnittelun käyttöönoton eduista ja haasteista LVI-suunnittelussa. Työn tavoitteena on luoda mahdollisimman laaja sekä ohjeen kaltainen kokonaisuus LVI-suunnittelusta Revitillä. Revitistä ei ole toistaiseksi saatavilla tarpeeksi luotettavia käyttökokemuksia, joten luotettavimpana tutkimusmenetelmänä on pohjata työ pääasiallisesti omiin käyttökokemuksiin Revitistä. Optiplanilla on ollut LVI-suunnittelussa käytössä Autodeskin AutoCAD-pohjainen MagiCAD-lisäosa, mutta vielä vuoden 2018 aikana tarkoituksena olisi käynnistää Revitillä suunniteltava pilottihanke. Lähitulevaisuudessa on mahdollista, että suunnittelu Optiplanilla siirtyisi Revit-pohjaiseksi ainakin osalla suunnittelualoista.

Insinöörityössä kerrotaan LVI-suunnittelun vaiheista Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelon (TATE12) mukaan ja eri suunnitteluvaiheiden tarkoituksista sekä sisällöistä. Työssä perehdytään tietomallintamiseen, siihen mitä tietomallintaminen on, mitä hyötyjä tietomallintamisella voidaan saavuttaa ja mitä vaatimuksia yleisillä tietomallivaatimuksilla (YTV 2012) on tietomallintamiseen sekä yleisesti tietomallin käytöstä käytön ja ylläpidon aikana LVI-suunnittelun näkökulmasta. Työssä käydään myös läpi LVI-suunnittelussa yleisimmin käytössä olevat ohjelmistot ja katsaukset niihin LVI-suunnittelun näkökulmasta.

Pääpaino työssä keskittyy MagiCAD for Revitin käytettävyyteen, siihen miten ohjelmisto eroaa käytettävyydeltään AutoCAD-pohjaisesta MagiCADista ja mitä tulisi huomioida siirryttäessä Revit-ympäristöön. Työssä käydään läpi LVI-suunnittelun kannalta Revitin poikkeavat komennot, LVI-tuotekirjastot, lämpöhäviölaskenta, työnjako Revitin sisällä ja mahdollisuudet tiimityöskentelyyn Revitissä saman mallin sisällä eri suunnittelijoiden kesken. Työssä avataan myös reikävarauksien suunnittelua MagiCAD for Revitillä ja tehdään katsaus LVI-järjestelmien kannakointien suunnittelumahdollisuuksiin Supports & Hangers -sovelluksella.

Lopuksi työssä pohditaan, mitä tulisi ottaa huomioon ja mitä se vaatisi, jos suunnittelu siirtyisi Optiplanilla Revit-ympäristöön LVI-suunnittelun näkökulmasta, kuinka ohjelmiston vaihto teoriassa olisi mahdollista, paljonko se veisi aikaa ja resursseja sekä kuinka se olisi järkevintä toteuttaa. Myös mahdollisten koulutuksien ja lisenssien tarvetta Revit-pohjaiseen suunnitteluun kartoitetaan.

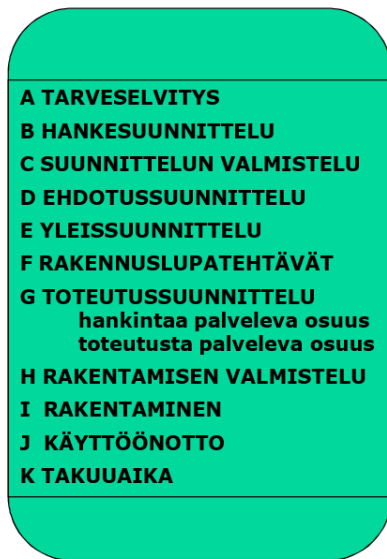
2 Optiplan Oy

Optiplan Oy on kokonaissuunnittelutoimisto ja osa pohjoismaista NCC-konsernia, joka on yksi Pohjoismaiden suurimpia rakennusalan yhtiöitä. Optiplanin tarina alkaa vuodesta 1964, kun Rakennustoimisto A. Puolimatka palkkasi ensimmäisen rakennusarkkitehdin elementtitehtaalle Forssaan. Nimi Optiplan tuli kuvioihin vuonna 1989, jolloin rakennusliikkeen suunnitteluosasto yhtiöitettiin. Optiplanin päätoimipiste sijaitsee Helsingin Ruskeasuolla NCC:n Suomen pääkonttorin yhteydessä ja muut kolme toimipistettä Tampereella, Turussa ja Oulussa. Oulun toimipiste syntyi, kun Optiplan osti oululaisen suunnittelutoimisto Taltekon Oy:n vuonna 2014. Liikevaihto Optiplanilla on yli 16 miljoonaa euroa, ja henkilöstöä on reilut 200 vuonna 2018. [1]

Optiplan tarjoaa asiakkailleen niin asunto- ja toimitilasuunnittelua kuin korjausrakentamispalvelua. Kokonaissuunnittelu sisältää niin arkkitehtuurin, rakennesuunnittelun, LVIA-suunnittelun, energia- ja ympäristöpalvelut ja sähkösuunnittelun. [1]

3 LVI-suunnittelun vaiheet

LVI-suunnittelu voidaan jakaa taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelon (TATE12) mukaan seuraaviin vaiheisiin: hankesuunnittelu, suunnittelun valmistelu, ehdotussuunnittelu, yleissuunnittelu, rakennuslupatehtävät ja toteutussuunnittelu. Ennen näitä on myös tarveselvitys ja näiden jälkeen rakentamisen valmistelu, rakentaminen, käyttöönotto ja takuu-aika. Edellä mainittuja ei käsitellä tässä kappaleessa, koska ne eivät ole yhtä olennaisia LVI-suunnittelun näkökulmasta. TATE12:n suunnitteluvaiheet on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelon (TATE12) mukaiset suunnitteluvaiheet

3.1 Hankesuunnittelu

Hankesuunnitteluvaiheessa rakennushankkeelle laaditaan laatua, laajuutta, toimivuutta, ajoitusta, kustannuksia ja ylläpitoa varten tavoitteet. Hankesuunnitelman lähtötietoina ovat tilaajan tai omistajan tavoitteet sekä tarpeet. LVI-suunnittelijan tehtävät hankesuunnitteluvaiheessa ovat yleensä avustavia liittyen esimerkiksi energiankulutukseen sekä olosuhteiden tavoitearvojen määrittämiseen. Taloteknisten pääjärjestelmien alustava määrittäminen sekä kustannusarvioiden laadinta voi myös sisältyä hankesuunnitteluvaiheeseen. Hankesuunnittelusta toteutuu lopulta hankesuunnitelma, jonka avulla vähennetään mahdollisia yllätyksiä jatkosuunnittelussa. [2, s. 4.]

3.2 Suunnittelun valmistelu

Suunnittelun valmistelu pitää sisällään suunnittelun organisoinnin, tarvittavat neuvottelut, suunnittelijoiden valinnan suunnittelualoittain sekä suunnittelusopimuksien teon. Hanketietokortissa varmistetaan lähtötiedot ja hankkeen vaativuus, joka helpottaa suunnittelun valmistelua sekä työmäärän arviointia. Hankkeen laajuuden perusteella määräytyy suunnittelun työmäärä, joka voidaan toteuttaa joko kiinteä- tai tuntihintaisena. Suunnitteluasiakirjojen aikataulut sekä laajuus voi vaihdella valitun urakkamuodon mukaan. Suunnittelu- ja rakennusaikaiset kokoukset ovat osana suunnittelua, kokoukset ja niiden määrä on eritelty hanketietokortissa. Suunnittelun valmistelusta syntyy lopulta suunnittelupäätös. [2, s. 6–9.]

3.3 Ehdotussuunnittelu

Ehdotussuunnitteluvaiheessa laaditaan vaihtoehtoisia teknisiä suunnitteluratkaisuja hankesuunnitteluvaiheessa määriteltyjen tavoitteiden saavuttamiseksi. Tarkoituksena on selvittää mahdolliset suunnitteluratkaisut sekä vertailla niitä keskenään mahdollisimman kustannustehokkaan lopputuloksen saavuttamiseksi. Ehdotussuunnitteluvaiheessa laitteille määritetään yhdenmukainen laitetunnusjärjestelmä, joka helpottaa laitteiden tunnistamista ja sijainnin määrittämistä. Rakennuksen ulkopuolisiin verkostoihin tarkastellaan mahdolliset liittymävaihtoehdot sijainteineen. Myös käyttö- ja paloturvallisuusvaihtoehdot, energiankulutuksen tavoitteen laskeminen ja sisäilmaolosuhteen laskenta ovat osana ehdotussuunnitteluvaihetta. Usein toistuvista tilaratkaisuista esitetään mallihuone tai tyyppitila suunniteltuna ehdotussuunnitteluvaiheessa. Ehdotussuunnitteluvaiheesta syntyy lopulta ehdotussuunnitelma. [2, s. 10–12.]

3.4 Yleissuunnittelu

Yleissuunnitteluvaihe on jatkoa ehdotussuunnitteluvaiheelle, missä ehdotussuunnitelmat suunnitellaan toteutuskelpoisiksi yleissuunnitelmiksi. Ehdotussuunnitelmasta poiketen yleissuunnitelma kattaa niin rakennuksen toistuvat tilat kuin muuttuvatkin tilat. Yleissuunnitteluvaiheessa varmistetaan, että rakennuksen muuttuvat tilat täyttävät myös hankkeelle asetetut tavoitteet. Ehdotussuunnitteluvaiheessa määritettyjen pääreittien yhteensovitus eri suunnittelualojen kesken tehdään yleissuunnitteluvaiheessa. Näin varmistutaan, että kaikilla suunnittelualoilla on edellytykset toteuttaa ratkaisut, jotka on ehdotussuunnitteluvaiheessa suunniteltu. Yleissuunnitteluvaiheessa tarkennetaan tarvittavin osin ehdotussuunnitteluvaiheessa tehdyt laskelmat sekä simulaatiot. LVI:n osalta yleissuunnitelma-asiakirjat pitävät sisällään:

- järjestelmäkuvaukset ja kaaviot
- asemapiirustus
- tasopiirustukset
- alustavat laiteluettelot
- alustavat reikävaraustiedot.

Lopuksi yleissuunnitelmiin tehdään sisäinen laaduntarkastus ja todetaan yleissuunnitelmien sopimuksen mukaisuus. Yleissuunnitteluvaiheen pohjalta toteutuvat yleissuunnitelmat sekä pääpiirustukset. [2, s. 14–15.]

3.5 Rakennuslupatehtävät

Rakennuslupavaiheessa hankkeelle selvitetään tarvittavat lupamenettelyt, todetaan suunnittelijoiden kelpoisuus hankkeen suunnittelijoiksi sekä todetaan pääpiirustusten määräystenmukaisuus ja hyväksyttävyyys. Lupahakemusta varten hankkeelle laaditaan tarvittavat asiakirjat ja hankitaan tarvittavat lausunnot viranomaisilta LVI-tekniikkaan liittyen muun muassa liitoskohtalausunto. Rakennuslupaa varten hankkeesta tulee olla ajantasaisin määräyksiin toteutettu energiatodistus. [2, s. 18.]

3.6 Toteutussuunnittelu

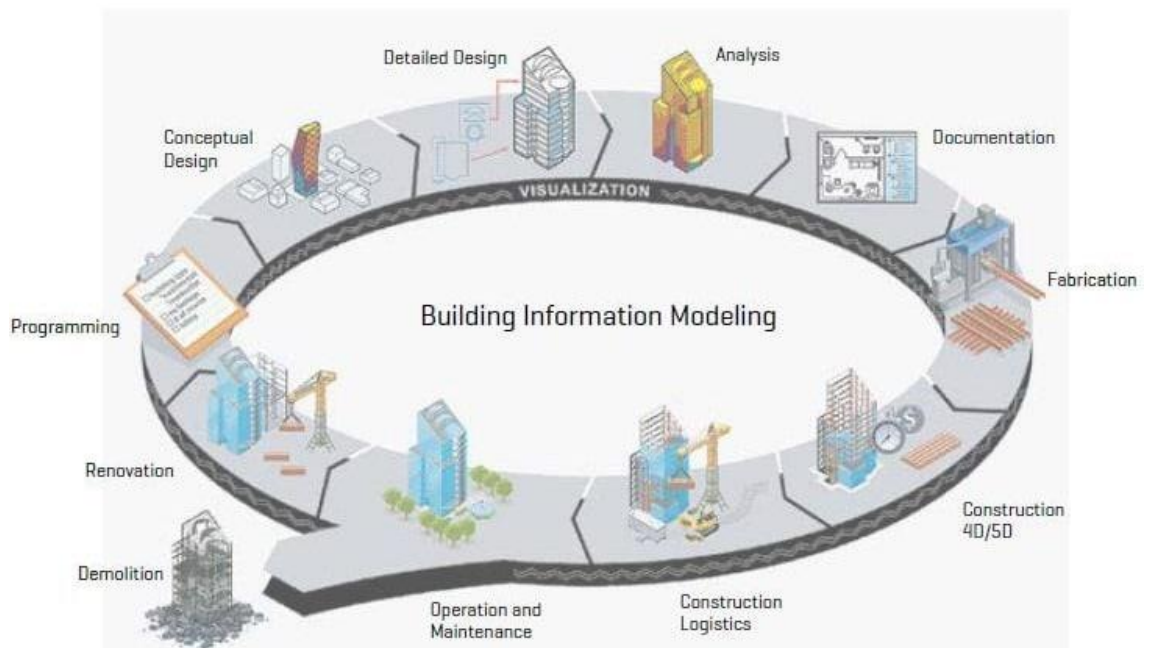
Toteutussuunnitteluvaiheessa yleissuunnitelmat kehitetään ja mitoitetaan toteutuskelpoiksi suunnitelmiksi. Toteutussuunnitteluvaihe voidaan jakaa kahteen eri vaiheeseen, joista toinen kattaa hankinnat ja toinen toteutuksen. Suunnitelmien laajuuden sekä tarkkuuden tulee olla sillä tasolla toteutussuunnitteluvaiheessa, että hankinnat ja toteutus onnistuvat suunnitelmien mukaan. Toteutussuunnitteluvaiheessa reititykset yhteensovitetaan eri suunnittelualojen kesken ja todetaan niiden toteutuskelpoisuus. Myös turhaa muutostyötä tulisi välttää toteutussuunnitteluvaiheessa, koska siitä aiheutuu lisätyötä myös muille suunnittelualoille. Päätelaitteiden lopulliset sijainnit ja tilantarpeet vahvistetaan, että arkkitehdin alakattosuunnittelusta tulee toteutuskelpoista. Vaativimmissa erityiskohteissa suunnitelmia voidaan vielä laajentaa ja tarkentaa asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi toteutussuunnitteluvaiheessa. Toteutussuunnitteluvaiheen pohjalta toteutuvat hyväksytyt toteutussuunnitelmat. [2, s. 19–22.]

4 Tietomalli

Tietomalli (BIM, Building Information Model) on tietosisällöllinen kiinteistön tai rakennuksen digitaaliseen muotoon toteutettu rakennuksen tietojen yhdistetty tietokanta, joka on mahdollisimman lähellä todellisuutta vastaava malli. Tietomalli sisältää yhdistettyjä tietoja rakennuksesta, ja sen tavoitteena on pitää suunnittelun ja rakentamisen laatu, tehokkuus ja kestävä kehitys halutulla tasolla koko kiinteistön tai rakennuksen

rakennushankkeen alusta elinkaaren ajan. Yleiset tietomallivaatimukset (YTV 2012) pitävät sisällään vähimmäisvaatimukset tietomallin tuotesisällölle ja mallinnuksen tasolle, mitä tulee noudattaa kaikissa rakennushankkeissa, joissa tietomallivaatimuksia käytetään. [3, s. 5.]

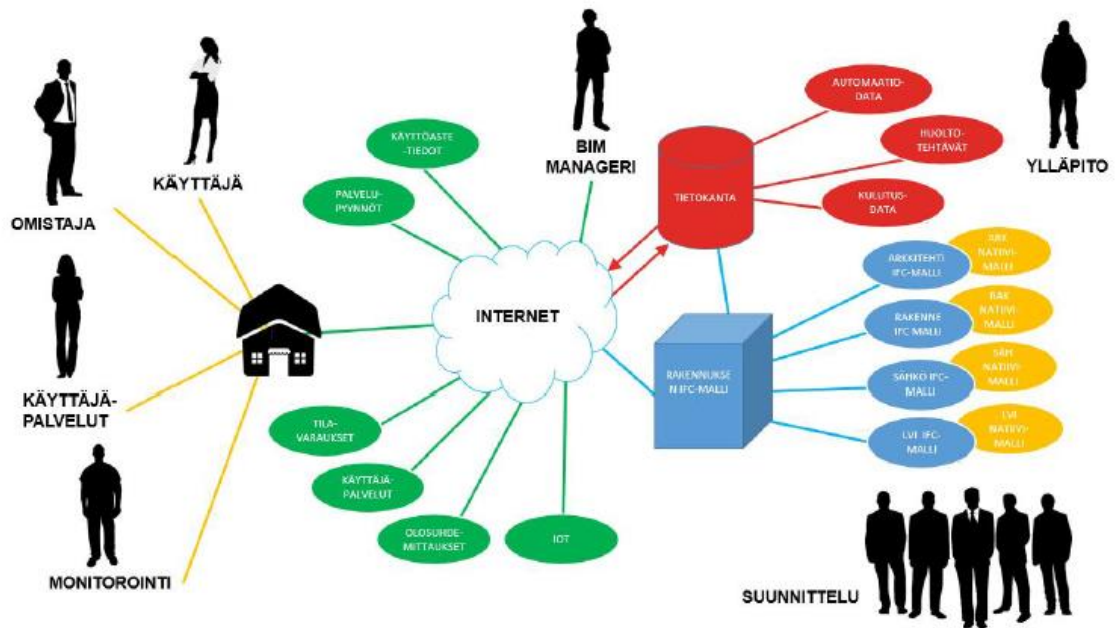
Yleiset tietomallivaatimukset koskevat kaikkia suunnittelualoja, mutta tässä kappaleessa vaatimuksia käsitellään LVI-suunnittelun koskien. Rakennuksen elinkaari on kuvattu kuvassa 2.



Kuva 2. Tietomalli rakennuksen elinkaaren aikana [4]

4.1 Tietomallin hyödyntäminen

Tietomallia hyödynnetään rakennushankkeen tarveselvitysvaiheesta lähtien rakennuksen ylläpitoon saakka. Tietomallista saatavien hyötyjen avulla rakennushanke sujuu jouhevammin, rakennusvirheitä voidaan ennaltaehkäistä helpommin ja yhteistyö eri osapuolten välillä paranee. Lähes todenmukaisten tietomallinnettujen 3D-mallien helppo havainnollistaminen ja ymmärtäminen hyödyttävät jokaista rakennushankkeen osapuolta, mikä johtaa laadukkaampaan ja suunnitelmien mukaiseen lopputulokseen. [6; 7.] Tietomallia hyödyntävät osapuolet on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Tietomallia hyödyntävät osapuolet rakennushankkeessa [5, s. 36.]

Tietomallin hyödyntäminen suunnitteluvaiheessa näkyy suunnitelmien tarkkuutena, ja muutosten teko suunnitelmiin helpottuu eri suunnittelualueiden välillä. Suunnitteluvaatimusten tarkastaminen tietomallia apuna käyttäen säästää aikaa eri osapuolten välillä. Tietomallin pohjalta kustannusten määrittäminen sekä helpottuu että tarkentuu, ja näin ehkäistään yllätyksiä työmaalla. [6; 7.]

Rakennusvaiheessa tietomallia voidaan hyödyntää jo materiaalien tilauksesta lähtien. Yksityiskohtaisen ja ajantasaisen tietomallintamisen seurauksena materiaalien tilaaja tietää tarkemmin materiaalien menekin eri työvaiheissa ja suuremmalta hävikiltä säästytään työmaalla. Tietomallintaminen helpottaa ja nopeuttaa muutosten tekoa työmaakaisiin suunnitelmiin niin suunnittelijan kuin urakoitsijankin näkökulmasta. Urakoitsijan on myös helpompaa havaita virheet tai puutteet suunnitelmista ennen kuin työvaihetta on ehditty aloittaa, ja näin tietomallintamisella saadaan vähennettyä rakennusvirheiden syntyä. [6; 7.]

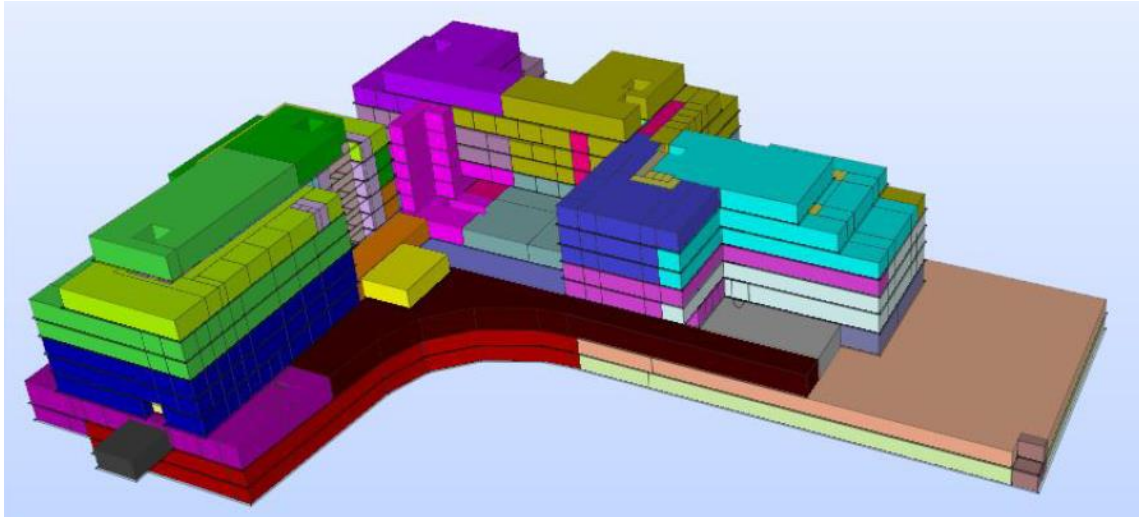
Ylläpitovaiheessa tietomalli helpottaa tiedonsiirtoa rakennusvaiheesta ylläpitovaiheeseen. Tietomallin avulla voidaan ylläpidon aikana hallita muun muassa energian seuranta, PTS-suunnittelua ja huoltokirjaa helposti sekä yhdenmukaisesti. [6; 7.]

4.2 Tietomallin asettamat vaatimukset LVI-suunnittelulle

Julkisissa rakennushankkeissa suunnittelu tulee toteuttaa mallinnusohjelmalla, joka täyttää vähintään IFC 2x3 (Industry Foundation Classes) -sertifikaatin. IFC-tiedoston avulla mallien siirto ohjelmistosta toiseen on mahdollista, ja näin kaikilla suunnittelun osapuolilla ei välttämättä tarvitse olla samaa ohjelmistoa käytössään. Käytettävä tietomallinnusohjelma versioineen tulee myös sisällyttää suunnittelun tarjouspyyntöön. Yleisvaatimuksena on, että rakennus mallinnetaan suunnittelualoittain kerroksittain eri tiedostoihin ja nimeäminen tehdään tilaajan CAD-ohjeen mukaan. Suunnittelualoittain kaikilla on sama arkkitehdin määrittämä origo suunnittelutiedostoissa, mikä yksinkertaistaa yhdistelmämallien tekoa sekä reikävarausten suunnittelua. [3, s. 6.]

Talotekninen tietomallintaminen jaetaan kahteen eri osa-alueeseen, ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheeseen sekä toteutussuunnitteluvaiheeseen. Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheessa keskitytään taloteknisten järjestelmien valintaan, palvelualueisiin ja taloteknisiin tilavarauksiin eri järjestelmien osalta. Toteutussuunnitteluvaiheessa tehdään järjestelmämallit eri taloteknisistä järjestelmistä koko rakennukseen. [8, s. 7–8.]

Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheessa tilantarpeet määritetään LVI-suunnittelijan toimesta talotekniikalle järjestelmien asennus ja huoltoa vaativat laitteet huomioiden. Tilanvaraukset sisältävät tässä vaiheessa muun muassa hormit, kuilut, IV-konehuoneet ja tekniset tilat, joiden sijainnit määritetään arkkitehdin kanssa yhteistyössä. Vaaka-suuntaisten kerrosverkostojen mallintamiselle ei ole ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheessa tietosisällöllisiä vaatimuksia, vaan tarkoituksena on määrittää taloteknisten järjestelmien tilantarpeet 3D-mallissa. Mallihuoneen tai alueen mallintamisen tarkoitus on mallintaa alue mahdollisimman tarkasti, jotta varmistutaan järjestelmien tilantarpeesta alueella ja näin voidaan määrittää alustavia alakattojen korkoja vastaavanlaisissa huoneissa tai alueilla. Vaatimuksena on, että vähintään eri ilmanvaihtokoneiden palvelualueet määritellään tietomalliin tai erilliseen dokumenttiin. [8, s. 15–19.] Kuva 4 havainnollistaa eri ilmanvaihtokoneiden palvelualueita.



Kuva 4. Ilmanvaihtokoneiden palvelualueet eri värein esitettynä tietomallissa [8, s. 19.]

Toteutussuunnitteluvaiheessa kaikki järjestelmät mallinnetaan omiin malleihin toimiviksi järjestelmiksi kokonaisuudessaan niin, että järjestelmien mitoittaminen on mahdollista. Järjestelmien eri kerroksissa sijaitsevat osuudet on oltava kytkettynä samaan järjestelmään niin, että järjestelmän mitoittaminen onnistuu kokonaisuudessaan. Pääjärjestelmät (esimerkiksi ilmanvaihtojärjestelmä) tulee olla jaettuna osajärjestelmiin (esimerkiksi tuloilmaverkosto), jotka on voitava mitoittaa muista osajärjestelmistä riippumatta. Mallinnus tulee tehdä todellisuutta vastaavilla osilla ja objekteilla. Eristeet tulee mallintaa kanaviin ja putkiin törmäystarkastelun ja massalistojen vuoksi, ja eristeestä tulee käydä ilmi käyttötarkoitus, materiaali, paksuus ja mahdollinen pinnoite. Viemäriverkoston tulee mallintaa kaadot vaatimuksien mukaan pois lukien esimerkiksi wc-tilaryhmät ja asemapiirustuksessa esitetyt viemäriverkostot. Ilmanvaihtojärjestelmä mallinnetaan kokonaisuudessaan todellisuutta vastaavilla osilla ja objekteilla, sekä jokainen ilmanvaihdon palvelualue tulee eritellä eri osajärjestelmiin. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmä mallinnetaan kokonaisuudessaan todellisuutta vastaavilla osilla ja objekteilla eri osajärjestelmiin. Mahdollisen lattialämmityksen osalta ei vaadita mallintamista, vaan riittävä tietosisältö riittää suunnitelmiin. [8, s. 21–24.]

4.3 Tietomalli käytön ja ylläpidon aikana

Tietomalli käytön ja ylläpidon aikana on yhdistelmämalli rakennuksesta tai kiinteistöstä, joka kattaa käyttöä, huoltoa ja kunnossapitoa vaativat laitteet, järjestelmät ja rakenteet. Ylläpidon aikaisella tietomallilla voidaan paikantaa laitteita ja järjestelmiä, jotka tarvitse-

vat huoltoa tai korjausta. Tietomalli ylläpidon aikana sisältää passiivista tietosisältöä, muun muassa:

- rakennuksen tai kiinteistön tilatiedoista
- teknisistä järjestelmistä ja laitteista karkealla tasolla
- teknisten järjestelmien vaikutusalueista
- paikantamispirstuksista
- eri järjestelmien toimintakaavioista.

Ylläpidon aikainen tietomalli on pääasiassa passiivisen tiedon varasto, joka tarvitaan tiedon etsimiseen ja eri järjestelmien havainnollistamiseen. [5, s. 19–21.]

Tietomallia käytetään erityisesti ylläpidon aikana huoltoon ja korjauksiin, mutta tietomallin pohjalta on helppo suunnitella tilojen käyttömuutoksia sekä ennakoida tulevaisuuden korjaushankkeita. Myös mahdollisten vikojen etsintä tapahtuu usein ensiksi tietomallin kautta, jolloin ei tarvitse avata huoltoluukkuja tai rakenteita vaan järjestelmiä voi tarkastella tietomallista käsin. [5, s. 19–21.]

5 LVI-suunnittelussa käytettävät ohjelmistot

MagiCAD on LVIS-suunnittelun johtava tietomallinnusohjelmisto, jota käytetään yli 3800 yrityksessä ja 70 eri maassa. MagiCAD on suomalaisen Progman Oy:n kehittämä lisäohjelmisto, jota voidaan käyttää niin AutoCAD- kuin Revit-pohjaisena. AutoCAD-pohjaisena MagiCAD on 2D-ympäristössä, kun taas Revit-pohjaisena MagiCAD on lähtökohtaisesti 3D-ympäristössä. Myös AutoCADista sekä Revitistä löytyy ominaisuuksia LVI-suunnitteluun ilman MagiCADia, jotka sisältävät rajallisemman määrän toimintoja verrattuna MagiCADiin AutoCAD- tai Revit-pohjaisena. Kyndata Oy:n Cads Planner Hepac -ohjelmistoa on myös paljon käytössä eri suunnittelutoimistoissa. [9]

Tietomallintaminen on tehty MagiCADilla erittäin tarkaksi sen sisältämien eri laitevalmistajien yli miljoonan tietomalliobjektin ansiosta, jotka löytyvät MagiCloud online-palvelusta. Kaikki tietomalliobjektit sisältävät todelliset mitat ja tarvittavat tekniset tiedot

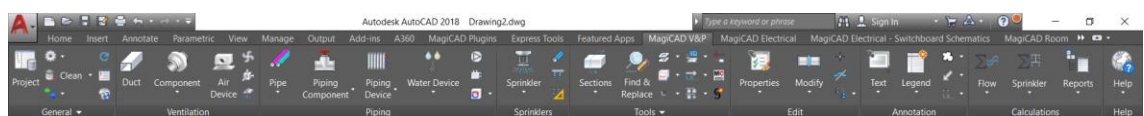
laskentoja ja mitoittamista varten. MagiCAD sisältää muun muassa seuraavat sovellukset LVI-suunnitteluun:

- Ventilation (ilmanvaihto)
- Piping (lämmitys ja vesi&viemäri)
- Sprinkler (sprinkleri)
- Schematics (automaatio, kaaviot)
- Room (lämpöhäviölaskenta, vain AutoCAD-pohjaisessa MagiCADissa).

[9]

5.1 MagiCAD for AutoCAD

MagiCAD for AutoCAD on AutoCAD-pohjainen LVI-tietomallinnusohjelmisto. AutoCAD on yhdysvaltalaisen Autodeskin kehittämä ohjelmisto, jonka ensimmäinen versio julkaistiin vuonna 1982. AutoCAD-pohjainen MagiCAD eroaa Revit-pohjaisesta suunnittelusta eniten siinä, että jokaisesta pääjärjestelmästä ja kerroksesta tehdään omat tiedostonsa verrattuna Revitin samassa tietokannassa työskentelyyn. [9] Kuvassa 5 on esitetty MagiCAD for AutoCADin ribbon -valikko.



Kuva 5. MagiCAD for AutoCAD ribbon -valikko

MagiCAD Ventilation for AutoCAD sisältää kattavan tietomallipohjaisen ilmanvaihtosuunnittelun, joka sisältää tarvittavat työkalut ilmanvaihdon tuotteiden ja kanavistojen valintaan, asentamiseen, reitittämiseen sekä laskentaan. MagiCAD linkittää kerrosten väliset mallit yhteen, minkä avulla laskennat onnistuvat koko pääjärjestelmään tai osajärjestelmään kauttaaltaan. MagiCADilla voidaan mitoittaa ja tasapainottaa ilmanvaihtojärjestelmät sekä suorittaa äänilaskelmat. Järjestelmän tasapainotus voidaan tehdä MagiCADilla esimerkiksi minimipaineen, ennalta määritellyn paineen perusteella tai

puhaltimen paineen mukaan. Painehäviöiden, säätöarvojen ja virtaus- ja ääniarvojen määrittäminen onnistuu myös MagiCADilla. [9]

MagiCAD Piping for AutoCADissa on kattavasti kaikki tarvittava lämmitys-, jäähdytys- ja vesijärjestelmien sekä viemäroinnin tietomallipohjaiseen suunnitteluun. MagiCAD linkittää kerrosten väliset mallit yhteen, minkä avulla laskennat onnistuvat koko pääjärjestelmään tai osajärjestelmään kauttaaltaan. Piping-välilehti mahdollistaa eri järjestelmien moniputkipiirron, jonka avulla voidaan määrittää putkien välinen etäisyys suunniteltaessa, mikä säästää aikaa ja tarkentaa suunnitelmia. MagiCADissa on mitoitus- ja tasapainotustoiminnot, jotka voidaan määrittää esimerkiksi virtaavan aineen nopeuden tai painehäviön mukaan, myös virtaavan aineen olosuhteita pystytään muokkaamaan. [9]

MagiCAD Sprinkler for AutoCADilla voidaan suunnitella paloposti- sekä sprinklerijärjestelmiä. MagiCAD mitoittaa ja valitsee putkikoot järjestelmään suoraan suuttimien lukumäärien mukaan. Laskenta sisältää muun muassa lähtöpainetason heikoimman suuttimen mukaan laskettuna. [9]

MagiCAD Schematics for AutoCAD (aikaisemmin System Designer) on työkalu automaatiokaavioiden piirtoon. Schematics kattaa myös tiedonsiirron Ventilation & Piping ja Schematicsin välillä eli esimerkiksi Schematicsiin asetetut järjestelmän lämpötila-arvot linkittyvät suoraan Ventilation & Piping -projektiin. Näin molemmat tiedostot pysyvät ajan tasaisina läpi suunnittelun. [9]

MagiCAD Room for AutoCADilla tehdään rakennuksesta lähellä todellisuutta oleva 3D-tilamalli, joka sisältää kantavat ulko- ja sisäseinät, väliseinät, alapohjan, välipohjat, vesikaton, ovet sekä ikkunat U-arvoineen. Room-mallin perusteella voidaan laskea rakennuksen lämpöhäviöt ja määrittää ilmavirrat tilakohtaisesti. [9]

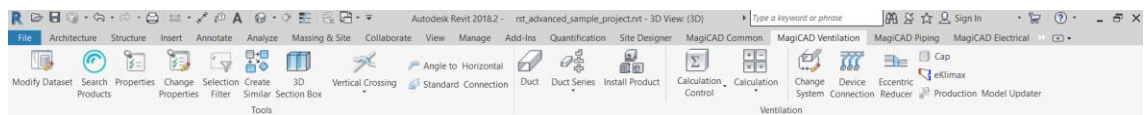
MagiCloud on Euroopan suurin tietomalliobjektien online-palvelu yli miljoonalle eri LVIS-tuotteelle. Tuotekirjaston tuotteet ovat laitevalmistajien tarkastamia, ja ne sisältävät tarkat tuotekohtaiset mitat ja tarvittavat tekniset tiedot tietomallintamiseen. [9]

MagiCADiin on saatavissa erikseen lisäosia ja sovelluksia, jotka sisältävät eri laitevalmistajien laskenta- sekä tuotevalintaohjelmia LVI-suunnitteluun. Ne kulkevat nimellä

Plugins. Esimerkiksi Fläktwoodsien Plugins-liitosohjelman avulla voidaan valita sopivat päätelaitteet, palkit ja ilmanvaihtokoneet ilmanvaihtosuunnitelmiin. [9]

5.2 MagiCAD for Revit

MagiCAD for Revit on Revit-pohjainen LVI-tietomallinnusohjelmisto, jonka lähtökohtana on 3D-ympäristö. Pelkällä Revitillä pystyy suunnittelemaan LVI-järjestelmiä, mutta MagiCAD for Revit tarjoaa kattavammat mahdollisuudet LVI-suunnitteluun. Revit on yhdysvaltalaisen Autodeskin kehittämä tietomallinnusohjelmisto, jonka ensimmäinen versio julkaistiin vuonna 2000. Revit sisältää työkaluja ja ominaisuuksia niin arkkitehtuuri-, rakenne- ja talotekniseen suunnitteluun. Suurimpana erona MagiCAD for Revitissä verrattuna AutoCAD- pohjaiseen MagiCADiin on, että Revitissä on usein vain yksi tietokanta, johon tieto tallennetaan. Näin muutoksien tekeminen riittää vain yhteen tietokantaan, kun AutoCAD-pohjaisessa suunnittelussa muutokset tehtäisiin jokaiseen piirustukseen erikseen. [9] Kuvassa 6 on esitetty MagiCAD for Revitin ribbon -valikko.



Kuva 6. MagiCAD for Revit ribbon -valikko

MagiCAD Ventilation for Revit kattaa tietomallipohjaisen ilmanvaihtosuunnittelun, joka sisältää tarvittavat työkalut ilmanvaihdon tuotteiden ja kanavistojen valintaan, asentamiseen, reitittämiseen sekä laskentaan. Revitin samassa mallissa tapahtuva ilmanvaihtosuunnittelu mahdollistaa nopeat ja tarkat muutokset suunnitelmamuutoksiin, mitoittamisiin, tasapainottamisiin ja äänilaskelmiin. MagiCADissa ilmanvaihtojärjestelmän mitoittaminen, tasapainotus tai äänilaskenta voidaan tehdä joko järjestelmä- tai tilaperusteisesti. Ilmanvaihtojärjestelmä voidaan tasapainottaa niin puhaltimen paineen, minimipaineen kuin ennalta määrätyn paineen perusteella. MagiCAD määrittää muun muassa päätelaitteiden esisäätö- sekä ääniarvot. Ääniarvot voidaan laskea esimerkiksi päätelaittekohtaisesti tai vallitsevassa tilassa olevan yhteisäänen mukaan. MagiCADin Plugins-liitosohjelmat mahdollistavat esimerkiksi sopivien päätelaitteiden ja ilmanvaihtokoneiden valinnan ilmanvaihtosuunnitelmiin. [9]

MagiCAD Piping for Revit kattaa tietomallipohjaisen lämmitys-, jäähdytys-, vesi- sekä viemärijärjestelmien suunnittelun. MagiCADin automatisoidut toiminnot, esimerkiksi

moniputkipiirto ja multi crossing putkien suunnitteluun, nopeuttavat ja tarkentavat suunnittelua. Mitoittaminen ja tasapainottaminen voidaan määritellä tehtäväksi muun muassa virtaavan aineen nopeuden tai painehäviön mukaan, myös virtaavan aineen ominaisuuksia voidaan muuttaa. Ohjelma antaa varoituksen, jos esimerkiksi vesipisteestä saatava virtaama poikkeaa 70–150 % vesipisteelle määritetystä normivirtaamasta. [9]

MagiCAD for Revit Sprinkler sisältää sprinkleri- ja palopostijärjestelmien suunnittelun. MagiCAD mitoittaa ja valitsee putkikoot sprinklerijärjestelmään suuttimien lukumäärän perusteella automaattisesti. MagiCADissa on seuraavat laskentastandardit sprinklerisuunnitteluun:

- CEA 4011
- EN 12845
- NFPA 13
- UNI 10779
- BS 9251:2014.

MagiCAD tuottaa laskentareportin, joka sisältää verkoston lähtöpainetason heikoimman suuttimen perusteella määritettynä, suuttimien vesivuon tiheydet sekä mahdollisten palopostien merkityksen verkostoon. [9]

MagiCAD for Revit Schematics on sovellus automaatiokaavioiden piirtoon. Sovellus voidaan synkronoida kaavion ja mallin välille, mikä pitää tiedonsiirron ajantasaisena tiedostojen välillä läpi suunnittelun. Tiedonsiirto voidaan määrittää niin mallista kaavioon kuin kaaviosta malliin. Esimerkkinä kaavioon asetetut järjestelmän lämpötila-arvot voidaan linkittää suoraan malliin hyvin yksinkertaisesti. [9]

MagiCloud on Euroopan suurin tietomalliobjektien online-palvelu yli miljoonalle eri LVIS-tuotteelle. Tuotekirjaston tuotteet ovat laitevalmistajien tarkastamia, ja ne sisältävät tarkat tuotekohtaiset mitat ja tarvittavat tekniset tiedot tietomallintamiseen. [9]

MagiCAD Plugins for Revit sisältää lisäosia, jotka sisältävät eri laitevalmistajien laskenta- ja tuotevalintaohjelmia LVI-suunnitteluun. Esimerkkinä Fläktwoodsien Plugins -liitiosohjelman avulla voidaan valita sopivat päätelaitteet, palkit ja ilmanvaihtokoneet ilmanvaihtosuunnitelmiin. [9]

6 Tutkimuksen toteutus

LVI-suunnittelu Revit-pohjaisena on Suomessa vasta tuloillaan, ja luotettavia käyttökokemuksia pidemmältä aikaväliltä Revitistä on hyvin suppeasti tarjolla. Totesin, että parhaimman käsityksen Revit-ympäristöstä saa tutustumalla Progranin tekemiin opetusvideoihin Revitistä sekä muutamiin insinööritöihin, joita on tehty Revitistä. Näiden pohjalta saa alustavan käsityksen ohjelmistosta hyvin teoreettisella tasolla. Varsinaiseksi tutkimusmenetelmäksi pidän luotettavimpana ja opettavaisimpana pohjata tutkimusomiin käyttökokemuksiin LVI-suunnittelusta Revit-ympäristössä.

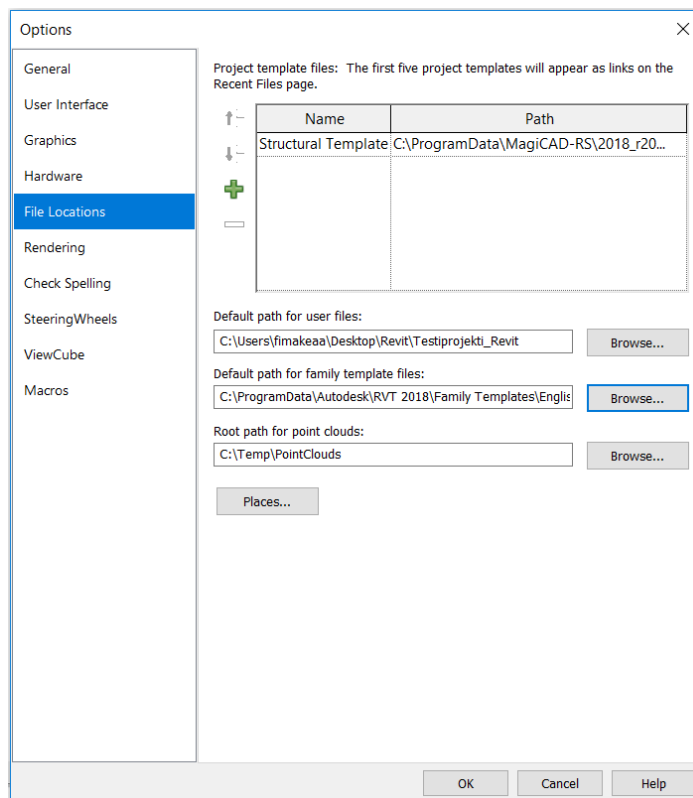
Tutkimus painottuu Revitin käytettävyyteen sekä eroavaisuuksiin verrattuna AutoCAD-pohjaiseen LVI-suunnitteluun. Nämä käyttökokemukset pohjataan insinööriyöntekijän omaan kokemukseen LVI-suunnittelusta, mitkä ovat pääasiassa työ- ja kouluelämästä hankittuja tietoja sekä taitoja erilaisten suunnitteluhankkeiden muodossa. Tutkimuksen käyttökokemukset sekä tulokset hankitaan luomalla Revit-projekti erääseen jo valmistuneeseen hankkeeseen, joka suunnitellaan osittain Revitillä uudelleen. Näin Revitistä saadaan luotettava sekä laaja-alainen käsitys suunnittelemalla todenmukainen kokonaisuus projektinomaisesti. Tutkimuksen tarkoitus on olla mahdollisimman laaja-alainen, katsauksenomainen ja osittain ohjeen kaltainen. Tämän takia moniin yksityiskohtiin ei tarkoituksella syvennytä aivan perusteellisesti.

Seuraavissa luvuissa tutkitaan: projektin aloittamista ja tiedostomuotoja Revitissä projektinomaisesti, Revitin käytettävyyttä ja poikkeavia toimintoja pohditaan mahdollisen käyttöönoton näkökulmasta, Revitin tiimityöskentelymahdollisuuksia, LVI-tuotekirjastoja, lämpöhäviölaskennan toteuttamista, reikävarauksien suunnittelua sekä uutta sovellusta (Supports & Hangers) LVI-kannakointien suunnitteluun. Lopussa pohditaan Revitin käyttöönottoa: Onko se kannattavaa ja mitä tulisi huomioida siirryttäessä Revit-ympäristöön?

7 LVI-suunnittelu MagiCAD for Revitillä

7.1 Projektin aloitus ja tiedostomuodot Revitissä

Projektin aloitus Revitissä tapahtuu aukaisemalla Ohjelmisto ja valitsemalla Uusi projekti, johon liitetään aloitustiedosto eli Template. Revitissä on käytössä viisi eri tiedostomuotoa, jotka ovat RTE, RVT, RFA, RFT ja MRV. Kuvassa 7 on esitetty projektin aloitus Revitissä.



Kuva 7. Projektin aloitus Revitissä ja tiedostojen valinta

Template eli aloitustiedosto on tiedostomuotoa (.rte). Progranilla on Revit-projektin aloittamiseen valmis Template. Template sisältää paikalliset suunnittelustandardit ja käytännöt. Templatea käyttämällä varmistutaan, että projektissa on käytössä esimerkiksi yhdenmukaiset asetukset sekä piirrosmerkit. Templatea on myös mahdollista muokata haluamakseen esimerkiksi yritys- tai projektikohtaiseksi. Progranin tekemä valmis Template LVI-suunnitteluun on nimeltään FIN-MCREV-LVIS-2018_b_r2018.rte. Progranin Templaten pohjalta Optiplanin suunnittelustandardeihin tehty Template on nimellä OPTI_FIN-MCREV-LVIS-2018_b_r2018.rte.

Projektia tallennettaessa projektikansioon syntyy projektitiedosto, joka on tiedostomuotoa (.rvt). Eli kaikki projektiin tehdyt muutokset tallentuvat aina projektitiedostoon, ja Template pysyy samanlaisena läpi projektin.

Revitissä on käytössä Familyt, joka sisältää muun muassa projekteissa käytettävät tuotteet, laitteet, järjestelmät ja nimiöt. Family on ryhmä tuotteita, joilla on yhteiset ominaisuudet. Family-tiedoston tiedostomuoto on (.rfa).

Familyille on myös omat Templatet. Uutta Familyä luodessa tarvitaan Template-tiedosto, jonka tiedostomuoto on (.rft).

Revitissä on käytössä Dataset, joka sisältää MagiCADin tuotteita ja objekteja, esimerkiksi päätelaitteita, pattereita, putkia sekä eri järjestelmien mitoitusmäärittäviä raja-arvoja. Dataset on kuin Revitin Familyt, mutta vain MagiCAD for Revitille. Datasetien tiedostomuoto on (.mrv). Dataset vastaa MagiCAD for AutoCADin (.epj) tiedostoa. Optiplanin suunnittelustandardeille tehty Dataset on nimeltään OPTI_FIN-MCREV-LVIS-2018_b_r2018.mrv, jota voidaan myös muokata projektikohtaisesti. Datasetin valinta tapahtuu MagiCAD Common -välilehdeltä Select dataset.

Revitin aloitusnäkyminä on yleistietolomake, joka sisältää kohteen tietoja. Yleistietolomakkeen tiedot, jotka pysyvät samoina läpi projektin, välittyvät nimiöön. Yleistietolomake nopeuttaa tiedonsiirtoa, jos esimerkiksi vastaava suunnittelija vaihtuu kesken projektin, niin muutoksen teko riittää pelkästään yleistietolomakkeeseen eikä muutosta tarvitse päivittää jokaiseen nimiöön. Yleistietolomake on esitetty kuvassa 8.

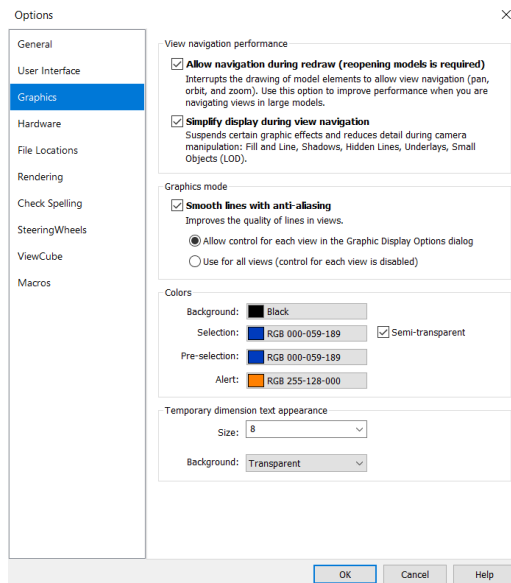
Projektin yleistiedot

- Täytä alla olevan taulukon yleistiedot, jolloin ne päivittyvät automaattisesti nimiöihin. Muokkaaminen tapahtuu tuplaklikkaamalla punaista tekstiä. Muokkaaminen onnistuu jälkikäteen myös suoraan nimiöistä.

555		Kortteli
Tontti	Ratu	
Tilaajan/Suunnittelukohteen tiedot		
Rakennustoimenpide		
Kohde1		
Kohde2		
Osoite		
Nimi ja tutkinto, suunnittelunumero		
Nimi ja tutkinto		
Suunnittelunumero		
Viranomaismerkintöjä		
Suunnitteluala (LVI)		

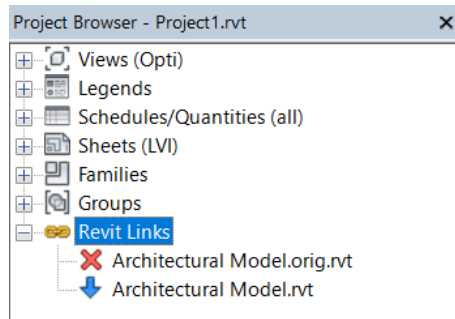
Kuva 8. Revitin yleistietolomake

Projektia aloittaessa voidaan halutessa määrittää suunnittelunäkymän taustaväriin mustaksi selkeyttämään suunnittelua MagiCAD for AutoCADin tavoin. Taustaväriin vaihto onnistuu Optionsin välilehdeltä Graphics ja sieltä Background. Taustaväriin vaihto on esitetty kuvassa 9.



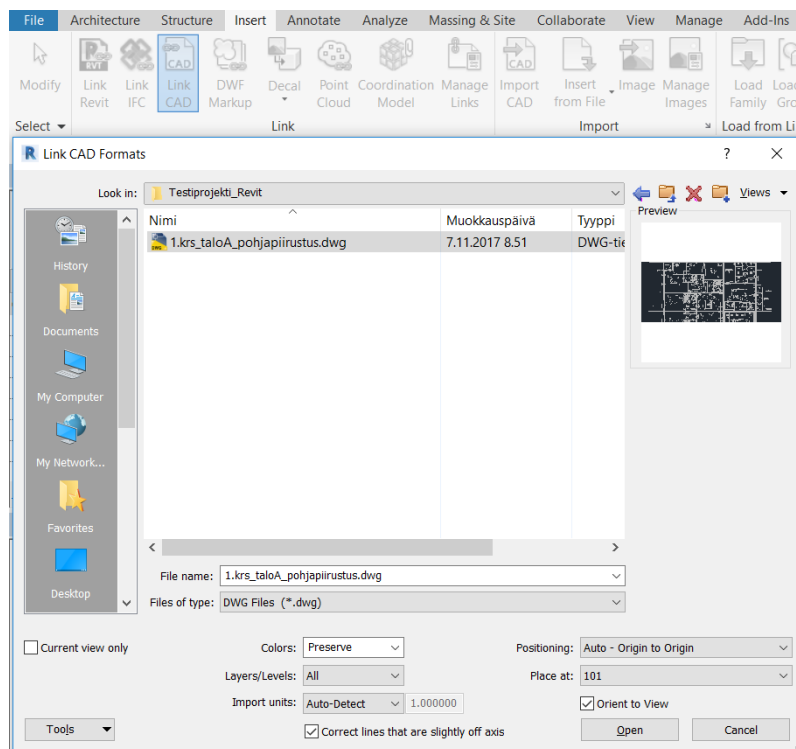
Kuva 9. Suunnittelunäkymän taustaväriin määrittäminen

Arkkitehtipohjan linkitys Revitiin voidaan tehdä kahdella eri tapaa riippuen linkitettävän arkkitehtipohjan tiedostomuodosta. Tiedostomuotoa (.rvt) arkkitehtipohja voidaan linkittää Project Browserin Revit linksin kautta alla olevan kuvan 10 mukaisesti.



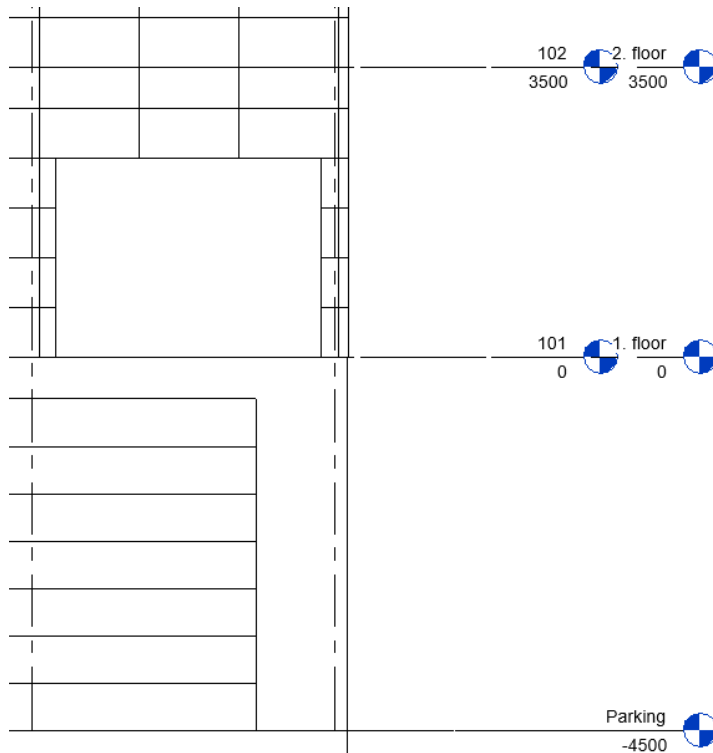
Kuva 10. Arkkitehtipohjan (.rvt) linkitys

Kun arkkitehtipohja on (.dwg)-tiedostomuotoa, linkitys tehdään Insert-välilehden kautta Link CAD -toiminnolla. Link CAD toimii kuin AutoCADin xref, eli kun alkuperäinen linkitetty tiedosto päivittyy, niin muutokset päivittyvät arkkitehtipohjaan projektia uudelleen ladatessa. Place at -kohdasta valitaan projektin kerros, johon kyseinen arkkitehtipohja linkitetään. Arkkitehtipohjan (.dwg) linkitys on esitetty kuvassa 11.



Kuva 11. Arkkitehtipohjan (.dwg) linkitys

Revitissä pitää määrittää projektin tasot eli kerrosmääritykset korkoineen ennen kuin voidaan luoda mallista erilaisia näkymiä. Tasoissa näkyvät korko, kerros sekä kyseisen tason piirustusnumero. Kuvassa 12 on esitetty kerrosmääritykset vaakatasosta kuvattuna.



Kuva 12. Revitin tasot eli kerrosmääritykset

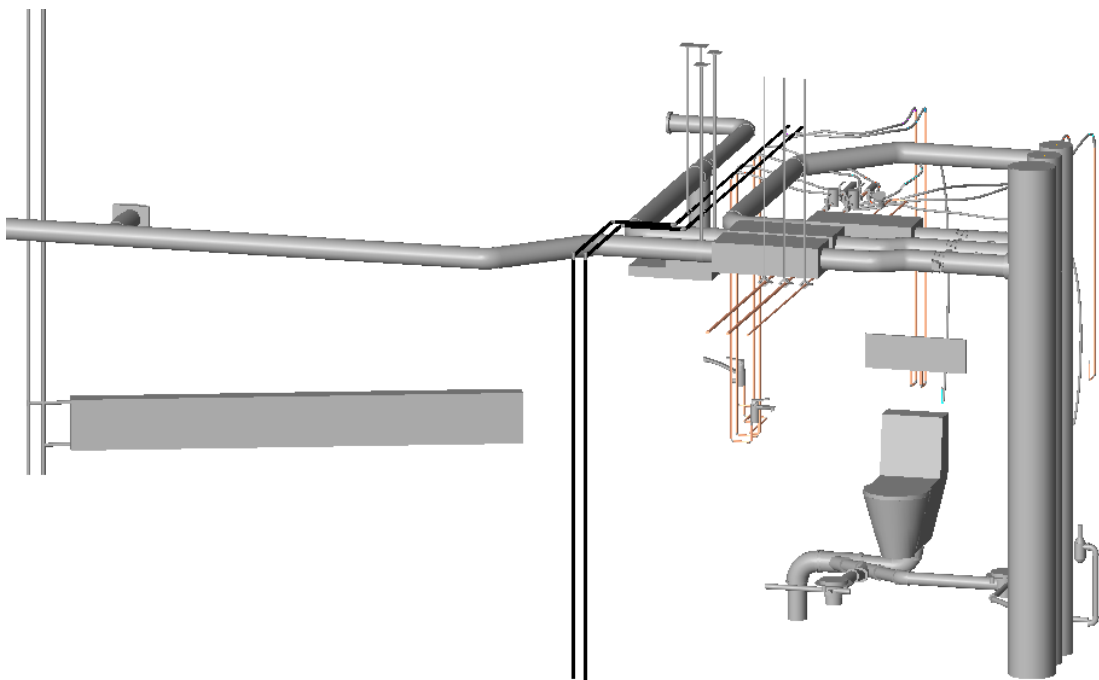
Kun kerrosmääritykset on tehty, projektin näkymiä voidaan muokata projektille sopiviksi. Templatesta löytyy valmiita 2D-näkymiä muun muassa eri järjestelmille kerroksittain sekä 3D-näkymiä koko LVI-järjestelmille kattaen koko rakennuksen.

7.2 MagiCAD for Revitin käytettävyys ja poikkeavat toiminnot

LVI-suunnittelu Revit-pohjaisena poikkeaa monilta osin enemmän ja vähemmän verrattuna AutoCAD-pohjaiseen suunnitteluun. Kuitenkin kyseessä on aivan erilainen ohjelmisto, mutta toisaalta suurin osa MagiCADista tutuista toiminnoista ja komennoista ovat hyvin vastaavanlaisia Revitissäkin. Suurimmat eroavaisuudet ovat Revitin toiminnoissa. Alkuun voi tuntua haastavalta saada edes putkea piirrettyä kuvaan, mutta hetken kuluttua monet toiminnot saattavat tuntua oikein hyviltä ja oikein käytettynä suun-

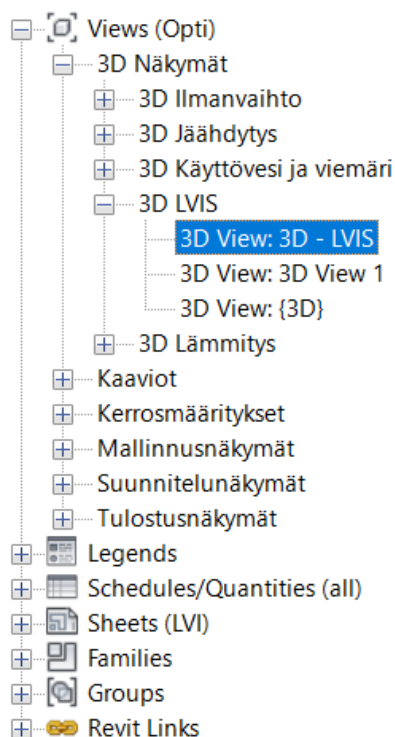
nittelua automatisoivilta ja nopeuttavilta. Usein ongelmia aiheutuu MagiCAD for AutoCADista rutinoituneiden komentojen käyttäminen Revit-ympäristössä.

Revitin käytettävyydestä ensimmäisenä etuna tulee mieleen koko ohjelmiston yksi projektitiedosto ja sen rakenne. Yksi tiedosto kuitenkin pitää sisällään lukuisia näkymiä (Views), joista oikeastaan koko suunnittelu koostuu. Näkymät voidaan muokata projektin tai käyttäjätottumuksien mukaan sopiviksi. Suurimpina etuna yhdessä projektitiedostossa ja sen sisällä olevissa näkymissä on se, että yhdellä klikkauksella pääsee esimerkiksi yhden kerroksen yhden järjestelmän tasokuvasta 3D-näkymään, joka voi esimerkiksi sisältää koko projektin LVIS-järjestelmän todellisena (kuva 13).



Kuva 13. Revitin 3D-näkymä LVIS-järjestelmästä arkkitehdin malli piilotettuna

Erilaiset näkymät nopeuttavat huomattavasti suunnittelussa vaadittavaa hahmottamista sekä helpottavat järjestelmien törmäilyjen havaitsemista keskenään. Kuvassa 14 on esitetty Revitin näkymät, joiden avulla "liikutaan" yhdessä projektitiedostossa.



Kuva 14. Revitin näkymät, joista valittuna koko rakennuksen kattava 3D-näkymä LVIS-järjestelmästä (kuva 13)

LVI-järjestelmien suunnittelu Revitissä poikkeaa jokseenkin AutoCADista tutuista komennoista ja toiminnoista. Paljon yhtäläisyyksiä kuitenkin on suunnittelun suhteen. Suurimpina etuina ja suunnittelua selkeyttävinä tekijöinä Revitillä suunniteltaessa ovat AutoCADista tutujen kerrosten välisten linkittymisien eli Nodejen puuttuminen kokonaan. Tämä etu suunnitteluun tulee varsinkin pystynousuja suunniteltaessa. Vain muutamalla klikkauksella Revitissä on mahdollista viedä esimerkiksi viemäri vesikatolta kellariin asti, mikä olisi AutoCAD-pohjaisessa suunnittelussa vienyt rutkasti enemmän aikaa Nodejen takia. Revitillä suunniteltaessa suunnitteluun on luotu paljon toimintoja, joiden tarkoituksena on osittain automatisoida joitain toimintoja. Nämä automatisoidut toiminnot kuitenkin vaativat hieman totuttelua, jotta niistä saadaan etua suunnitteluun. Esimerkkinä ovat Revitin Connection-toiminnot, jotka ovat automatisoivia työkaluja suunnitteluun. Connection-toimintoja on niin viemäreille, pattereille, sprinklereille sekä ilmanvaihdon päätelaitteille omansa. Connection-toiminnot vastaavat jotakuinkin AutoCAD-pohjaisesta suunnittelusta tuttua Standard Connection -toimintoa, joka näyttää yksinkertaistetusti erilaisia liittymisvaihtoehtoja esimerkiksi putkien välillä. Myös Vertical Crossing -toiminnot ovat hyvin vastaavia, kuin AutoCAD-pohjaisessa suunnittelussa, mutta toimivat hieman laajemmin, tarkemmin ja selkeämmin. Hyvin käytettyinä monet näistä toiminnoista nopeuttavat suunnittelua ja tarkentavat suunnittelun jälkeä.

Erilaisten leikkauksien teko Revitissä on tehty erittäin yksinkertaiseksi ja selkeäksi. Leikkauspaikan ja leikkauksen määrittäminen tapahtuu muutamalla klikkauksella. Leikkauksen jälkeen Revit tekee automaattisesti näkyviin oman näkymän kyseiselle leikkaukselle. Leikkausta on helppo vielä muokata haluamukseen leikkauksen omasta näkymästä käsin. Leikkauksien helppo ja yksinkertainen tekeminen alentaa kynnystä tehdä havainnollistavia leikkauksia runsaasti ahtaista tiloista, jotka sisältävät paljon talotekniikkaa.

Revitistä puuttuu AutoCADista tuttu komentopalkki, joka varsinkin aluksi tuntuu hyvin erilaiselta suunnittelun näkökulmasta. Jonkin ajan kuluttua Revitin käytön aloittamisen jälkeen helposti unohtaa koko komentopalkin puuttumisen. Revit on kuitenkin hyvin erilainen ohjelmisto, joten pidemmällä aikavälillä voisi helpommin todeta tämän ratkaisun hyvät ja huonot puolet.

Revitissä on useita suunnittelua avustavia ja havainnollistavia ominaisuuksia. Analyze-välilehdeltä löytyy työkalu, jonka avulla voi värittää kanaviston suurien nopeuksien tai painehäviöiden mukaan tietyin raja-arvoin. Tämä työkalu havainnollistaa yksinkertaisesti liian kovat nopeudet tai painehäviöt kanavistossa ilman mitoittamista. Revitistä on mahdollista nähdä kanaviston ja putkiston avoimet päät varoituskolmioin, mikä nopeuttaa avoimien päiden löytämistä. Tekniikan törmäyksien tunnistamiseen on myös työkalu, jolla Revit luo raportin mahdollisista törmäilyistä.

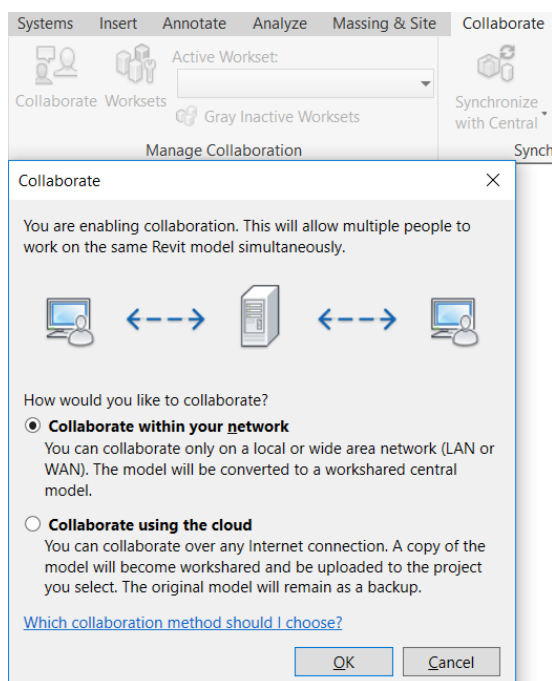
Revitissä on myös Dynamo-työkalu ohjelmointiin. Dynamon avulla Revit voidaan ohjelmoida esimerkiksi Excelin yhteyteen. Tämän avulla voidaan tuoda Excel-tiedostosta muun muassa tilatietoja ja ilmamääriä suoraan Revitiin.

7.3 Revitin tiimityöskentelymahdollisuudet ja projektien tiedostosijainnit

Verrattuna AutoCAD-pohjaiseen suunnitteluun Revitissä on panostettu projektikoordinaatioon Worksharing-työryhmätoiminnoin ja tiedostojen jako- sekä tarkasteluominaisuuksin myös BIM 360 -pilvipalvelupohjaisina. Näiden tiimityöskentelymahdollisuuksien avulla voidaan saada parannettua suunnittelun sekä projektikoordinaation sujuvuutta, tarkkuutta ja jouhevuuutta.

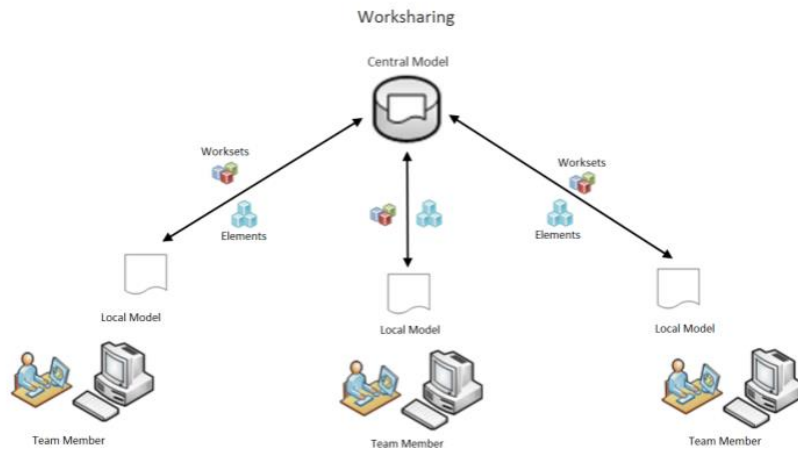
7.3.1 Worksharing-työryhmätoiminto

Koska saman tiedoston muokkaaminen samanaikaisesti eri käyttäjien toimesta ei ole mahdollista, Revitiin on kehitetty Worksharing-työryhmätoiminto, jonka avulla projektin eri suunnittelijat ja tahot voivat tarkastella ja muokata samaa projektitiedostoa samanaikaisesti. Projekti voidaan jakaa erilaisiin osa-alueisiin tai järjestelmiin, joita kutsutaan Workseteiksi. Yksi Workset voi olla projektista riippuen esimerkiksi 3. kerroksen lämpöpiirustus tai esimerkiksi koko rakennuksen ilmanvaihto. Kaikki projektin työryhmän jäsenet voivat tarkastella eri Workseteja, mutta vain omaan Worksetiin voi tehdä muutoksia. Työryhmätoimintoon liitetyn projektin aloitus verkkolevyllä tai pilvipalvelupohjaisena on esitetty kuvassa 15.



Kuva 15. Työryhmätoiminnon aloittaminen verkkolevyllä tai pilvipalvelupohjaisena

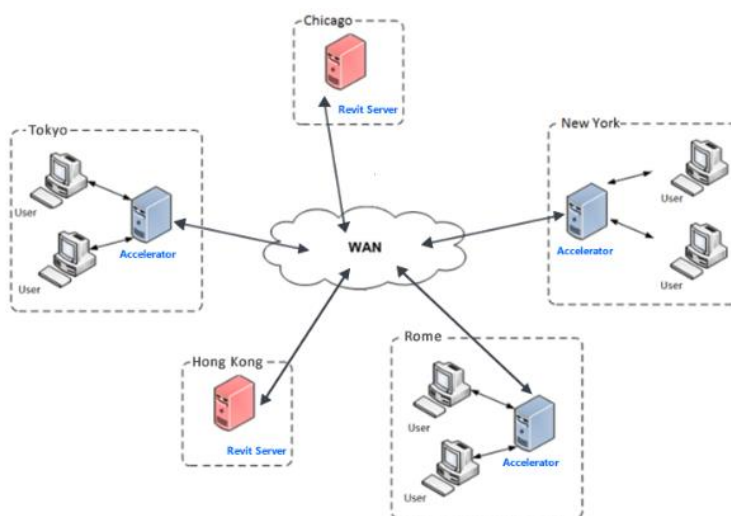
Projektin keskustiedosto (Central file) voi olla tallennettuna joko verkkolevyllä tai pilvipalveluun riippuen projektista. Jokainen työryhmän jäsen ottaa kopion keskustiedostosta paikallisesti. Tätä kutsutaan paikalliseksi tiedostoksi (Local file). Kaikki muutokset suunnitelmiin tehdään omaan paikalliseen tiedostoon ja muutosten valmistuttua muutokset saadaan synkronoitua keskustiedostoon Revitin Collaborate-välilehden Synchronize with Central -toiminnolla. Kun tiedostot on synkronoitu, projektin keskus- ja paikallinen tiedosto ovat keskenään vastaavia. Worksharing-työryhmätoiminto tiedostoi- neen sekä jäsenineen on esitetty kuvassa 16.



Kuva 16. Worksharing-työryhmätoiminnon keskustiedosto, Worksetit sekä paikalliset tiedostot työryhmän jäsenineen on kuvattu kaaviossa [10]

7.3.2 Revit Server

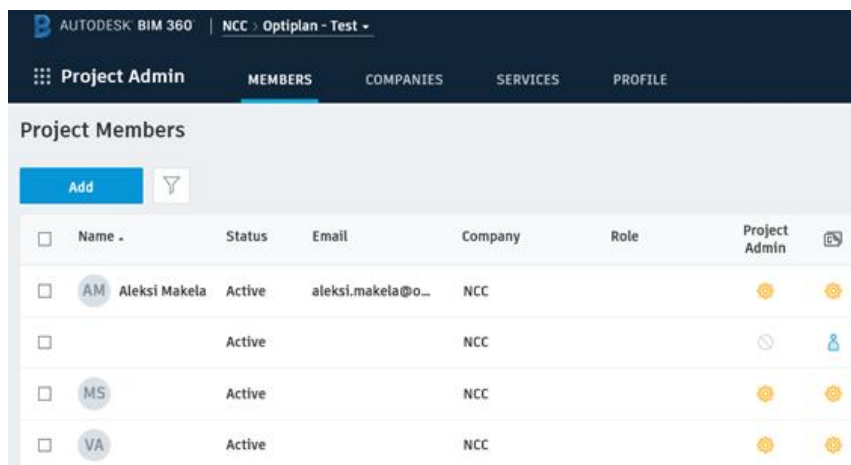
Worksharing-työryhmätoimintoa käyttäessä yksi vaihtoehto tiedostojen siirrolle on Revit Server. Revit Server nopeuttaa tiedostojen siirtoa, jos työryhmän jäsenet eivät työskentele samassa lähiverkossa, mutta työskentelevät kuitenkin samassa yrityksessä. Revit Server koostuu työryhmän jäsenistä, jotka ovat samassa lähiverkossa. Samassa lähiverkossa työskentelevien tiedonsiirto menee kiihdyttäjän (Accelerator) kautta laajaverkkoon ja sitä kautta Revit Serverille, joka voi olla maantieteellisesti missä vain. Revit Server siis vain nopeuttaa työnjakoa ja tiedonsiirtoa projektissa. Revit Serverin havainnollistava kaavio on kuvassa 17.



Kuva 17. Revit Server työnjako laajaverkon yli [11]

7.3.3 BIM 360 -pilvipalvelu

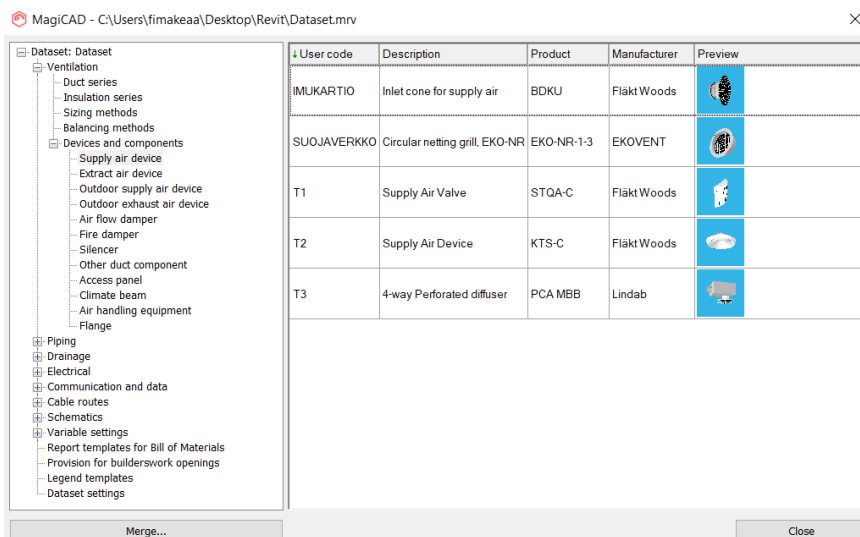
BIM 360 on Autodeskin kehittämä työkalu Revit-projektien työnjakoon, suunnittelun yhteistyöhön ja tiedostojen hallintaan pilvipalvelussa. Revit 2018.2:ssa ja sitä ennen julkaistuissa versioissa pilvipalvelut työkaluineen ovat nimellä Collaboration for Revit ja BIM 360 Team. Versiosta 2018.3 eteenpäin pilvipalvelu työkaluineen on nimellä BIM 360, joka sisältää tuotepaketit Docs, Design, Glue ja Build. Versiosta riippumatta BIM 360 -tuotteiden sisältö työkaluineen on pääpiirteittäin vastaava, mutta pieniä parannuksia ja lisäyksiä tulee uudempaan versioon siirryttäessä. Jos tiimityöskentelyn pilvipalvelussa saa sujumaan ongelmitta, niin Autodeskin mainos BIM 360 designistä kuvaa hyvin työkalua: ”Vähemmän aikaa tiedostojen kanssa kamppailuun, enemmän aikaa suunnitteluun”. BIM 360 sisältää Communicator for Revit -keskustelutoiminnon, jonka avulla voi helposti pitää yhteyttä projektin jäsenten kesken. Communicator for Revit keskittää yhteystiedot ja voi helpottaa yhteydenpitoa varsinkin, jos projektissa työskentelevät ovat eri yrityksistä, mutta muuten keskustelutoiminto ei eroa juuri Skypesta tai vastaavista. Kuvassa 18 on esitetty projektin työryhmä BIM 360 -pilvipalvelussa.



Kuva 18. Näkymä BIM 360 -työryhmästä

7.4 MagiCAD for Revitin LVI-tuotekirjastot

MagiCAD for Revitissä LVI-tuotekirjastojen laajuus ja toiminta ovat hyvin vastaavat verrattuna MagiCAD for AutoCADista totuttuihin. Revitin Dataset-tiedosto, joka sisältää muun muassa projekteissa käytettävät putkimateriaalit, laitteet, järjestelmien mitoitusarvot ja eristeet, vastaa MagiCAD for AutoCADista tuttua EPJ-tiedostoa. Kuvassa 19 esitetty näkymä MagiCAD for Revitin Datasetista.



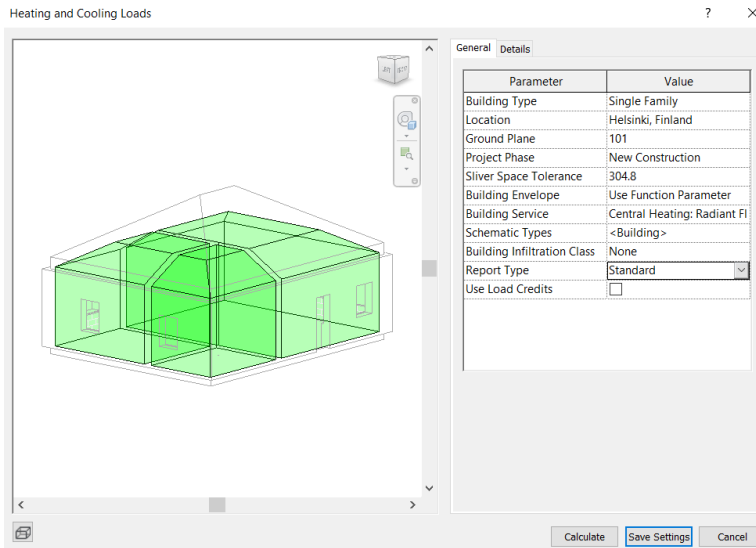
Kuva 19. Näkymä MagiCAD for Revitin Dataset-tiedostosta, joka vastaa MagiCAD for AutoCADista tuttua EPJ-tiedostoa

Datasetiin voi määrittää projekteissa yleisemmin käytössä olevat tuotteet ja sitä voi muokata projektikohtaisesti MagiCloudista vapaasti ladattavilla tuotteilla. MagiCloud sisältää yli miljoona taloteknistä todellisessa muodossa olevaa tietomalliobjektia. Jokainen tietomalliobjekti sisältää oman RFA-tiedoston, jota on mahdollista vielä muokata Revitissä haluamukseen. Esimerkkinä ilmanvaihdon päätelaitteesta lähtevää kanavan lähtökaulusta voi muokata millintarkasti haluamukseen, eli käytännössä Revitillä voi halutessaan luoda omia objekteja. Autodeskillä saatavat päivitykset sekä parannukset tulevat ensisijaisena Revitille, minkä seurauksena Revitiä käytettäessä saatavilla on varmasti aina ajantasainen ohjelmisto sekä LVI-tuotekirjastot LVI-suunnitteluun.

7.5 Lämpöhäviölaskenta

Lämpöhäviölaskenta poikkeaa Revitillä huomattavasti, koska MagiCAD for Revit ei sisällä MagiCAD for AutoCADista tuttua MagiCAD Roomia lämpöhäviöiden laskentaan. Näin Revitiä käytettäessä lämpöhäviöiden laskenta täytyy tehdä jollain muulla tavalla.

Revitistä kuitenkin löytyy oma työkalu (Heating and Cooling Loads) lämmitys- sekä jäähdystystehontarpeen laskentaan, mutta sen toiminta on saanut osittain kritiikkiä eri tahoilta. Jos Revitin työkalusta haluaisi saada tarpeeksi luotettavan käyttökokemuksen, niin arkkitehdin malli pitäisi olla Revitillä mallinnettu. Kuvissa 20 ja 21 on esitetty näkymä sekä laskentatulokset Revitin työkalusta lämmitys- ja jäähdystystehontarpeen laskentaan.



Kuva 20. Näkymä Revitin työkalusta lämmitys- ja jäähdytystehontarpeen laskentaan

Project Summary

Location and Weather	
Project	
Address	
Calculation Time	28. elokuutata 2018 17.43
Report Type	Standard
Latitude	60.18°
Longitude	24.93°
Summer Dry Bulb	24 °C
Summer Wet Bulb	22 °C
Winter Dry Bulb	-20 °C
Mean Daily Range	4 °C

Building Summary

Inputs	
Building Type	Single Family
Area (m ²)	72
Volume (m ³)	264.55
Calculated Results	
Peak Cooling Total Load (W)	3,102
Peak Cooling Month and Hour	July 15.00
Peak Cooling Sensible Load (W)	3,090
Peak Cooling Latent Load (W)	12
Maximum Cooling Capacity (W)	3,429
Peak Cooling Airflow (L/s)	183
Peak Heating Load (W)	6,951
Peak Heating Airflow (L/s)	336
Checksums	
Cooling Load Density (W/m ²)	43.26
Cooling Flow Density (L/(s·m ²))	2.56
Cooling Flow / Load (L/(s·kW))	59.14
Cooling Area / Load (m ² /kW)	23.12
Heating Load Density (W/m ²)	96.94
Heating Flow Density (L/(s·m ²))	4.68

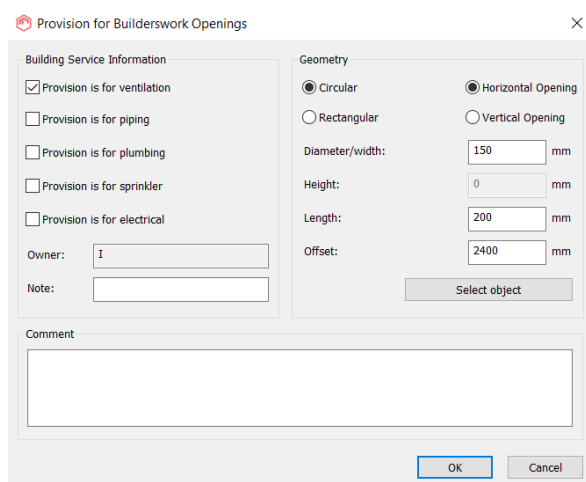
Kuva 21. Näkymä Revitin laskentatuloksista

Vaihtoehtona olisi myös tehdä lämpöhäviö- ja jäähdytystehontarpeen laskenta erillisellä ohjelmistolla, jos Revitin oma työkalu ei anna tarpeeksi luotettavia laskentatuloksia. Esimerkiksi IDA ICEllä tai MagiCAD Roomilla tehdyt laskentatulokset on mahdollista viedä Revitiin. Tässä ratkaisussa ongelmaksi tulisivat useamman ohjelmiston ylläpidon vaatima aika, resurssit sekä korkeammat lisenssikustannukset.

7.6 Reikävarausten suunnittelu MagiCAD for Revitillä

Työkalu reikävarausten suunnitteluun (Provision for Builderswork Openings) on Revitin MagiCAD Common -välilehdellä. Reikävarausten suunnittelu mallintamalla MagiCAD for Revitillä ei eroa juurikaan AutoCAD-pohjaisesta reikävaraussuunnittelusta. Revitissä on niin manuaalinen toiminto reikävarausten suunnitteluun yksitellen kuin automaattinen toiminto, jolla voi lisätä haluamansa reiät suunnitelmiin automatisoidusti. Revit mallintaa reiät AutoCADista tutusti 10mm asettettua reiän pituutta päädyistä pidemmiksi.

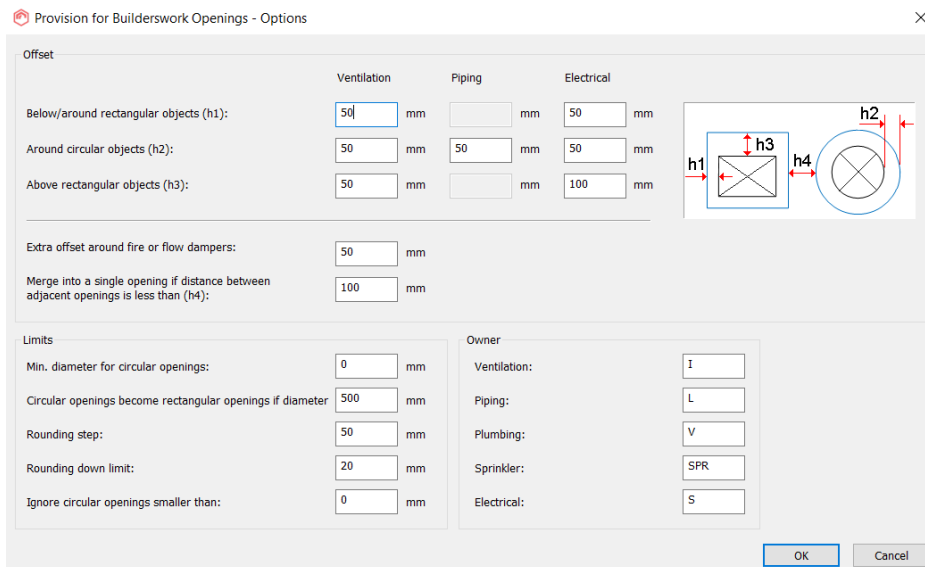
Reikävarauksia suunnitellessa manuaalisesti eli yksitellen Revitin valintaikkuna reiälle on lähes identtinen verrattuna AutoCAD-pohjaiseen reikävaraussuunnitteluun. Valintaikkunasta voidaan valita reiälle pääjärjestelmä, fyysiset mitat, korkeusasema sekä tiedot, lävistääkö reikä rakenteen vaakatasossa vai pystysuorassa. Kommenttikenttään voi lisätä lisätietoja reiälle, esimerkiksi tiedon siitä, että reikä on Sewatek-läpivienti, tai muuta tarpeellista tietoa. Kuvassa 22 on esitetty manuaalisesti lisätyn reiän valintaikkuna.



Kuva 22. Näkymä reiän lisäämisestä manuaalisesti Revitissä

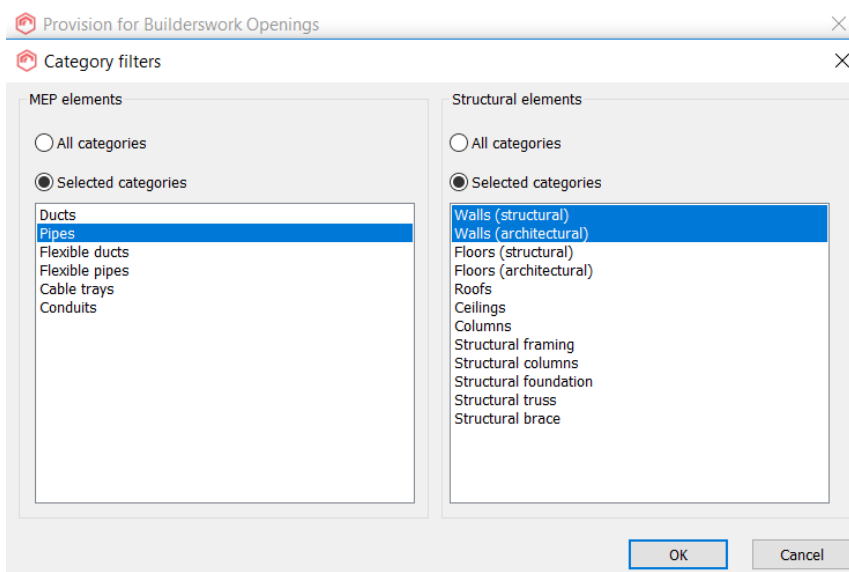
Revitin automaattinen työkalu reikävarausten suunnitteluun hyvin tehdyillä asetuksilla säästää huomattavasti aikaa reikävarauksia suunniteltaessa. Automaattinen reikätyökalu toimii vain, jos käytössä on Revitillä mallinnettu arkkitehdin malli, jolloin Revit tunnistaa erilaiset rakenteet toisistaan. Asetuksissa voidaan määrittää muun muassa erilaisia rajaetäisyyksiä, esimerkiksi kuinka lähellä olevat putket tai kanavat menevät sa-

maan reikään ja palopellille tarvittavan lisätilan määrä. Kuvassa 23 on esitetty automaattisen reikätyökalun asetukset.



Kuva 23. Näkymä automaattisen reikävaraus suunnittelun asetuksista

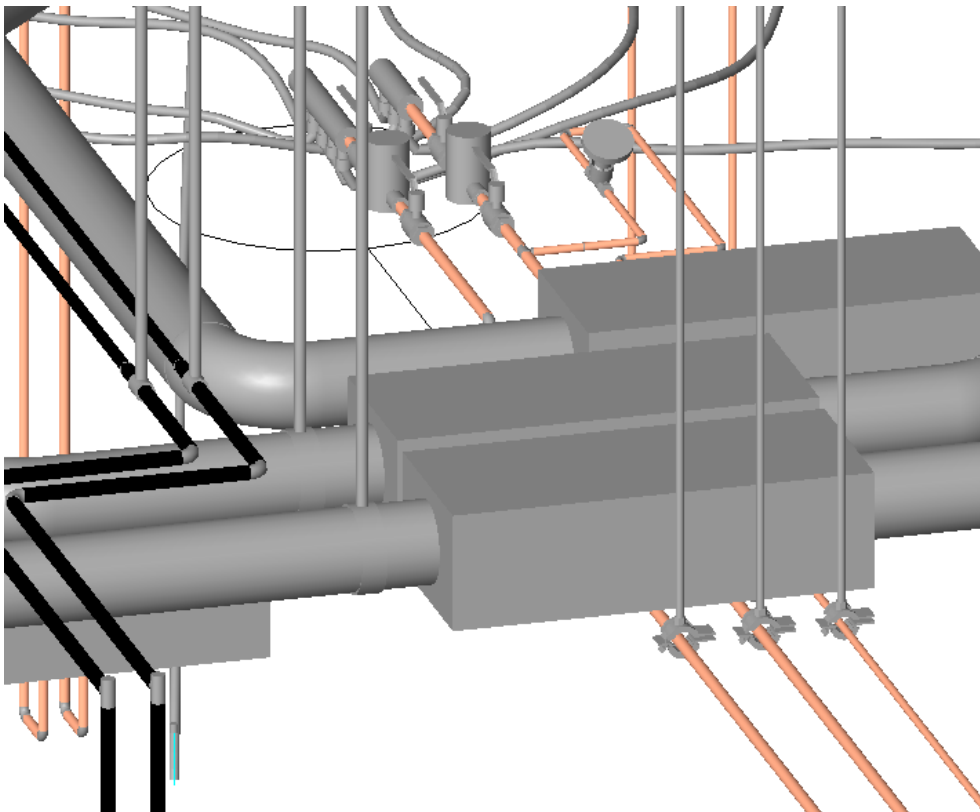
Automaattista reikätyökalua käyttäessä Revitistä voidaan määrittää, mihin kerrokseen/kerroksiin reiät halutaan mallintaa. Asetuksissa voidaan myös määrittää reiät esimerkiksi kanaville, jotka lävistävät laatan, tai putkille, jotka lävistävät seinän. Kuvassa 24 on esimerkki valituista filtereistä.



Kuva 24. Näkymä automaattisesta reikätyökalusta. Asetuksissa on valittuna, että Revit mallintaa reiät kaikille putkille, jotka välistävät seinä

7.7 MagiCAD for Revit Supports & Hangers

MagiCADin uudehko työkalu taloteknisten kannakointien (Support & Hangers) suunnitteluun on julkaistu vain Revit-pohjaisena. Taloteknisten kannakointien suunnittelu on harvemmin osana taloteknistä suunnittelua tavallisimmissa asuin- ja toimitilahankkeissa. Teollisuushankkeissa taloteknisten kannakointien suunnittelu on osa suunnittelua, riippuen tietysti suunnittelusopimuksesta. Suunnittelijan tehtävänä on kuitenkin varmistaa, että työmaalla on edellytykset toteuttaa talotekniikalle määräysten mukaiset kannakoinnit. Kuitenkin kannakointien toteutus jää pääasiassa työmaan tehtäväksi. Ah-
 taimmissa tiloissa, joissa on paljon tekniikkaa, kannakointien mallintaminen saattaisi helpottaa työmaan toteutusta sekä kustannusten tarkempaa määrittämistä. Kuvassa 25 on näkymä MagiCADin Supports & Hangers -työkalulla mallinnetuista kannakoinneista.



Kuva 25. Kuvassa on näkymä Supports & Hangers -työkalulla mallinnetuista taloteknisistä kannakoinneista LVI-järjestelmiin

Kannakointien suunnittelu Supports & Hangers -työkalulla on tehty hyvin yksinkertaiseksi. Työkalu sisältää laajasti eri valmistajien kannakointeja ja sopivan kannakkeen valitseminen on nopeaa. Työkalu ymmärtää muokata kannakoinnit automaattisesti sopiviksi, jos esimerkiksi putken tai rakenteen korkeusasema muuttuu.

8 MagiCAD for Revitin käyttöönotto ja päätelmät

Optiplanin näkökulmasta ajateltuna pohdin, kannattaisiko Revit ottaa ohjelmistona käyttöön lähitulevaisuudessa, kun suunnittelu sujuu totutusti MagiCAD for AutoCADilla. Kannattaisiko täysin uuden ohjelmiston käyttöönottoa harkita?

Revitissä on niin hyviä kuin huonojakin puolia, joita on käsitelty aiemmissa luvuissa. Parhaimpina puolina ovat yhdessä mallissa työskentelyn edut erilaisine näkymineen ja monet automatisoidut toiminnot. Huonoimpina puolina tai tulevaisuuden haasteina tulee mieleen se, että kyseessä on täysin uusi ohjelmisto uusine toimintoineen, joista kaikista ei ole vielä tarpeeksi luotettavia käyttökokemuksia. Monet näistä ominaisuuksista tulevat varmasti kehittymään ajan kanssa, koska Autodesk kehittää Revitin toimintaa ensisijaisena.

Suunnittelu Revitillä olisi varmasti aluksi reilusti hitaampaa, kun monia totuttuja toimintoja ei ole tai ne toimivat hyvin eri tavalla. Käyttöönotto vaatisi myös henkilöstön kouluttamista Revit-ympäristöön, koska se poikkeaa huomattavasti tutusta AutoCAD-pohjaisesta suunnitteluympäristöstä. Revitillä suunnittelusta pitäisi saada myös parempaa tietoa ja kokemusta esimerkiksi pilottihankkeen muodossa, jossa suunnittelu Revitillä tuottaisi todenmukaisempia kokemuksia.

Ohjelmiston mahdollisesta käyttöönotosta kertyisi myös lisäkustannuksia varsinkin alku- ja siirtymävaiheessa siirron organisoinnin, lisääntyneiden työtuntien, koulutuksien ja lisenssikulujen muodossa. Revitin lisenssien kustannukset ovat noin 1,5-kertaisia verrattuna suunnitteluun AutoCAD-pohjaisena. Tästä voisikin päätellä, että Autodesk olettaa yrityksen saavan Revit-ympäristöstä jokseenkin merkittävää hyötyä myös taloudellisessa mielessä. Luultavasti taloudellinen hyöty Revitillä suunnittelussa olisi vasta muutamien vuosien päästä, kun suunnitteluprosessiin saataisiin selvät pelisäännöt ja ohjeistukset ja suunnittelijat olisivat omaksuneet ohjelmiston täysin. Lisenssikuluissa tulisi säästää, jos ohjelmiston mahdollisen siirron organisoisi mahdollisimman nopeasti. Toisaalta vanhoja AutoCAD-pohjaisia projekteja pitäisi pystyä ylläpitämään myös, vaikka suunnittelu tapahtuisikin Revit-pohjaisena tulevaisuudessa.

Revit-ympäristössä tulisi huomioida, että kaikilla projektin osapuolilla olisi käytössä Revit, joka olisi samaa versiota keskenään. Revit ei ole ainakaan toistaiseksi yhteensopiva eri versioiden kanssa. Uuden Revit-version vaihto tulisi myös jotenkin ajoittaa

sopivasti, jotta projektit eivät menisi ristiin. Pitäisi löytää jokin ratkaisu, miten version vaihto olisi järkevintä toteuttaa. Suunnitelmia on tietysti mahdollista tuoda eri tiedostomuodoista Revitiin, mutta maksimaalisen hyödyn suunnitteluprosessiin saisi, jos kaikilla suunnittelualoilla olisi Revit käytössä. Insinööriyöntekijä ei kuitenkaan pysty ottamaan kantaa Revitin toiminnasta muilla suunnittelualoilla.

9 Yhteenveto

Tässä insinööriyössä päästiin ennalta asetettuihin tavoitteisiin, ja tuloksena syntyi mahdollisimman laaja sekä osittain ohjeen kaltainen tutkimus LVI-suunnittelusta Revit-ympäristössä. Työssä käytiin läpi merkityksellisimmät eroavaisuudet sekä muutokset mahdollisen käyttöönoton kannalta, eli mitä tulisi huomioida siirtyessä AutoCAD-pohjaisesta LVI-suunnittelusta Revit-ympäristöön. Insinööriyön aiheena Revit oli kuitenkin suhteellisen laaja, joten muutamat osa-alueet, esimerkiksi lämpöhäviölaskennan toteutus, vaativat vielä jatkotutkimusta. Työtä voidaan pitää luotettavana, mutta työn laajuus ja insinööriyöntekijän Revit-käyttökokemukset huomioiden on mahdollista, että tässä työssä ei ole käsitelty kaikkia olennaisia osa-alueita, joita tulisi huomioida siirryttäessä Revit-ympäristöön.

Insinööriyötä voidaan pitää ensiaskeleena mahdolliseen Revit-ympäristöön, mutta insinööriyöntekijänä pidän epätodennäköisenä, että tämän insinööriyön pohjalta voitaisiin käyttöönottaa uusi suunnitteluohjelmisto keskisuuressa suunnittelutoimistossa. Tämän pohjalta voitaisiin kuitenkin suunnitella käynnistettävän Revit-ympäristössä tapahtuva pilottihanke, jonka pohjalta saataisiin luotettavampia käyttökokemuksia Revit-ympäristöstä useamman suunnittelijan toimesta. Insinööriyön pohjalta uskallan todeta, että Revit tulee tarjoamaan uusia mahdollisuuksia sekä potentiaalia LVI-suunnitteluun lähitulevaisuudessa.

Lähteet

- 1 Tietoa Optiplanista. 2016. Verkkoaineisto. Optiplan Oy. <<http://www.optiplan.fi/>> Luettu 17.4.2018.
- 2 TATE12 Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo. 2013. RT 10-11129. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 3 Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 1. Yleinen osuus. (Versio 1.0, 2012). RT 10-11066. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 4 Building Information Modeling in Construction Industry. 2017. Verkkoaineisto. The Constructor. <<https://theconstructor.org/construction/building-information-modeling/13614/>>. Luettu 24.4.2018.
- 5 Halmetoja, Esa. 2016. Tietomallit ylläpidossa. Verkkoaineisto. Senaatti-kiinteistöt. <https://www.senaatti-areena.fi/filebank/6099-Tietomallit_yllapidossa.pdf>. Luettu 30.4.2018.
- 6 Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 12. Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana. (Versio 1.0, 2012). RT 10-11077. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 7 Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa. (Versio 1.0, 2012). RT 10-11078. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 8 Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 4. Talotekninen suunnittelu. (Versio 1.0, 2012). RT 10-11069. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 9 LVIS-sovellukset. 2017. Verkkoaineisto. Progman Oy. <<https://www.magicad.com/fi/lvis-sovellukset/>> Luettu 7.5.2018.
- 10 About Worksharing. 2018. Verkkoaineisto. Autodesk. <<https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/Revit-Collaborate/files/GUID-0FC44807-DF06-4516-905A-4100281AC486-htm.html>> Luettu 25.7.2018.
- 11 File-based Worksharing Versus Server-based Worksharing. 2017. Verkkoaineisto. Autodesk. <<https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/Revit-Collaborate/files/GUID-C7A92F0C-39FE-4CCF-B0BE-6F1F6067E2B9-htm.html>> Luettu 27.7.2018.