



Otto Pirhonen

LVI-esivalmistekirjaston luominen Revit-ohjelmistossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan insinööri

Insinöörityö

26.1.2024

Tiivistelmä

Tekijä: Otto Pirhonen
Otsikko: LVI-esivalmistekirjaston luominen Revit-ohjelmistossa.
Sivumäärä: 33 sivua
Aika: 26.1.2024

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Talotekniikan insinööri
Ammatillinen pääaine: LVI-suunnittelu
Ohjaajat: Kehityspäällikkö Jouni Hurskainen
Lehtori Aamos Lemström

Tämän insinööriyön aiheena oli tuottaa Sweco Finland Oy:lle LVI-kehitystiimin kanssa yhteistyössä LVI-esivalmistekirjasto yrityksen LVI-suunnittelijoiden tarpeisiin. LVI-kehitystiimi oli saanut idean luoda esivalmisteita Revit-ohjelmistolle ja listannut tuotekokonaisuuksia, jotka toistuvat usein suunnitteluprojekteissa ja joista voitaisiin luoda valmiita isompia kokonaisuuksia eli esivalmisteita. Työn tarkoitus on tehostaa LVI-suunnittelijan työtä ja samalla parantaa suunnittelun laatua ihmisen toiminnasta aiheutuvien virheiden vähenemisen myötä.

Työssä mallinnettiin suunnitteluprojekteissa toistuvia asennuskokonaisuuksia ja niistä lähteviä putkia. Lisäksi mallinnettiin mitä kaikkea YTV 2012 tietomallivaatimus vaatii mallinnettavassa kohteessa olla näkyvissä IFC-mallissa. Myös esivalmisteiden parametrisisältöön kiinnitettiin huomiota ja laitteille syötettiin muun muassa kansallisen tuoteosakoodiston tiedot valmiiksi. Mallintamisen jälkeen tuotteesta luotiin Revit Group, jossa kokonaisuudesta luotiin isompi yhtenäinen kokonaisuus. Jokaiselle esivalmisteelle luotiin vielä oma MagiCAD-datasetti, jonka sisältä poistettiin kaikki ylimääräiset tuotteet, jotta tuote olisi mahdollisimman kevyesti siirrettävissä tuotteelta toiselle. Näin se olisi mahdollisimman kevyt tuote siirtää projektilta toiselle.

Tämä opinnäytetyö toimii esivalmisteen luonnin ohjeena. Työssä käydään vaihe vaiheelta yhden esivalmisteen luonti. Työssä laadittiin kuitenkin kaiken kaikkiaan 34 erilaista esivalmistetta MagiCAD for Revit -ohjelmistolle lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmiin, vesi- ja viemärijärjestelmiin sekä ilmanvaihtojärjestelmään. Näitä esivalmisteita olivat esimerkiksi kylpyhuoneen erilaiset käyttövesipisteet, asuntokohtaiset ilmanvaihtokoneet sekä lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien ilmanvaihtokoneiden pumppuryhmät ja lämmitys- ja jäähdytyspaneelit.

Avainsanat: LVI-esivalmistekirjasto, Revit, YTV 2012, IFC-malli, kansallinen tuoteosakoodisto, MagiCad for Revit

Abstract

Author: Otto Pirhonen
Title: Creating an HVAC Prefabrication Library in Revit Software.
Number of Pages: 33 pages
Date: 26.1.2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Building Services Engineering
Professional Major: HVAC Design
Supervisors: Jouni Hurskainen, Development Manager
Aamos Lemström, Senior Lecturer

The thesis set out to create a HVAC prefabrication library for HVAC designers using Revit software. The aim was to create more detailed entities out of recurring entities in order to make the design work faster and easier.

The installation sets that were taken into account in accordance with the requirements of the generic information model (YTV 2012) were modelled as they must be followed in all building projects where an IFC model is created. Attention was also paid to the parameter content of the prefabricated units and the units were pre-filled with the National Product Part Code information, among other things. After modelling the product, a Revit Group was created, in which a coherent whole was created. A separate MagiCad dataset was created for each prefabrication.

Thirty-four different prefabrications were produced using MagiCad for Revit software. The prefabrications were created for heating and cooling systems, water and sewerage systems and ventilation systems. This thesis can serve as a guideline for the creation of a preform as it discussed every step of the creation of one.

Keywords: HVAC prefabrication library, Revit, YTV 2012, National Product Part Code, MagiCad for Revit

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Talotekniikan tietomallimääräykset ja vaatimukset	3
2.1	YTV2012 osa 4	3
2.2	LVI-tuoteosakoodisto	4
3	Revit-ohjelmisto suunnittelutyökaluna tai suunnittelualustana	5
3.1	MagiCAD for Revit	5
3.2	Revit Group	6
4	Esivalmisteiden käyttö ja hyödyt	6
4.1	Esivalmisteet rakennusalalla	6
5	Talotekniikan tietomallinnettavat esivalmisteet ja niiden mallintaminen	7
5.1	Esivalmisteen luonti	7
5.2	Mallintaminen	9
5.3	Revit-ryhmittelyn luonti	19
5.4	Datasetin luominen	23
6	Esivalmisteen käyttö ja projektille tuonti	27
6.1	Esivalmisteen hakeminen	27
6.2	Datasetin yhdistäminen ja tietojen asettaminen projektille sopivaksi	29
7	Yhteenveto	32
	Lähteet	33

Lyhenteet

YTV 2012: Yleiset tietomallivaatimukset.

TATE: Talotekniikkasuunnittelu.

ARK: Arkkitehtisuunnittelu.

RAK: Rakennesuunnittelu.

IFC: *Industry Foundation Classes*. Tiedostoformaatto jota rakennustietomalliohjelmistot käyttävät.

Group: Revit-ohjelmiston toiminto, mikä luo asennuskokonaisuuden.

rvt-tiedosto:

Revit-ohjelmiston natiivitiedostomuoto.

mrvt-tiedosto:

MagiCad for Revit-ohjelmiston dataset-tiedostomuoto.

BIM-ohjelmisto:

Building Information Modeling. Rakennuksen tietomalli.

1 Johdanto

Tässä insinööriyössä luodaan Sweco Finland Oy:n talotekniikan osaamisalueen käyttöön Revit-ohjelmistolle LVI-esivalmistekirjasto, jonka tarkoituksena on nopeuttaa suunnittelijan työtä ja parantaa suunnitelmien laatua.

Ensiksi tässä työssä alustetaan tietomallintamista ja Mallinnusohjelmistoja, joita tässä työssä käytetään. Mallinnettaessa huomioidaan Yleisen tietomallivaatimusten YTV2012 vaatimuksia, mitä kaikkea tulee IFC-mallin sisältää geometriana sekä parametritietoina. Kaikki valmiit laitetuotteet on nimetty kansallisen tuoteosakoodiston mukaisesti käyttämällä yleisistä käytössä olevia tunnuksia. Esivalmisteet luotiin tässä MagiCAD for Revit -ohjelmistolla, jota yritetään kovasti saada laajemmin käyttöön eri suunnittelualoilla.

Tämän jälkeen työssä käsitellään esivalmisteita eli suurempia asennuskokonaisuuksia. Esivalmisteen kokonaisuus ei ole niin sanotusti paikkariippuvainen asennus, vaan se voidaan rakentaa muualla ja siirtää lopulliseen paikkaan isompana kokonaisuutena.

Tässä työssä keskitytään luomaan LVI-esivalmisteita LVI-suunnittelijoille. Tarkoituksena on luoda suunnitteluohjelmalle valmiita asennuskokonaisuuksia, jotka helpottavat ja nopeuttavat suunnittelijan työtä. LVI-esivalmistekirjaston myötä suunnittelijan ei tarvitse enää tuoda yhtä tuotetta kerrallaan asennuskokonaisuuteen, vaan voidaan tuoda kerralla kokonaisia asennuskokonaisuuksia. Tuotteet sisältävät niille tarpeellisen parametriset tiedot valmiiksi, eikä näitä tarvitse syöttää. Tämän seurauksena inhimillisten virheiden määrä pienenee suunnittelutyössä.

Tässä insinööriyössä käydään vaihe vaiheelta läpi esivalmisteen luomisprosessi eli mallintaminen MagiCAD for Revit -ohjelmistolla. Lisäksi esitellään, kuinka MagiCAD-tuotteisiin lisätään tarpeellinen parametrinen tieto sekä, kuinka luodaan asennuskokonaisuudesta Revit ryhmä eli Group, joka voidaan viedä Revit-projektilta toiselle. Myös esivalmisteeille luodaan omat dataset-

tiedostot, jotka tuodaan esivalmisteen lisäksi projektille, jossa on esivalmisteen sisältävien tuotteiden parametriset tiedot valmiina.

Insinööriyö on tehty Sweco Finland Oy:lle, joka on osa Sweco AB:ta. Yritys on yksi Euroopan johtavista suunnittelu- ja arkkitehtuurikonsultointiyrityksistä. Yritys perustettiin vuonna 1997 ja listattiin Tukholman pörssiin vuonna 1998. Sweco työllistää noin 21 000 arkkitehtiä, insinööriä ja muita asiantuntijoita. Swecon liikevaihto on noin 24 miljardia Ruotsin kruunua (2,2 miljardia euroa).

[1.]

2 Talotekniikan tietomallimääräykset ja vaatimukset

Yleiset tietomallivaatimukset eli YTV2012 on 14-osainen kansallinen julkaisusarja, joka esittää yleiset vähimmäisvaatimukset tietomallintamiselle. Tietomallivaatimuksien tarkoitus on yhdenmukaistaa ja vakinaistaa rakentamisen toimintatavat tietomallinnuksen osalta. Vaatimuksia käytetään niissä rakennushankkeissa, joissa halutaan tietomallintamisen suunnittelun olevan tarkempaa. Ohjeistuksessa on ohjeet tietomallinnuksen jokaiseen vaiheeseen. [2, luku 1.]

2.1 YTV2012 osa 4

Julkaisun 4. osa on tämän insinööriyön kannalta ensisijainen, sillä siinä käsitellään talotekniikan osa-alueelta tietomallintamisen vaatimukset. Talotekniikan tietomallintaminen on jakautunut kahteen eri osa-alueeseen ehdotus- ja yleissuunnitteluun sekä toteutussuunnitteluun. Ehdotus- ja yleissuunnittelu on muita suunnittelualoja tukeva suunnitteluvaihe, jossa on tarkoitus saada aikaiseksi tarvittavat tiedot ARK- ja RAK-mallien luojille. Tässä vaiheessa TATE-suunnittelijan ei ole tarkoitus tuottaa koko rakennuksen kattavia järjestelmienmalleja. Ehdotus- ja yleissuunnittelussa keskitytään järjestelmävalintoihin, palvelualuekaavioihin ja TATE-tilavarauksiin. Tämän vaiheen kohdalla ei TATE-suunnittelijalla ole kaikissa projekteissa tarvetta käyttää tietomallinnusta. Projekteissa tai suunnittelutarjouspyynnöissä sovitaan tietomallinnuksen laajuuden tarkoituksenmukaisuus.

Toteutussuunnitteluvaiheessa toteutetaan projektin rakennuksen kokonaan kattava järjestelmämalli. Talotekniset järjestelmät (vesi- ja viemärijärjestelmät, ilmastointijärjestelmät, lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät, palonsammutusjärjestelmät ja erikoisjärjestelmät) tulee mallintaa toimivina järjestelminä, jotta voidaan käyttää suunnitteluohjelmistojen laskenta- ja analyysitoimintoja kuten virtaama-, tasapainotus-, ja äänilaskelmia. Kaikki toimivaan järjestelmään

oleelliset komponentit mallinnetaan, ja järjestelmän eri kerroksissa sijaitsevat osat tulee yhdistää, jotta saadaan aikaan virtausteknisesti ehjä järjestelmä.

Pääjärjestelmät jaotellaan osajärjestelmiin kuten esimerkiksi lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmissä lämmityspatteriverkosto, IV-koneidenlämmitysverkosto ja jäähdytyspalkkiverkosto. Osajärjestelmiin jakamisella suunnitteluohjelmistojen laskenta- ja analyysitoimintoja voidaan käyttää jokaiselle osajärjestelmälle erikseen muista riippumatta. Kaikissa osajärjestelmän osissa pitää olla näkyvissä mihin osajärjestelmään se kuuluu ja tämä tieto tulee siirtää myös IFC-malliin.

Malli tietomallinnetaan vastaamaan todellisuutta. Putkien ja kanavien materiaalit määritetään vastaamaan todellisuutta, eli esimerkiksi kupariputket mallinnetaan kupariputkiobjektilla ja muoviputket muoviputkiobjektilla. Kaupallisia tuotekirjastoja hyödynnetään mallinnusohjelmiston kattamassa laajuudessa. Kannakkeita ja muita kiinnitystarvikkeita ei vaadita mallinnettaviksi. Putkistojen ja kanavistojen eristeet tulee mallintaa sillä tavoin, että malli on hyödyllinen törmäystarkastelun ja materiaalilistojen kannalta. Eristeet tulee koodata niin, että niiden käyttötarkoitus käy ilmi eli selviää, onko kyseessä ääni-, lämpö-, vai paloeristys tai jokin muu. Jos eristeelle tulee, pinnoitus täytyy se ilmoittaa eristekoodissa, mikäli pinnoite on selvästi kustannuksiin vaikuttava materiaali, esimerkiksi pelti. [3, luvut 1–5.5.]

2.2 LVI-tuoteosakoodisto

LVI-tuoteosakoodisto on Suomessa kansallisesti yhteiskäytössä oleva koodistotyökalu. Se sisältää LVI-tekniikan tuoteosille vakioituneet yleisnimet ja yleistunnukset. Se on selkeä suomenkielinen nimistö talotekniikan ammattilaisille ja se on suomenkielinen. IFC-standardin mukaisessa jaottelussa ei ole riittävän tarkkaa erittelyä Suomessa käytössä oleville LVI-laitteille. Myöskään kaikkia LVI-tuotteita ei ole saatavilla Suomessa, joten suunnittelussa joudutaan mallintamaan karkeita objekteja. [4.]

3 Revit-ohjelmisto suunnittelutyökaluna tai suunnittelualustana

Revit on Autodesk -yhtiön luoma BIM-ohjelmisto, jonka avulla arkkitehdit, insinöörit ja rakennusalan ammattilaiset voivat mallintaa muotoja, rakenteita ja järjestelmiä 2D- ja 3D-muodossa parametrisellä tarkkuudella tarkasti ja helposti. Revit esiteltiin ensimmäisen kerran BIM-ohjelmistona vuonna 2000. Silloin Revit oli sopivin arkkitehdeille, kun sen avulla pystyttiin luoda runsaasti dataa sisältävä malli. Revit-malli ottaa huomioon sekä geometriset tiedot että rakennetiedot. Revitin BIM-tekniikka tarjoaa kokonaisvaltaisen työkalun, joka lisää tuottavuutta ja virtaviivaisuutta suunnitteluprosesseihin. [5]

Revit-suunnitteluohjelma on korvaamassa hiljalleen Autodeskin AutoCAD:n taitekniiikan suunnittelussa. Suunnitteluohjelmien välillä suurin ero on se, että Revit-ohjelmassa koko rakennuksen malli on yhdessä projektitiedostossa, kun taas AutoCAD-ohjelmistoa käytettäessä jokaiselle piirustukselle on oma tiedostonsa. Tiedostossa ei tarvita kerroksien välille connection nodeja. Revitissä koko verkosto on helpompi hahmottaa yhdestä 3D-näkymästä. Tämä vähentää IFC-katseluohjelman käyttötarvetta, koska malli jo Revitissä 3D:nä. Massamuokkaukset ovat mahdollisia koko verkostoon ja helpommat toteuttaa Revitissä. Esimerkiksi, jos haluaa muuttaa ilmanvaihdonpäätelaitteen erilaiseksi Revitissä, käyttäjän ei tarvitse tehdä muutosta kuin yhdessä tiedostossa. Sen sijaan AutoCAD:ssä käyttäjän täytyy tehdä muutokset jokaisessa kuvassa erikseen. [6]

3.1 MagiCAD for Revit

MagiCAD for Revit on lisäohjelma, joka sisältää sellaisia toimintoja ja tuotetietoja kanavien sekä putkistojen piirtämiseen, jotka puuttuvat Revitistä. Pelkällä Revitillä putkien ja kanavien piirtäminen sekä tietomallintaminen onnistuu, mutta MagCAD tekee työkaluillaan tämän helpommaksi. Mallinnustyökalujen lisäksi MagiCAD tarjoaa paljon tuotetietoa ja laskelmia, jotka auttavat saamaan paremman lopputuloksen järjestelmien mitoituksessa ja tasapainotuksessa. [6.]

3.2 Revit Group

Revit Group -kirjastolla luodaan pienemmistä eri ryhmistä suurempia yhtenäisiä tuoteryhmiä, jotka toistuvat pohjapiirustuksissa useasti. Revit-ryhmittelyllä voidaan luoda Malliryhmiä, joka sisältää mallielementtejä. Tietoryhmiä, jotka sisältävät näkymäkohtaisia elementtejä kuten tekstejä ja täytettyjä alueita. Liitettyjä tietoryhmiä, joka sisältää näkymäkohtaisia elementtejä, jotka on liitetty tiettyyn malliryhmään. Ryhmittely ei voi sisältää mallielementtejä sekä näkymäkohtaisia elementtejä. [7.]

4 Esivalmisteiden käyttö ja hyödyt

Esivalmistuksella ja esiasennuksella tarkoitetaan urakoinnissa tuoteosan valmistamista ja kokoamista muualla kuin rakennuspaikalla tai sen komponenttien valmistusta. Esivalmistuksella päästään niin sanottuun paikkariippumattomaan tuotantoon ja parempiin tuotanto-olosuhteisiin. Esivalmisteet mahdollistavat tehokkaamman, nopeamman ja laadukkaamman tuotannon. Esivalmistus voi tarkoittaa projektissa tai projektista toiseen hyödynnettäviä tuoteosia. [8, s. 3.]

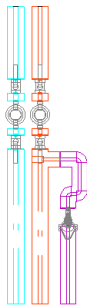
Suunnittelussa esivalmisteiden tarkoitus on nopeuttaa prosessia eli suunnittelua. Esivalmisteiden osalta projektissa ei tarvitse toistuvasti mallintaa kaikkea alusta, vaan mallikirjastosta voidaan tuoda asennuskokonaisuuksia nopeasti valmiina.

4.1 Esivalmisteet rakennusalalla

Esivalmisteita rakentamisesta hyödynnetään, mutta suunnittelussa ei vielä suuresti. Hyvänä esimerkkinä rakennusalalla käytettävistä esivalmisteista on betonielementit. Kerrostalon seinät voidaan valmistaa valmiiksi elementtitehtaalla sopivan kokoisina paloina tehtaalla ja siirtää rakennuspaikalle. Täällä edistetään nopeampaa rakentamista.

5 Talotekniikan tietomallinnettavat esivalmisteet ja niiden mallintaminen

Tämä kappale toimii ojeena esivalmisteen luomisessa. Projektin tarkoitus on tehostaa suunnittelijan työtä Revit-ohjelmistolla luomalla useasti toistuvista kokonaisuuksista standardoidut kokonaisuudet, joita kutsutaan esivalmisteiksi. Esivalmisteet ovat hyviksi ratkaisuksi todettuja kokonaisuuksia, joten niiden käyttö parantaa suunnittelun laatua. Kun esivalmisteen luonti tehdään kunnolla, kaikki oleellinen tulee otettua huomioon eikä inhimillisille virheille jää samanlaista tilaa, kun kaikkea ei tarvitse erikseen jokaiselle projektille suunnitella. Esivalmisteet voidaan tuoda omana suurempana kokonaisuutena projektille. Esimerkkinä esivalmisteesta on asuntokohtaiset vesimittarisulut (Kuva 1), jossa on vesimittarit, sulut ja lämminvesikierrossa linjasäätöventtiili.



Kuva 1. Asuntokohtaiset vesimittarisulut -esivalmiste.

5.1 Esivalmisteen luonti

Projektissa luotiin talotekniikan suunnittelijoille esivalmisteita Revit-ohjelmalla. Esivalmisteen teko aloitettiin mallintamalla suunnitteluohjelmalla laitteita ja tuotteita sekä niistä lähteviä putkia. Mallintamisen jälkeen testataan, toimiiko

mitoitus esivalmisteessa ajamalla balancing eli verkoston tasapainotus. Jos mitoitus toimii, varmistetaan, että putkimateriaalit ja eristesarjat ovat oikein. Seuraavana tehdään esivalmisteesta Revit-ryhmittely eli yhdistetään kaikki osat suuremmaksi ja yhtenäiseksi kokonaisuudeksi. Seuraavana luodaan esivalmistelle oma datasetti, jossa on sisällä ainoastaan vain ne laitteet, putkimateriaalit ja eristemateriaalit, joita on käytetty esivalmisteessa.

Insinööriyössä luotiin seuraavat esivalmistet:

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät:

- jakotukkikaappi, jossa sisällä jakotukit sekä linjasäätöventtiili ja sulkuventtiili
- IV-koneidenpumppuryhmät lämmityspatterille, jäähdytyspatterille, jälkilämmityspatterille ja glykoli-LTO
- säteilypaneeli venttiileillä
- oviverhokone venttiileillä
- puhallinkonvektori sulut, linjasäätöventtiilit ja säätöventtiilit.

Vesi- ja viemärijärjestelmät:

- asuntokohtaiset vesimittarit, sulut ja lämpimän käyttöveden kierto linjasäätöventtiilillä
- käsienvesiuuallashana monella eri variaatiolla, PEX-putkilla ja vesilukolla, PEX-putkilla ja lattiakaivolla, kupariputkilla ja vesilukolla, kupariputkilla ja lattiakaivolla
- WC-istuin alaspäin ja taaksepäin lähtevillä viemäriiliitoksilla ja vesikytkennällä
- seinä-WC vesiliitoksella
- pikapaloposti yksitievventtiili
- suihkusekoittaja PEX- ja kupariputkilla ja lattiakaivo
- teknisentilan allas hana ja lattiakaivo
- päävesimittari suluilla ja paineen alennusventtiilillä
- päävesimittari suluilla ja paineenkorotus asemalla.

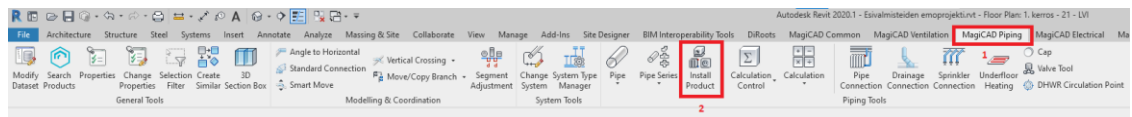
Ilmanvaihtojärjestelmät:

- asuntokohtaiset ilmanvaihtokoneet Swegonin W5, W4 ja W3 molempikätisinä koneina kanavalähdöillä ja kondenssiviemäreillä
- asuntokohtainen ilmanvaihtokone Enerventin Salla eAir molempikätisinä kanavalähdöillä ja kondenssiviemäröinnillä.

Swecon kehitystiimin toimesta esivalmistekirjasto on tarkoitus laajentaa myöhemmän ajankohtana.

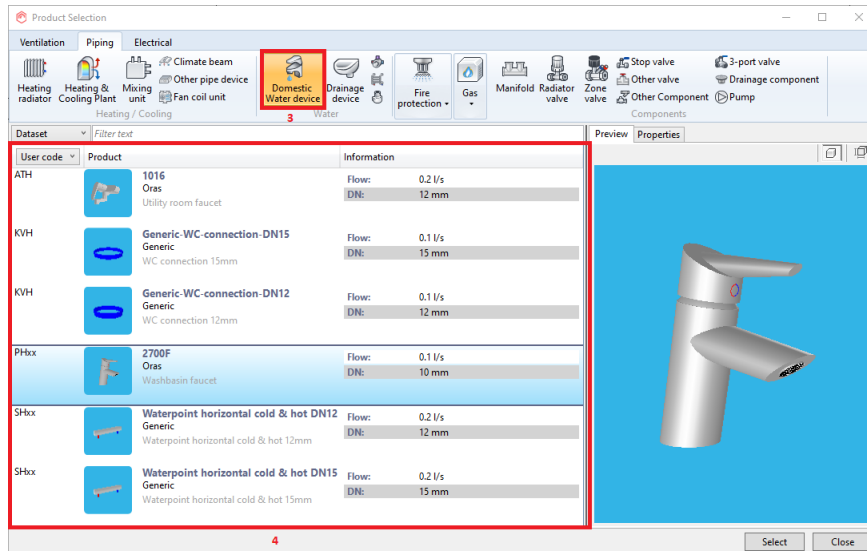
5.2 Mallintaminen

Malliesimerkkinä tehtiin pesuallashana PEX-liitoksella ja viemäröinniksi valittiin 75 mm:n lähdöllä oleva lattiakaivo, jossa lähtö on alaspäin valmiina. Pesuallashanan mallintaminen tehdään niin, että ensin mennään Revitissä MagiCAD Piping -välilehdelle (Kuva 2, valinta 1). MagiCAD Piping -välilehdeltä avautuu putken piirtoa helpottavia työkaluja, joista valitaan ”Install Product” (kuva 2, valinta 2).



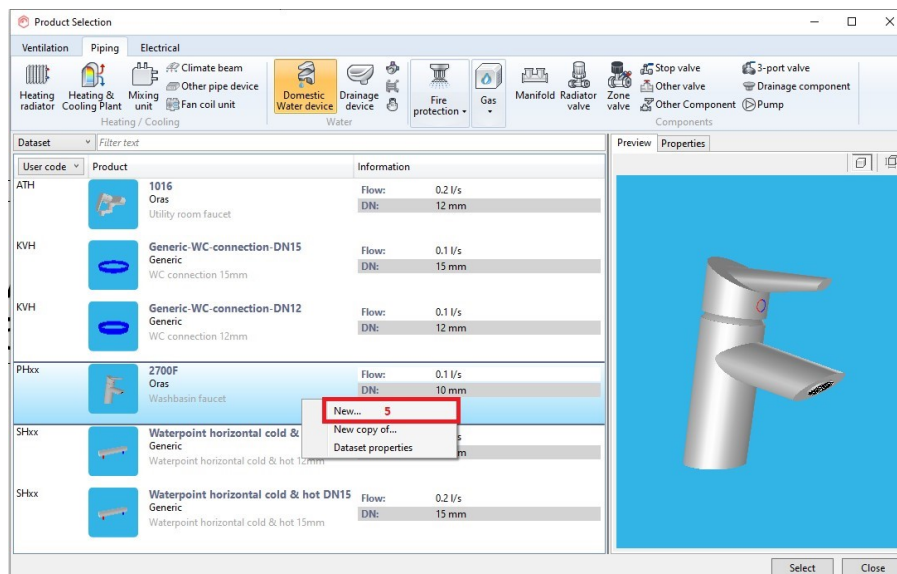
Kuva 2. Mallintamisen aloitus: työkalurivin ensimmäinen ja toinen valinta merkattu punaisilla neliöillä.

”Install Product” avaa tuotekirjaston, jossa on jo projektille lisätyt tuotteet. Piirrosesimerkissä tarvitaan pesuallashana, jolloin valitaan Domestic Water devise -välilehti (3). Nyt näkyvissä ovat kaikki vesikalusteet, jotka on lisätty projektille (4) (kuva 3).



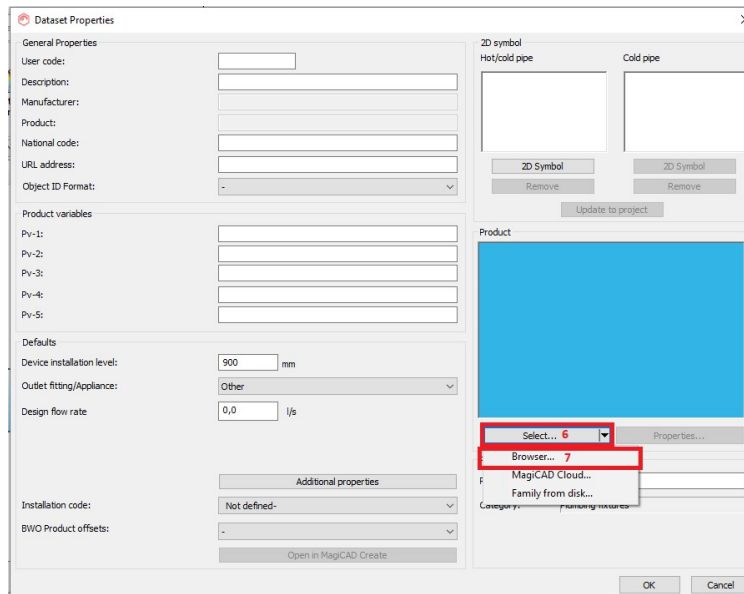
Kuva 3. Mallinnustyön seuraava vaihe, jossa on valittu punaisella neliöllä merkattu kohta 3. Kohdassa 4 on luettelo projektille tuoduista vesikalusteista.

Projektille on jo aikaisemmin tuotu sopiva pesuallashana, mutta tässä esitetään vielä, kuinka projektille lisätään tuotteita ja mitä kaikkea tietoja tuotteeseen lisätään. Painamalla hiiren oikeaa painiketta avautuu lisävalikko, josta valitaan ”New...” (5) (kuva 4).



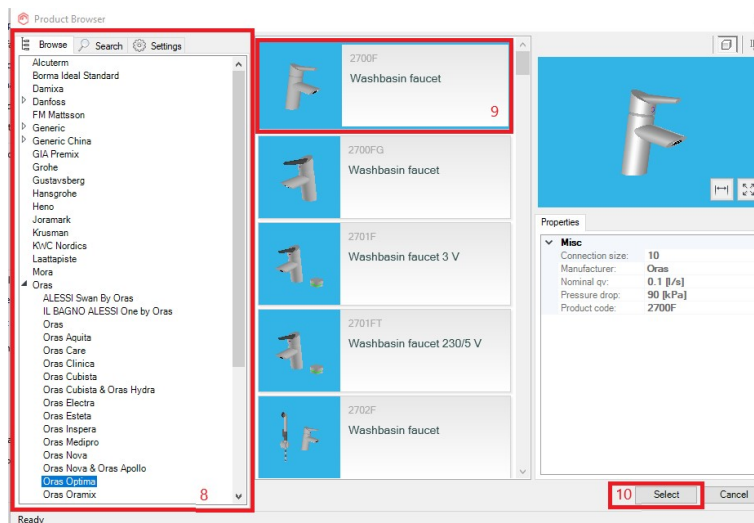
Kuva 4. Projektille uusien tuotteiden tuonti: ensimmäinen vaihe punaisella neliöllä merkattu kohta 5.

Klikattu ”New...” aukeaa Dataset Properties -välilehti, valitaan kohdasta ”Select...” (6) ja sen sisältä ”Browser...” (7) (kuva 5).



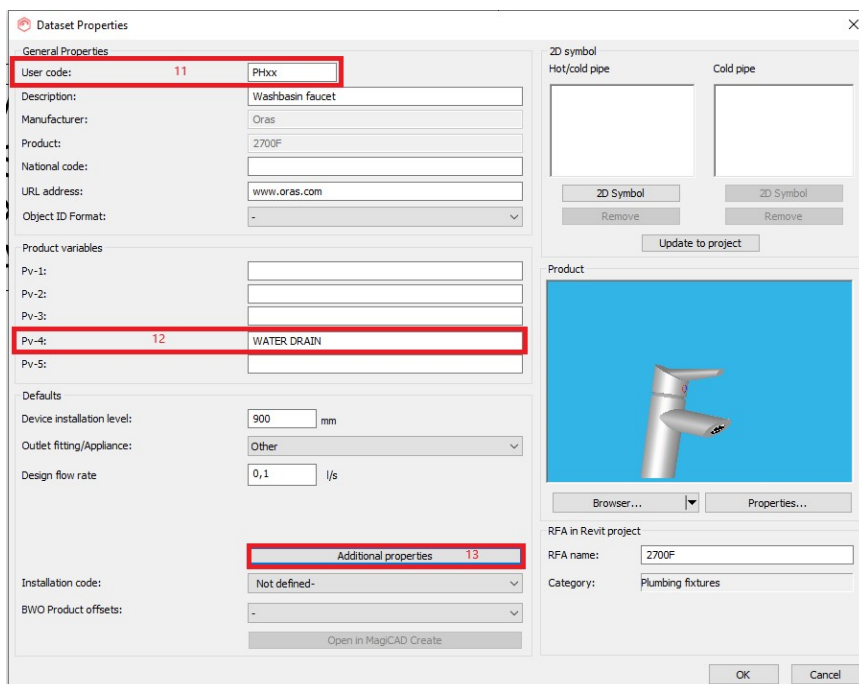
Kuva 5. Uusien tuotteiden tuonti, toinen vaihe; valinnat 6 ja 7 merkitty punaisella neliöllä.

Klikattu ”Browser...” aukeaa Product Browser -välilehti, josta valitaan tuote valmistaja valinta puusta ja tuotevalmistajan alta aukeaa uusi valintapuu, jossa näkyy valmistajan tuoteperheet (8). Tuotevalmistajan katalogista valitaan sopiva tuote, joka on sen hetkiseen tarpeeseen hyvä. Esivalmisteseen valikoituu Oraksen Optima 2700F (9). Valitaan sopiva tuote ja valitaan ”Select” (10) (kuva 6).



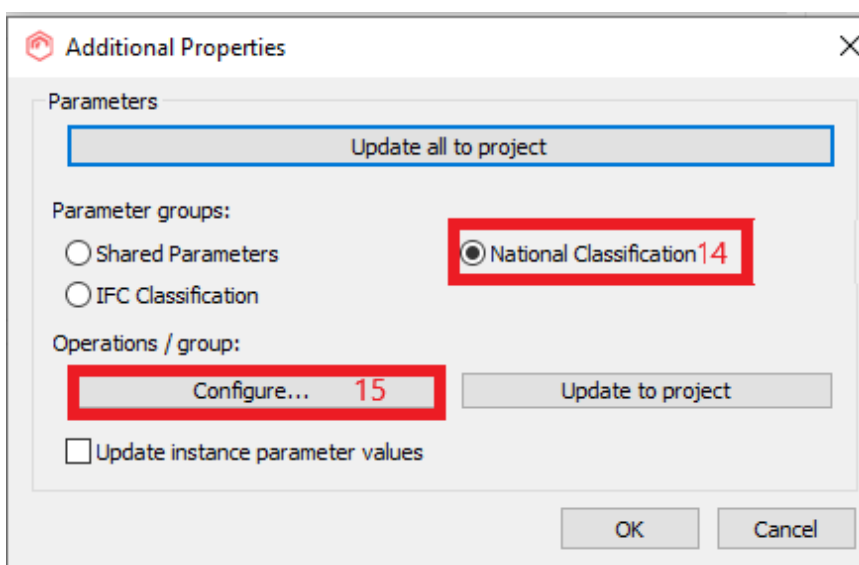
Kuva 6. Eri valmistajien vesikalusteita, joita voidaan lisätä projektille.

”Select” painikkeesta aukeaa jälleen Dataset Properties -välilehti, jossa on nyt näkyvissä tuote. Kohtaan "User Code" (kuva 7, valinta 11) täytetään LVI-tuoteosakoodiston tunnus. ”Pv-4” kohtaan (12) täytetään, mihin järjestelmään tuote kuuluu. Viimeisenä valitaan kohta ”Additional properties” (13) (kuva 7).



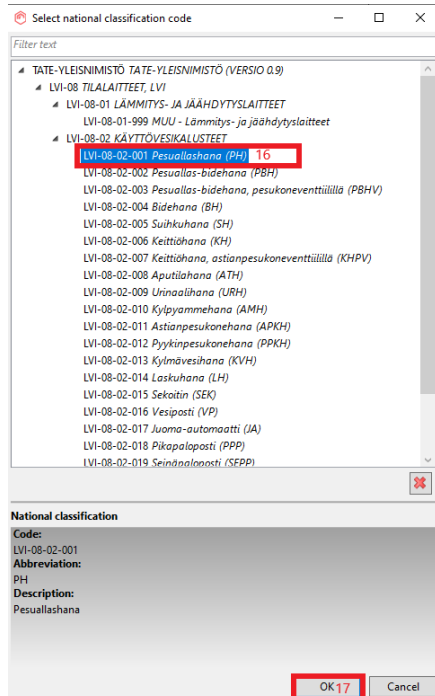
Kuva 7. Punaisella on merkitty tietoja, joita laitteeseen lisätään, kun se tuodaan projektille.

Aukeaa Additional Properties -välilehti, josta valitaan vaihtoehto ”National Classification” kohtaan (14) ja tämän jälkeen valitaan ”Configure...” (15) (kuva 8).



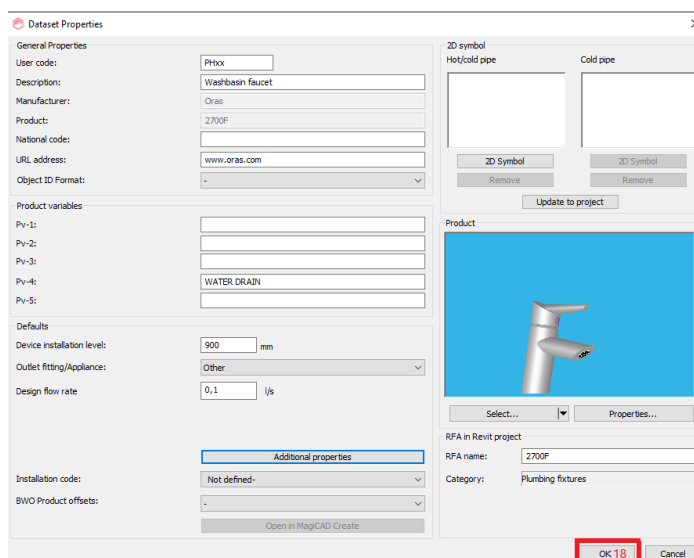
Kuva 8. Kansallisen tuoteosakoodiston parametrien lisääminen tuotteelle.

Aukeaa ”Select national classification code” -välilehti, josta etsitään tuotetta vastaava yleisnimi ja yleiskoodi sekä valitaan se (16). Tämän jälkeen valitaan ”OK” (17) (kuva 9).



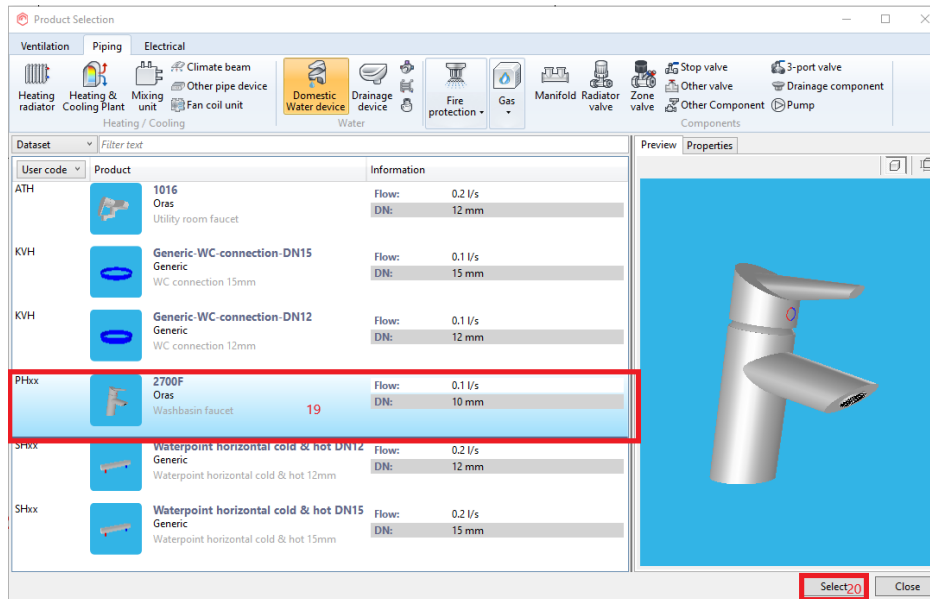
Kuva 9. Oikean kansallisen tuotesakoodiston yleisnimen ja -koodin valitsemisen.

Nyt kaikki tarvittava tieto on lisätty tuotteeseen. Tämän jälkeen voidaan valita ”OK” (18) (kuva 10).



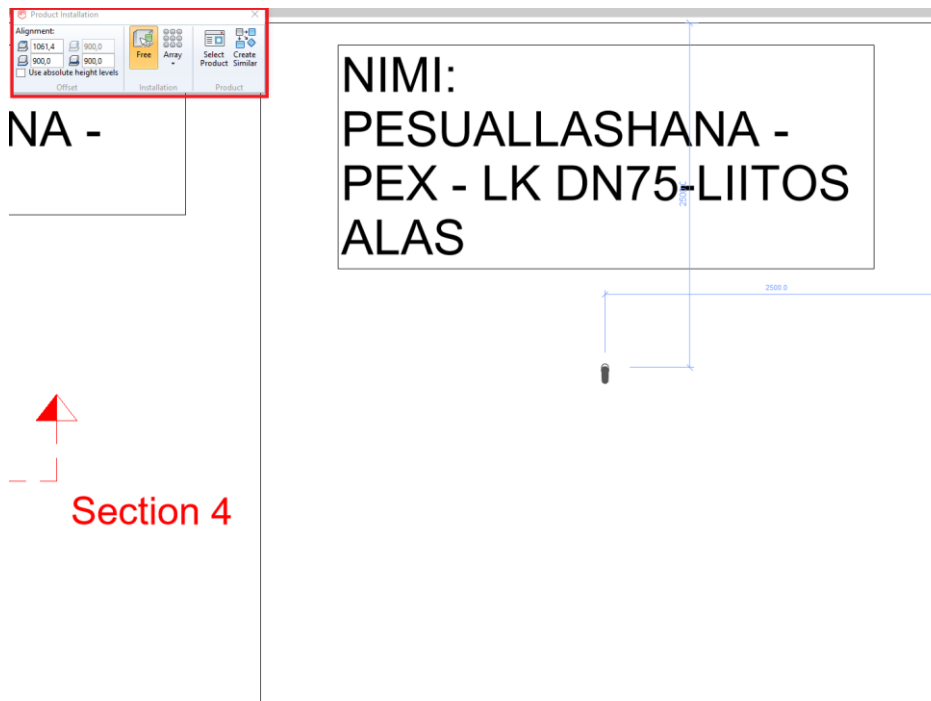
Kuva 10. Tuotteeseen on lisätty kaikki tarpeellinen tieto ja se voidaan lisätä projektille.

Valitaan listalta tuote (19) ja klikataan ”Select” (20) (kuva 11).



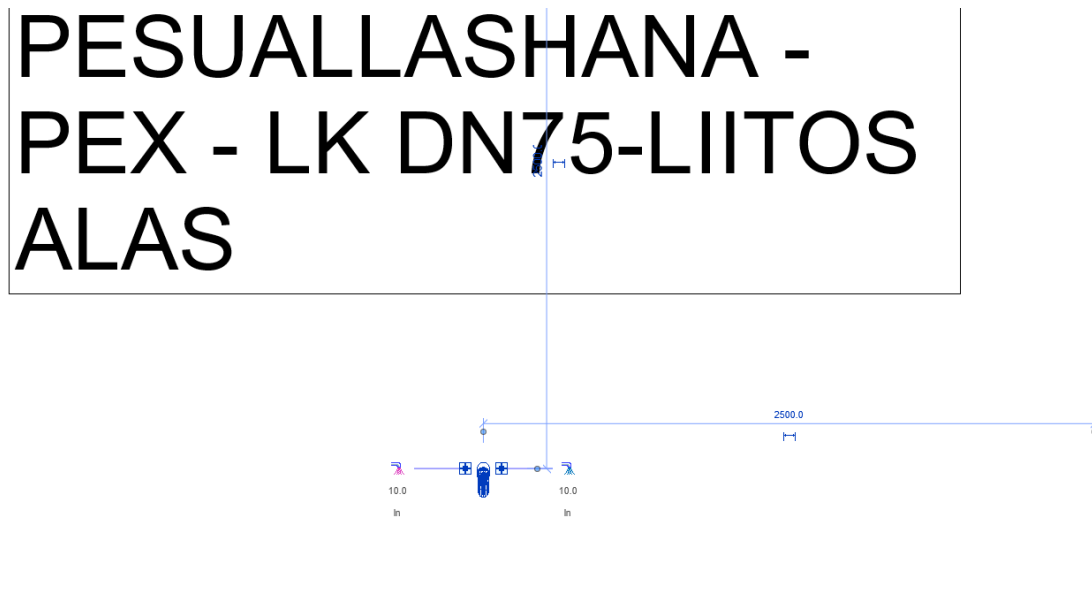
Kuva 11. Punaisella on merkitty valittu tuote joka lisätään projektille.

Seuraavana sijoitetaan tuote haluttuun kohtaan suunnittelunäkymässä. Suunnittelunäkymään aukeaa ikkuna, josta voidaan säätää kaluste oikeaan korkeuteen. Kun tuote on halutussa korossa ja kohdassa, jää tuote siihen painamalla hiiren vasenta painiketta (kuva 12).



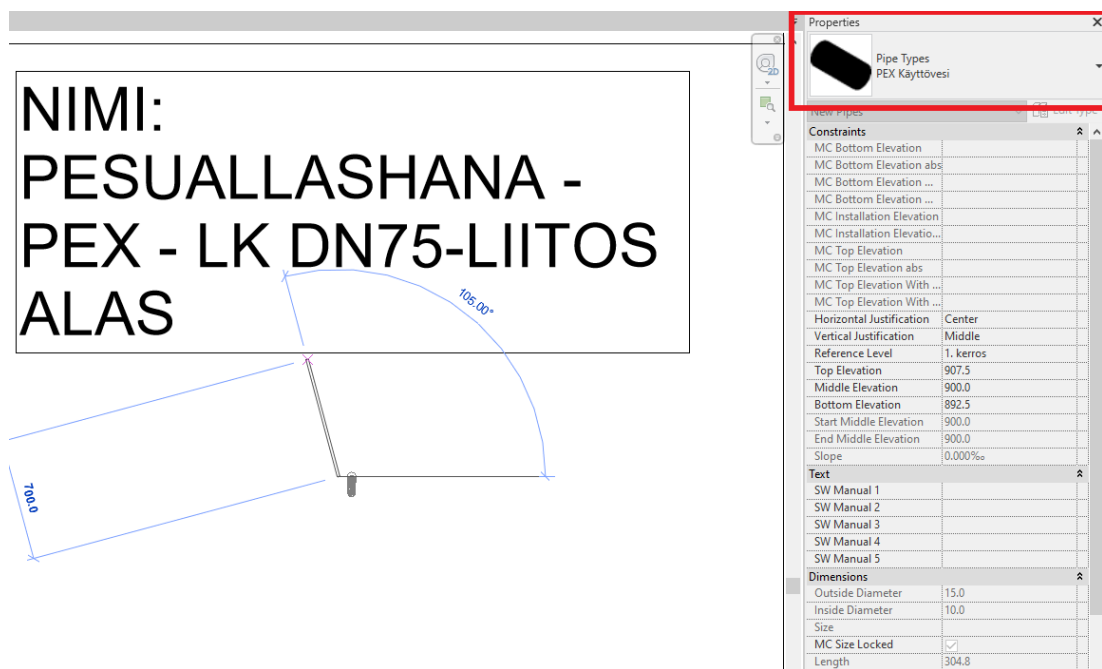
Kuva 12. Revit-suunnittelunäkymä johon tuote asetetaan mallintamista varten.

Kun tuote on paikallaan, painamalla siitä hiiren vasemmalla painikkeella, aukeaa painikkeet, joilla voidaan piirtää hanalta lähteviä putkia (kuva 13).



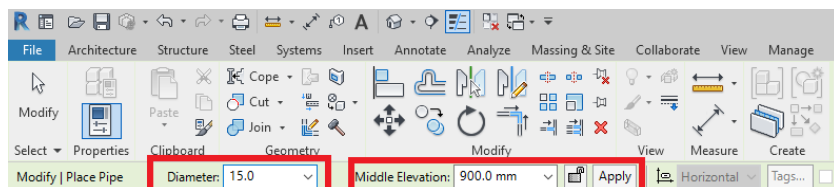
Kuva 13. Revitin-suunnittelunäkymä, jossa tuotteen putken piirtoa varten klikattu.

Valitaan jompikumpi putkista piirtoon. "Properties" -kohdasta on tarkistettava, että putki on tarvittavaan käyttötarkoitukseen tarkoitettu (kuva 14).



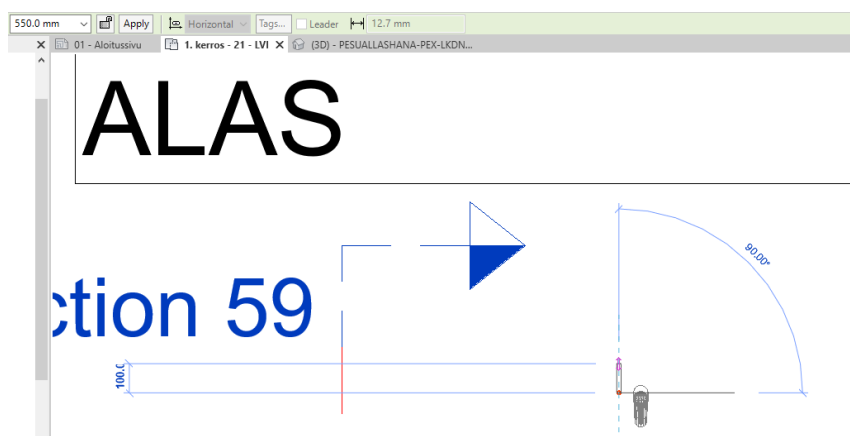
Kuva 14. Revitin suunnittelu näkymä, jossa putken piirtökäynnissä.

Käynnistettäessä putken piirron aukeaa yläreunaan lisää työkaluja, joista voidaan muuttaa ”Diameter” -kohdasta putkikokoa ja ”Middle Elevation” kohdasta korkoa (kuva 15).



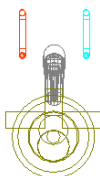
Kuva 15. Revitin työkalurivi putken piirron aikaan.

Seuraavaksi putkea otetaan hieman alaspäin ja piirretään putkea hieman hanaa katsottuna taaksepäin, jotta putket, tässä tapauksessa PEX-putki, menevät kuvitellun seinän sisään, ja nostetaan takaisin ylöspäin haluttuun korkoon (kuva 16).



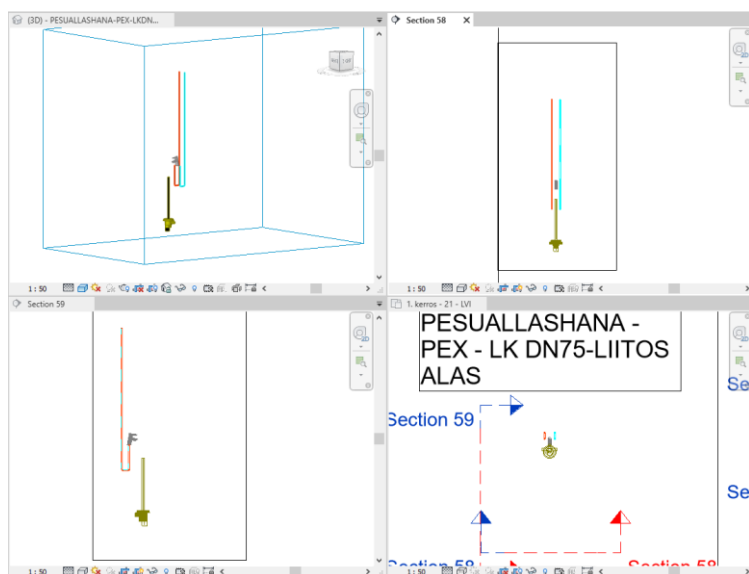
Kuva 16. Putken piirtäminen käynnissä.

Sama toteutetaan toiselle putkelle. Tuodaan kaikki muutkin esivalmisteeseen tarvittavat tuotteet ja mallinnetaan tarvittavat putket (kuva 17).



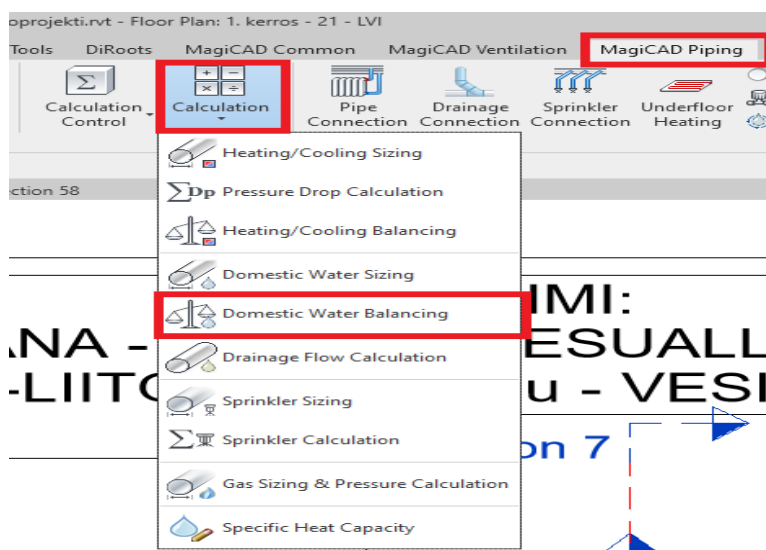
Kuva 17. Mallinnettu tuote.

Revitillä mallintaessa voidaan halutaessa mallintaa monessa eri näkymässä. Revitillä pystytään tekemään erilaisia leikkauksia tai katselemaan mallia suoraan 3D-näkymässä. Tällä voidaan jo heti alussa vältellä törmäyksiä muun tekniikan kanssa ja samalla voidaan tarkastella, onko mallinnettava kohde oikein tehty. Nyt kuvassa on kaikki tarpeellinen, ja voidaan siirtyä tarkastelemaan, että putkistomitoitukset toimivat ja tuote on toimiva (kuva 18).



Kuva 18. Revitin eri työskentelynäkymät, joissa voidaan työskennellä.

”Magiacad Piping” -välilehdeltä löytyy putkimitoitustyökaluja valikon ”Calculation” alta, josta valitaan nyt ”Domestic Water Balancing”, koska mitoitetaan käyttövettä (kuva 19).



Kuva 19. MagiCAD for Revitin mitoitustyökalun käynnistäminen.

Seuraava avautuu ”Balancing Options” -välilehti, josta valitaan, mitoitetaanko koko verkosto kerrallaan vai jokin verkoston osa. Tällä välilehdellä voidaan asettaa mitoitukselle raja-arvoja, kuten vaikka lämpimän veden odotusaika hanalla. Valitaan ”OK” ja päästään mitoittamaan (kuva 20).

Kuva 20. MagiCAD for Revitin Balancing Options raja-arvojen asetus.

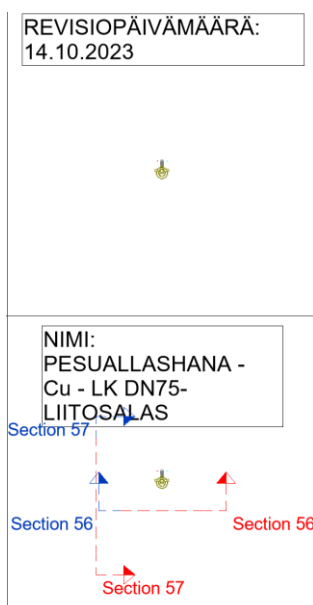
Klikataan kummankin, lämpimän ja kylmän avoimia päitä, ja työkalu alkaa mitoittamaan. Mikäli mitoitus menee läpi, antaa se ulos mitoitusraportin, josta nähdään virtaama, virtausnopeus ja painehäviöt. Nyt voidaan huomata, että mallinnus toimii, ja voidaan siirtyä esivalmisteprojektin seuraavaan vaiheeseen eli ryhmittelyn tekoon (kuva 21).

Location	Level	Nod	Type	Series	Product	Size	L [m]	Insulatio	qv sum [l/s]	qv dim [l/s]	v (dim) [m/s]	dp/L [Pa/m]	dp flow [Pa]	K factor	dp Hat [Pa]	pt [Pa]	qv [%]	t [s]	Warnings
1. kerros			PIPE	M	SW-PEX-1	15	1.9		0.1	0.1	1.27	2683.4	5192.5		-18382.3	400000			
1. kerros			BEND-90	M	SW-PEX-B	15			0.1	0.1	1.27	364.8	0.450		-147.1	413789			
1. kerros			PIPE	M	SW-PEX-1	15	0.1		0.1	0.1	1.27	2683.4	187.8			413572			
1. kerros			BEND-90	M	SW-PEX-B	15			0.1	0.1	1.27	364.8	0.450		147.1	413384			
1. kerros			PIPE	M	SW-PEX-1	15	0.3		0.1	0.1	1.27	2683.4	885.5			3237.3	412872		
1. kerros			REDUCER	M	SW-PEX-R	15/10			0.1	0.1	1.27				49.0	408749			
1. kerros	1	DOMESTI			2700F	10			0.1	0.1			90000.0			408700	213		

Kuva 21. Mitoitustyökalun tulokset, kun mitoitus on ajanut läpi verkoston.

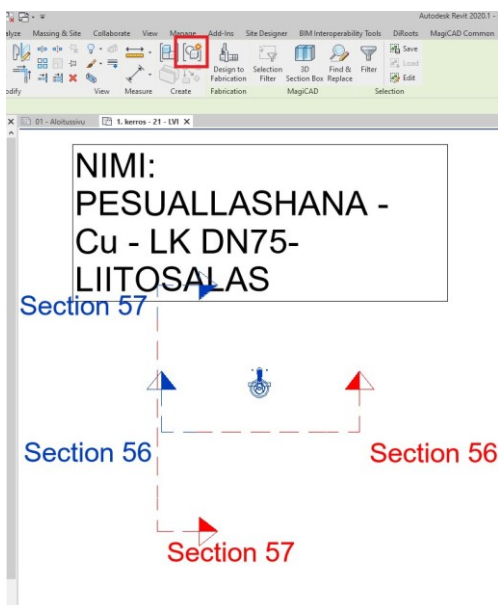
5.3 Revit-ryhmittelyn luonti

Ryhmittelyn luonti aloitetaan kopioimalla valmis tuotos ylempään ruudukkoon. Mikäli siihen tarvitsee tehdä muutoksia, voidaan se kopioida takaisin alas ja tehdä tarvittavat muutokset (kuva 22).



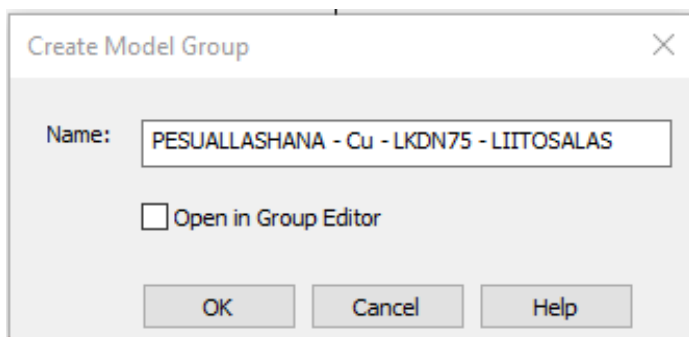
Kuva 22. Kopioitu valmis tuotos enne ryhmittelimitä.

Seuraavana valitaan tehty asennuskokonaisuus. Tämän jälkeen aukeaa ylävalikkoon työkaluja, joista valitaan Create Group -työkalu (kuva 23).



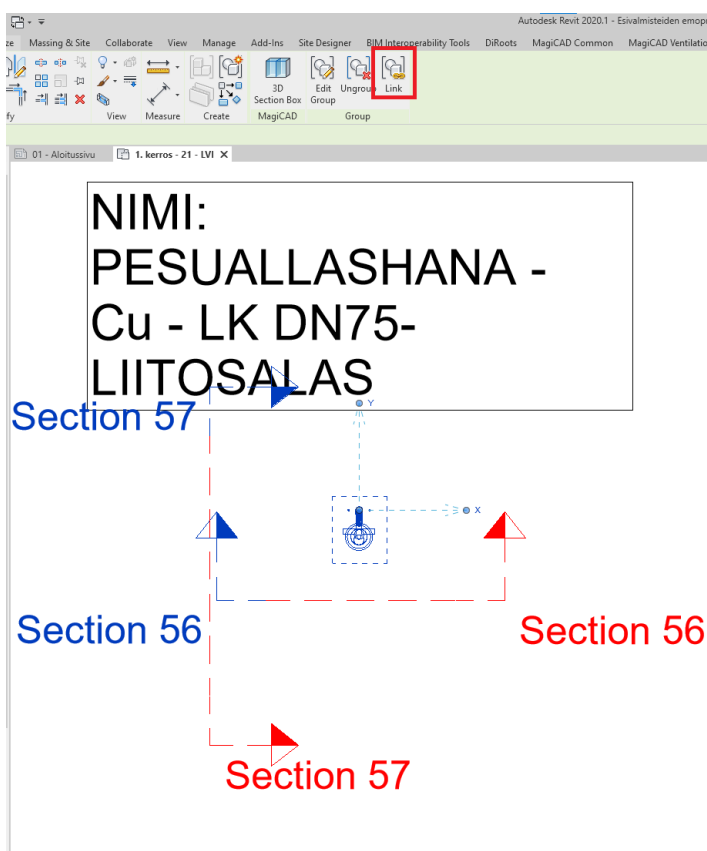
Kuva 23. Ryhmän luominen.

Aukeaa Create Model Group -välilehti, johon lisätään nimi. Tässä työssä käytettävät nimet määräytyvät sen mukaan, mitä tuotteita esivalmiste sisältää. Nimeämisen jälkeen painetaan ”OK” (kuva 24).



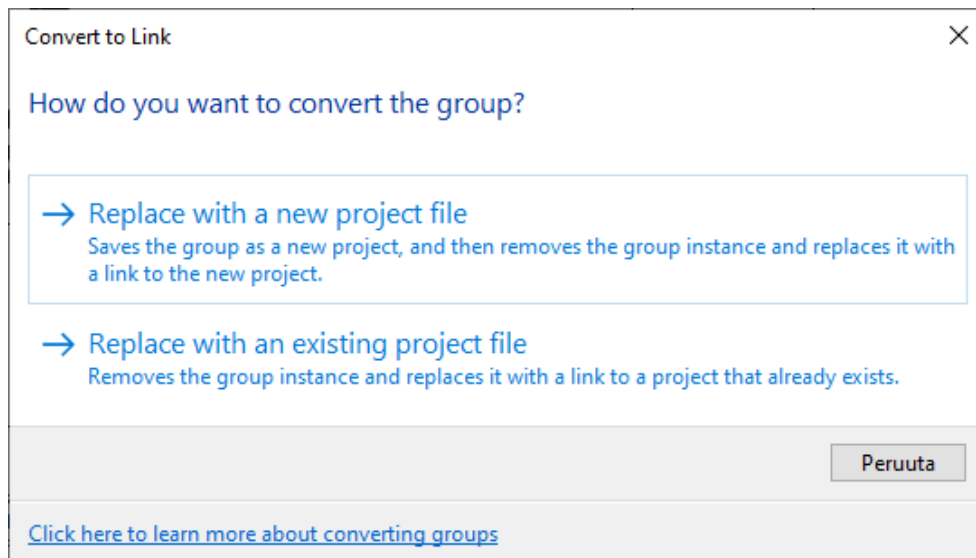
Kuva 24. Ryhmän nimeäminen.

Kuvaan ilmestyy tämän jälkeen ryhmän origo, joka asetellaan sopivaan kohtaan esivalmistetta. Se voidaan sijoittaa esimerkiksi jonkin laitteen keskikohtaan, kuten tässä pesuallashanan keskikohtaan. Kun origo on aseteltu sopivaan kohtaan, painetaan työkaluvalikosta ”Link” painiketta (kuva 25).



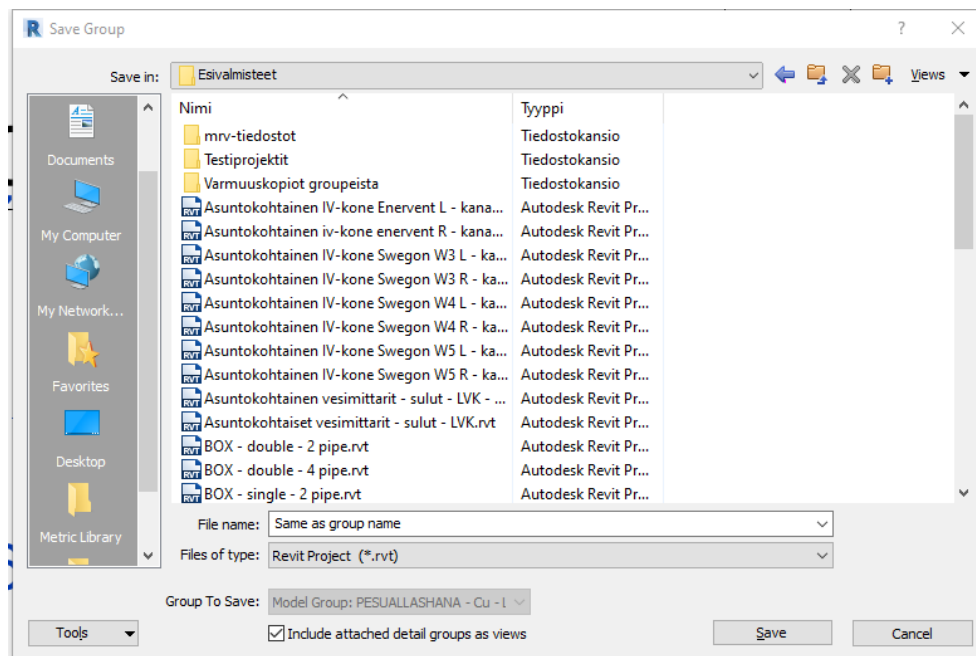
Kuva 25. Ryhmän origon sijoitus.

Tulee Convert to link -välilehti, josta valitaan ”Replace with a new project file” (kuva 26).



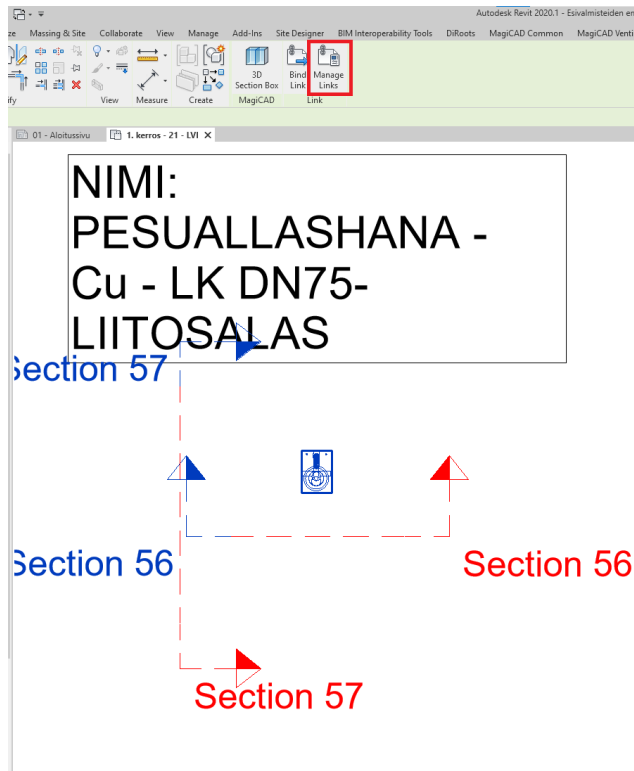
Kuva 26. Uuden projektitiedoston luonti.

Valitaan mihin ryhmä halutaan tallentaa. Tässä työssä se tallennetaan Sweco Finlandin LVI-kehitystiimin tätä projektia varten luomaan kansiorakenteeseen. Kun haluttu tallennuskansio on auki, klikataan "Save"-painiketta (kuva 27).



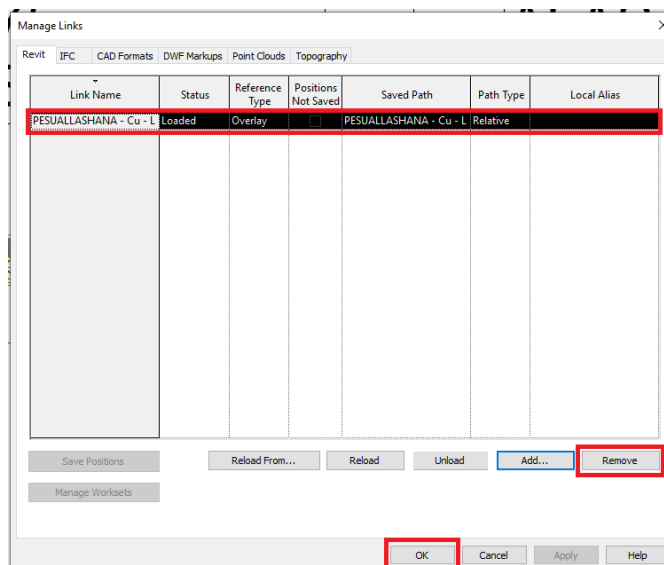
Kuva 27. Ryhmien tallennus kansio.

Nyt työversio on muuttunut linkiksi. Poistetaan linkki ”Manage Links” painikkeen kautta (kuva 28).



Kuva 28. Yhdistetty suurempi kokonaisuus.

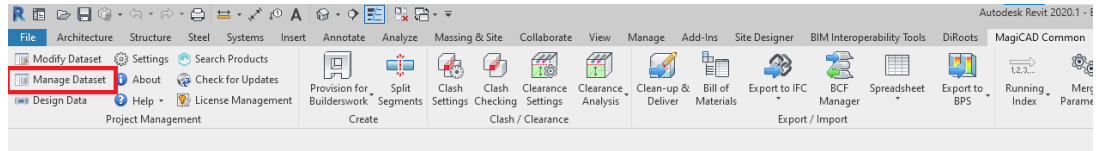
Valitaan äsken luotu esivalmisteen linkki ja painetaan ”Remove” ja ”OK”. Näin linkki poistuu emoprojektista (kuva 29). Nyt ryhmän teko on valmis, ja seuraavana luodaan esivalmisteelle oma dataset.



Kuva 29. Juuri luotu linkki poistetaan emoprojektilta.

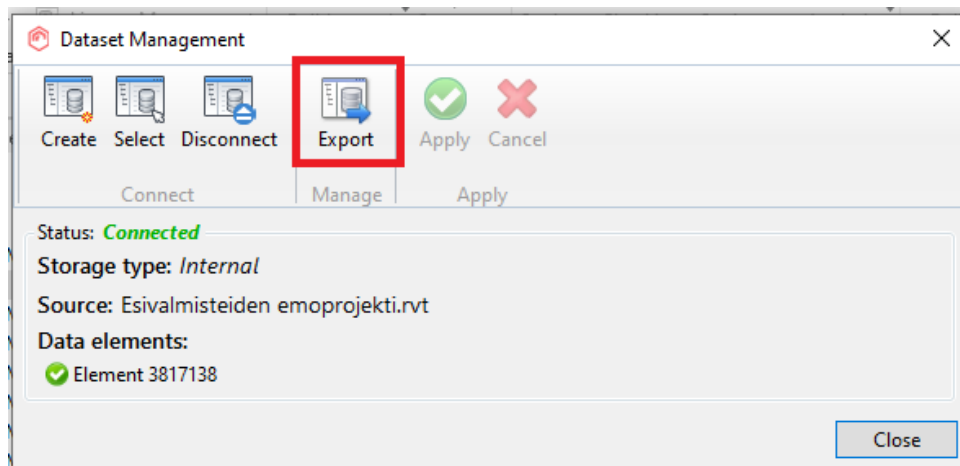
5.4 Datasetin luominen

Seuraavana valitaan MagiCad Common -välilehti, ja sieltä valitaan ”Manage Dataset” (kuva 30).



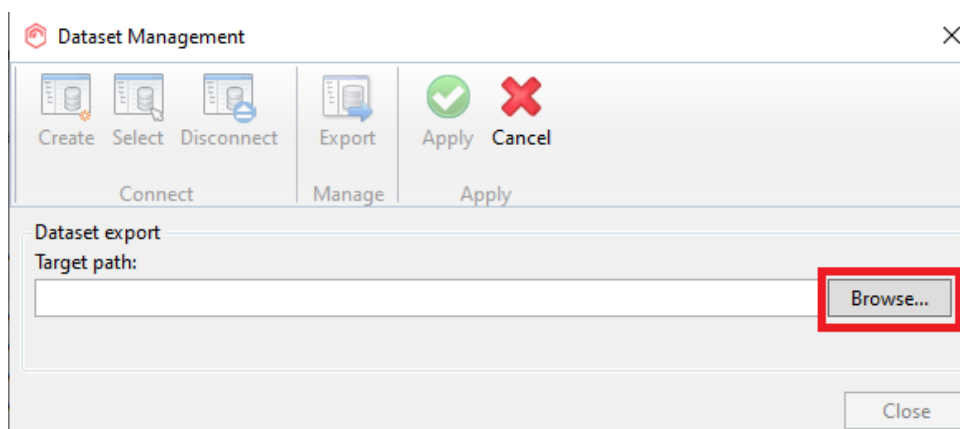
Kuva 30. Revin työkalurivi, jossa merkitty Manage Dataset- työkalu.

Aukeaa Dataset Management -välilehti. Valitaan ”Export’ (kuva 31).



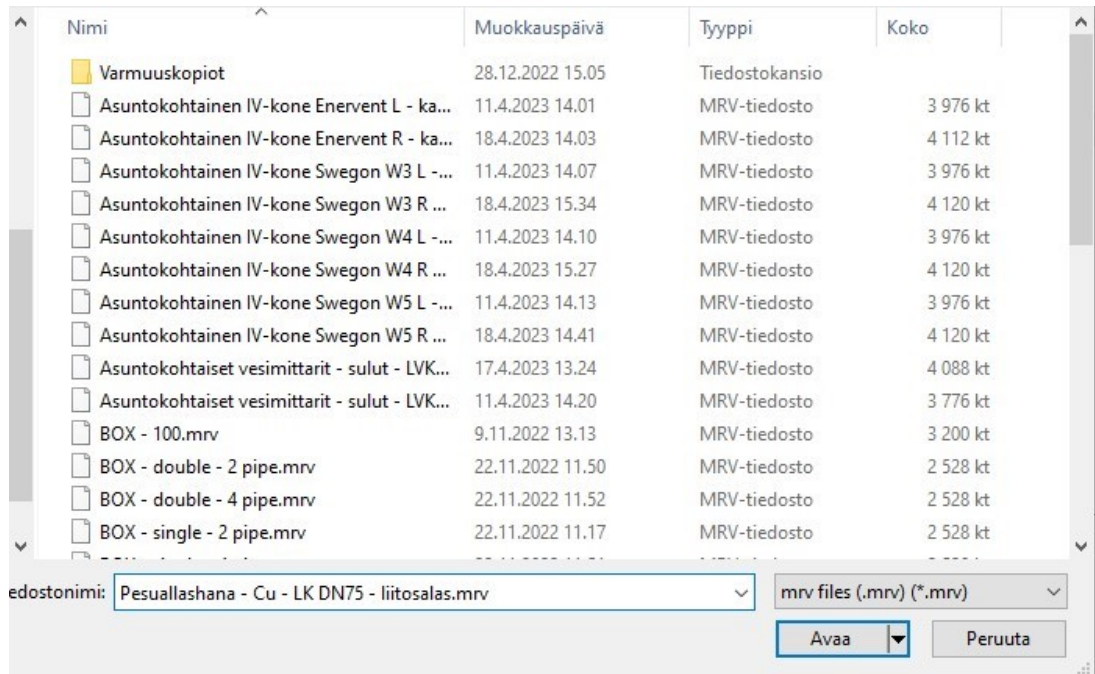
Kuva 31. Datasetin exporttaaminen.

Tämän jälkeen tulee Dataset export Target path josta valitaan ”Browse...” (kuva 32).



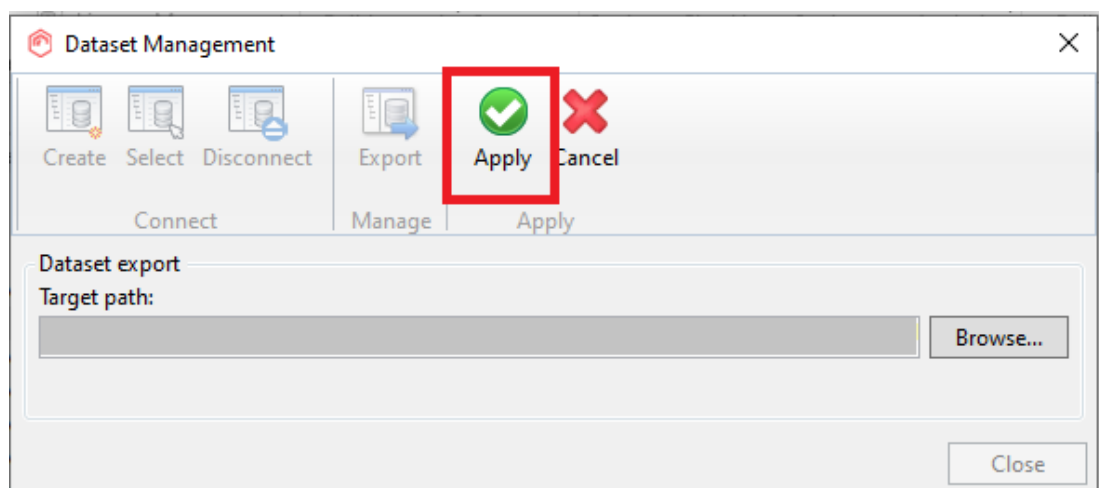
Kuva 32. Tallennus paikan näyttäminen.

Tämän jälkeen valitaan kansio, johon dataset halutaan tallentaa. Tällekin LVI-kehitystiimi on määrittänyt oman kansion, johon tallennus tehdään. Painetaan ”Avaa” (kuva 33).



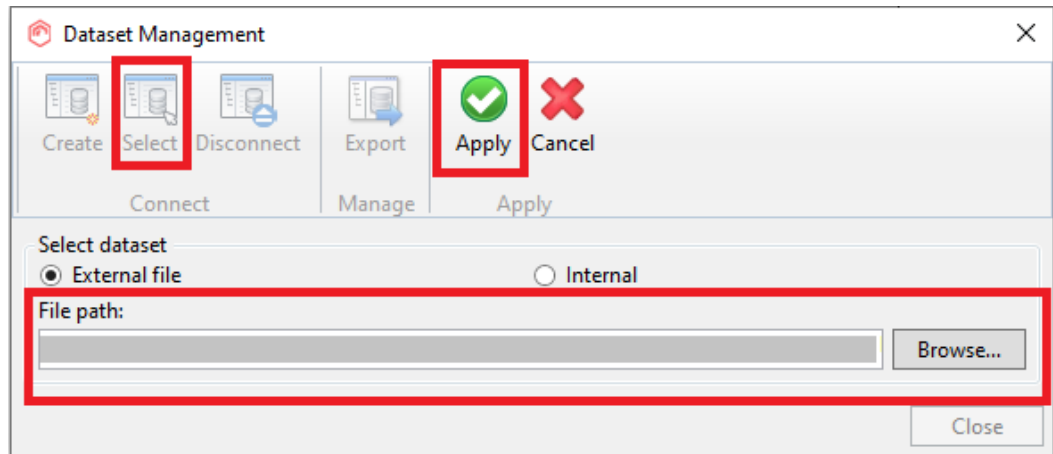
Kuva 33. Tallennus kansio ja tiedoston nimeäminen.

Nyt on luotu polku, johon se tallennetaan. Painetaan ”Apply”, nyt datasetti on luotu (kuva 34).



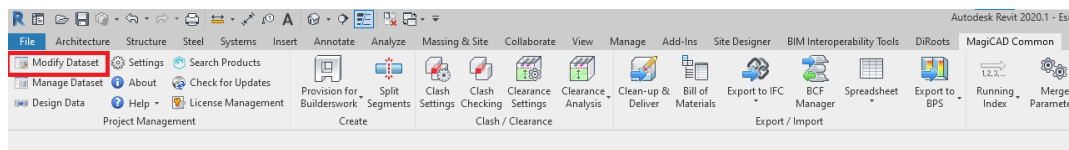
Kuva 31. Luodun datasetin tallennus.

Datasetin sisältä siivotaan kaikki ylimääräinen pois, ja valitaan dataset management välilehdeltä ”Select”. Sitten valitaan File path kohtaan juuri luotu dataset ja painetaan ”Apply” (kuva 35).



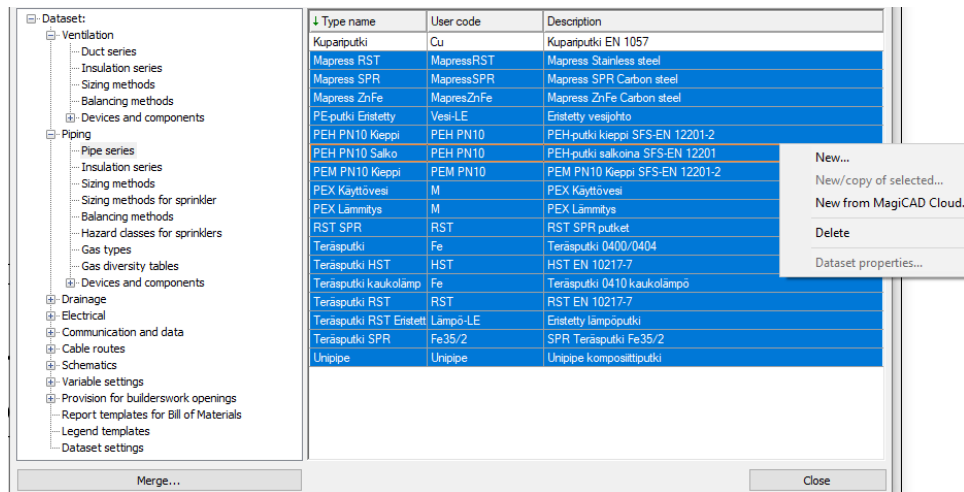
Kuva 32. Datasetin Vaihtaminen.

Seuraavana valitaan MagiCad common -välilehti ja valitaan ”Modify Dataset” (kuva 36).



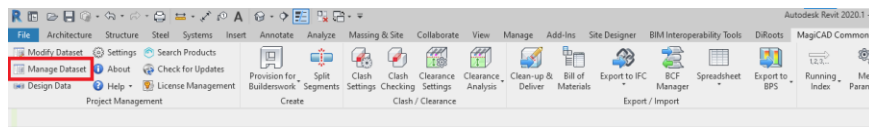
Kuva 36. Modify Datasetin käynnistäminen.

Aukeaa dataset sisältä. Sisältö käydään läpi ja poistetaan kaikki ylimääräinen, kuten tässä Piping kohdasta Pipe series. Esivalmisteessa käytettiin PEX-putkea, joten valitaan kaikki muu, painetaan hiiren oikeaa ja poistetaan ne ”Delete” painiketta painamalla (kuva 37).



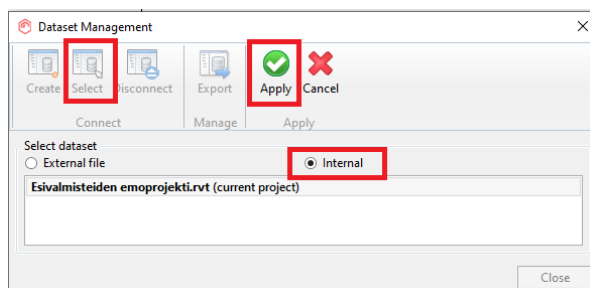
Kuva 37. Datasetin sisältöä.

Nyt kun dataset on siivottu, vaihdetaan lopuksi emoprojektin dataset MagiCad common -välilehdeltä "Manage Dataset" (kuva 38).



Kuva 38. Manage Dataset välilehden käynnistäminen.

Aukeaa Dataset Management -välilehti, valitaan siitä "Select". Vaihetaan Select dataset kohdasta Internal kohtaa pallura ja painetaan "Apply" (kuva 39).



Kuva 39. Projektin datasetin vaihtaminen.

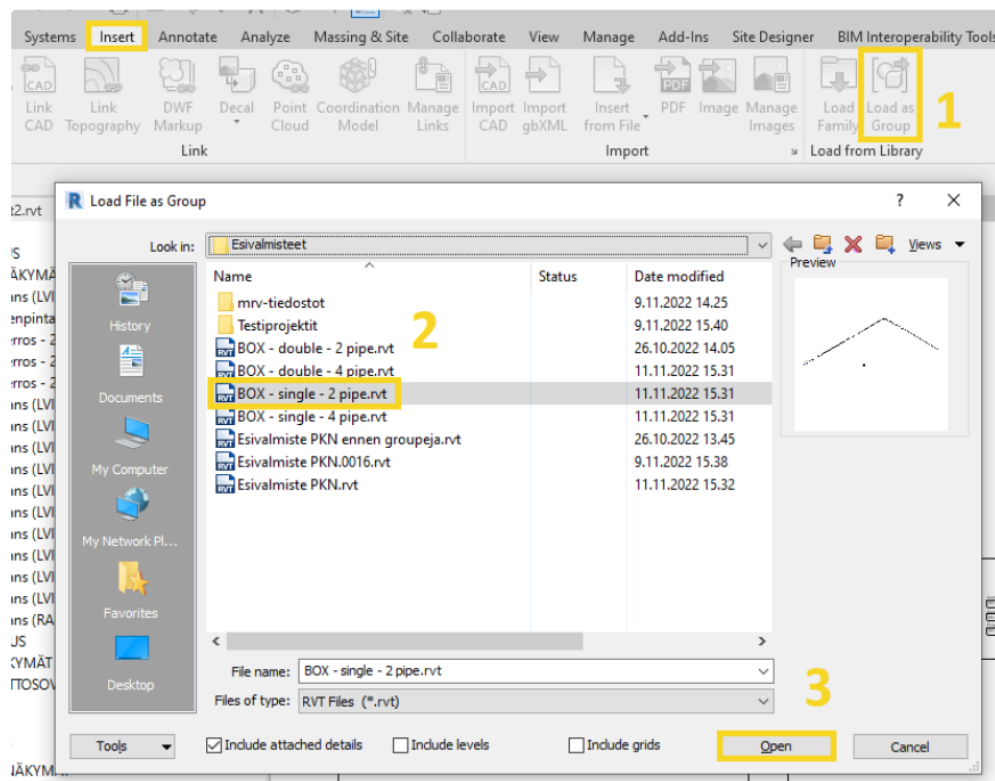
Esivalmisteella on nyt geometria (rtv-tiedosto) sekä tietosisältö (mrv-tiedosto) kunnossa ja se on valmiina jaettavaksi muihin projekteihin.

6 Esivalmisteen käyttö ja projektille tuonti

Esivalmisteen tuonti on Swecon ohjeistuksen mukainen. Tuontiprosessi on kaksivaiheinen. Ensiksi tuodaan esivalmiste omalle projektille ja toisena tuodaan esivalmisteen laitteiden tiedot hakemalla ne esivalmisteen datasetistä merge-työkalulla. [9.]

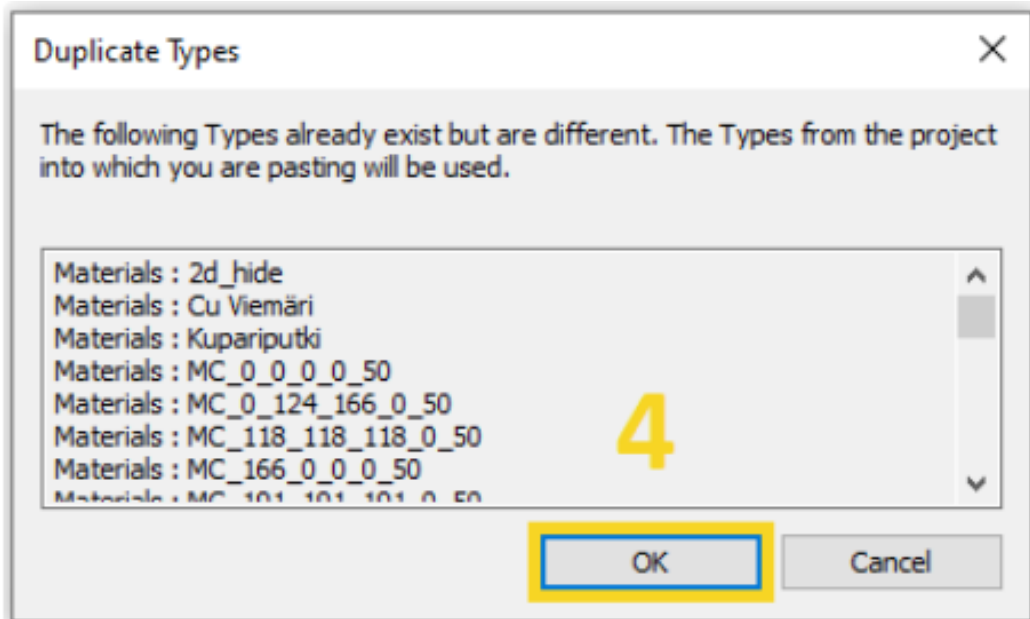
6.1 Esivalmisteen hakeminen

Painetaan Insert-välilehdeltä ”Load as Group” (1). Haetaan polku, jossa valmiit esivalmistet ovat, ja valitaan haluttu esivalmiste (2). Painetaan tämän jälkeen ”Open” (3) (kuva 40). [9.]



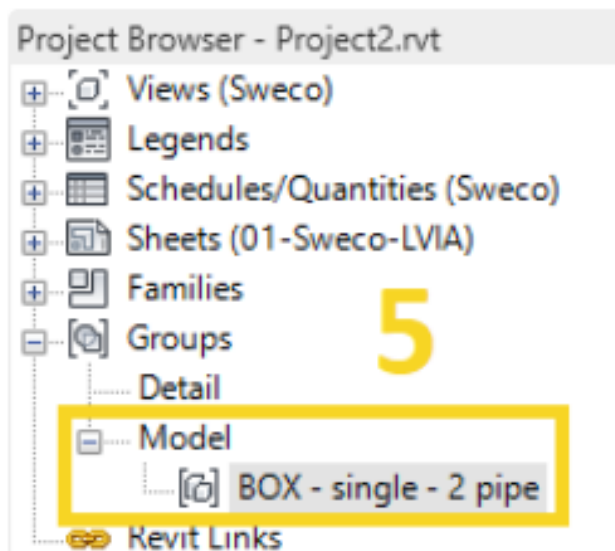
Kuva 40. Esivalmisteen hakeminen tiedostopolusta, johon ne tallennettu. [9.]

Revit herjaa tässä vaiheessa materiaaleista, painetaan "OK" (4) (kuva 41). [9.]



Kuva 41. Ilmoitus, että projektilla on jo nämä materiaalit. [9.]

Esivalmiste on nyt tuotu projektille (5) (kuva 42). [9.]

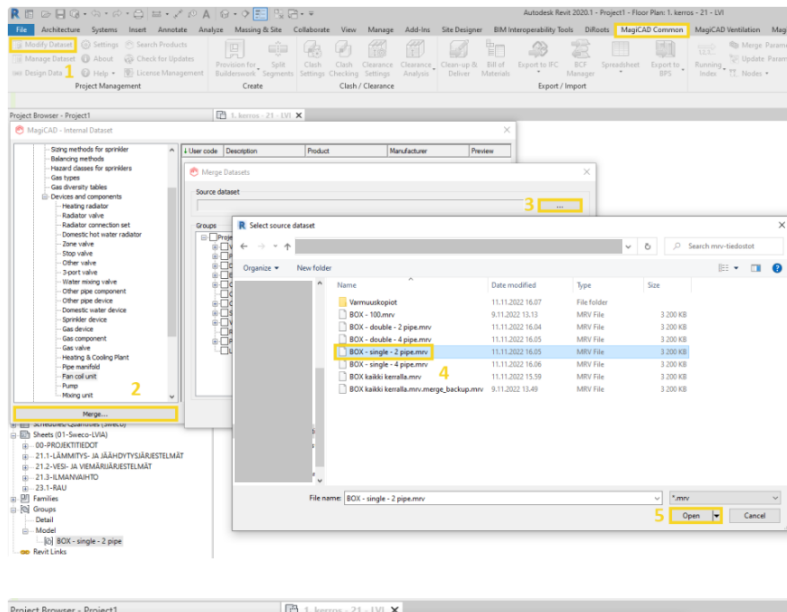


Kuva 42. Project Browser -työkalurivi. [9.]

Jatketaan seuraavana esivalmisteentietojen lisäämiseen projektille.

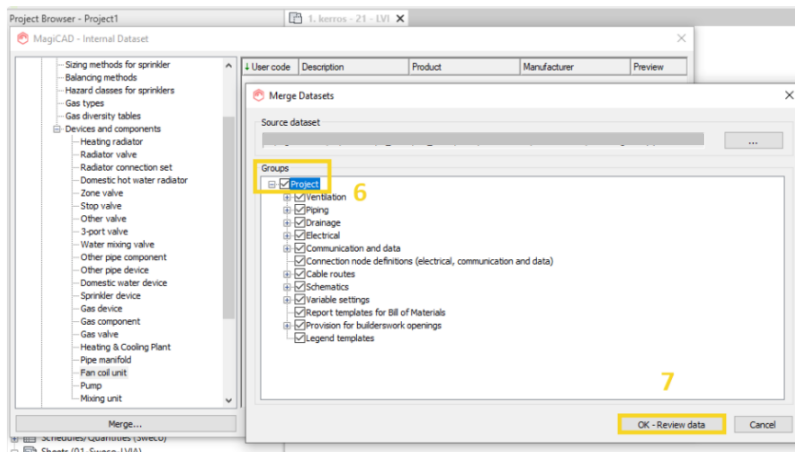
6.2 Datasetin yhdistäminen ja tietojen asettaminen projektille sopivaksi

Painetaan MagiCAD Common -välilehdeltä ”Modify Dataset” työkalua (1). Painetaan MagiCAD – Internal Dataset -välilehdeltä ”Merge...” (2). Aukeaa Merge Datasets -välilehti, josta painetaan Source dataset kohdasta ”...” (3). Aukeaa Select source dataset -välilehti, josta etsitään kansio, jossa on luotujen esivalmisteiden mrv-tiedostot. Valitaan projektille tuodun esivalmisteen mrv-tiedosto (4). Sen jälkeen painetaan ”Open” (5) (kuva 43). [9.]



Kuva 43. Datasetin tuominen projektille. [9.]

Valitaan laajuudeksi ”Project” (6). Source datasetillä on vain esivalmisteen laitteet. Painetaan ”OK-Review data” (7) (kuva 44). [9.]



Kuva 44. Merge Dataset -välilehti. [9.]

Aukeaa Compare Datasets -välilehti, josta painetaan ”OK-Merge” (8) (kuva 45). [9.]

Compare Datasets

Group	Id	Code	Description	Status	Differences	Operation
Variable settings/National classification codes	TATE-YLEISNIMISTÖ	TATE-YLEISNI	TATE-YLEISNIMISTÖ (VERSI	Identical		Do not merge
Piping/Pipe series	Kupariputki	Cu	Kupariputki EN 1057	Identical		Do not merge
Piping/Pipe series	Teräsputki	Fe	Teräsputki 0400/0404	Identical		Do not merge
Piping/Insulation series	21	21	Eristesarja 20-60mm (KV, SV)	Identical		Do not merge
Piping/Insulation series	22	22	Eristesarja 30-80mm	Identical		Do not merge
Piping/Insulation series	23	23	Eristesarja 40-100mm (LP, LV)	Identical		Do not merge
Piping/Insulation series	24	24	Eristesarja 50-120mm (KL)	Identical		Do not merge
Piping/Insulation series	25	25	Eristesarja 60-140mm (ulkolma	Identical		Do not merge
Piping/Insulation series	EF19	EF19	Solukumieriste 19mm	Identical		Do not merge
Piping/Insulation series	EF9	EF9	Solukumieriste 9mm	Identical		Do not merge
Piping/Insulation series	EF13	EF13	Solukumieriste 13mm	Identical		Do not merge
Piping/Insulation series	EF25	EF25	Solukumieriste 25mm	Identical		Do not merge
Sprinkler/Hazard Classes	CEA 4001	CEA 4001	Hazard classes according to C	Identical		Do not merge
Piping/Devices and components/Zone valve	LSV01_STAD_(Nordic)_STAF	LSV01	Presetting of flow, shut-off valv	Identical		Do not merge
Piping/Devices and components/Stop valve	SV01_TA 500	SV01	Ball valve, for shut-off, DN 10-5	Identical		Do not merge
Piping/Devices and components/Other valve	CV216 MZ & Slider 500 FV01	FV01	2 way control valve PN16	Does not exist		Create new
Piping/Devices and components/Fan coil unit	BOX - single - 2 pipe PKN03	PKN03	Cassette fan coil (FCU), water	Does not exist		Create new
Drainage/Pipe series	Cu Viemän	Cu	Cu viemänputki	Identical		Do not merge
Variable settings/Object ID formats	OIF-1			Identical		Do not merge
Provision for voids/Settings	PSE-1			Identical		Do not merge

8 OK - Merge Cancel

Kuva 45. Compare Datasets -välilehti. [9.]

Aukeaa Merge Report -välilehti, josta painetaan ”OK-Save” (9) (kuva 46). [9.]

Merge Report

Group	Id	Code	Description	Status	Differences	Operation	Result	Message
Variable settings/National classification	TATE-YLEISNIMISTÖ	TATE-YLEIS	TATE-YLEISNIMISTÖ (V	Identical		Do not merge	Skipped	
Piping/Pipe series	Kupariputki	Cu	Kupariputki EN 1057	Identical		Do not merge	Skipped	
Piping/Pipe series	Teräsputki	Fe	Teräsputki 0400/0404	Identical		Do not merge	Skipped	
Piping/Insulation series	21	21	Eristesarja 20-60mm (KV,	Identical		Do not merge	Skipped	
Piping/Insulation series	22	22	Eristesarja 30-80mm	Identical		Do not merge	Skipped	
Piping/Insulation series	23	23	Eristesarja 40-100mm (LP,	Identical		Do not merge	Skipped	
Piping/Insulation series	24	24	Eristesarja 50-120mm (KL)	Identical		Do not merge	Skipped	
Piping/Insulation series	25	25	Eristesarja 60-140mm (ulk	Identical		Do not merge	Skipped	
Piping/Insulation series	EF19	EF19	Solukumieriste 19mm	Identical		Do not merge	Skipped	
Piping/Insulation series	EF9	EF9	Solukumieriste 9mm	Identical		Do not merge	Skipped	
Piping/Insulation series	EF13	EF13	Solukumieriste 13mm	Identical		Do not merge	Skipped	
Piping/Insulation series	EF25	EF25	Solukumieriste 25mm	Identical		Do not merge	Skipped	
Sprinkler/Hazard Classes	CEA 4001	CEA 4001	Hazard classes according	Identical		Do not merge	Skipped	
Piping/Devices and components/Zone	LSV01_STAD_(Nordic)_	LSV01	Presetting of flow, shut-off	Identical		Do not merge	Skipped	
Piping/Devices and components/Stop	SV01_TA 500	SV01	Ball valve, for shut-off, DN	Identical		Do not merge	Skipped	
Piping/Devices and components/Other	CV216 MZ & Slider 500 F	FV01	2 way control valve PN16	Does not exist		Create new	Merged	
Piping/Devices and components/Fan	BOX - single - 2 pipe PKN	PKN03	Cassette fan coil (FCU), w	Does not exist		Create new	Merged	
Drainage/Pipe series	Cu Viemän	Cu	Cu viemänputki	Identical		Do not merge	Skipped	
Variable settings/Object ID formats	OIF-1			Identical		Do not merge	Skipped	
Provision for voids/Settings	PSE-1			Identical		Do not merge	Skipped	

Statistics

Skipped: 18

Overwritten: 0

Created new: 2

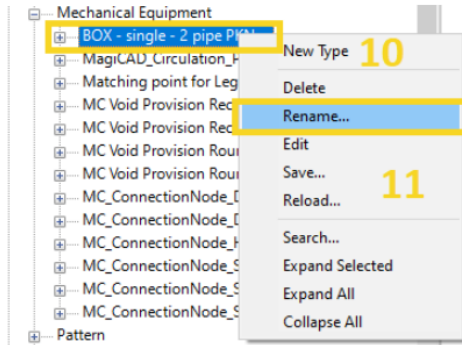
Mapped: 0

Failed: 0

9 OK - Save Cancel

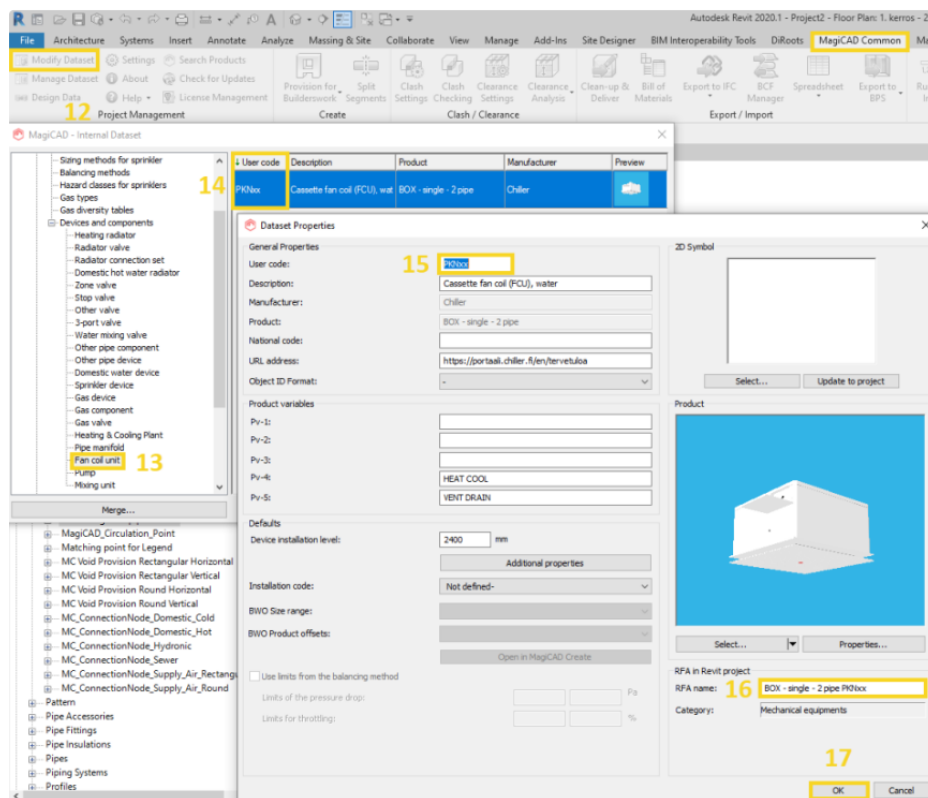
Kuva 46. Merge Report -välilehti. [9.]

Seuraavana muutetaan vielä tuotujen laitteiden familyn nimet Project Browserin family kohdasta painamalla hiiren oikealla (10). Valitaan "Rename..." (11) Muutetaan Nimestä vain loppuosasta PKNxx PKN01 (kuva 47). [9.]



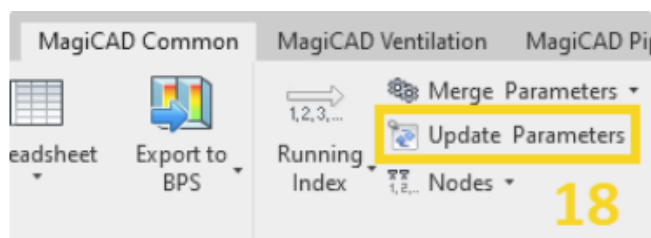
Kuva 47. Familyn uudelleen nimeäminen. [9.]

Painetaan jälleen MagiCAD Common välilehdeltä "Modify Dataset" (12). Etsi ryhmän laitekategoria, jolla on tunnuksellinen laite, joka tuotiin projektille (13). Avataan muokattavan laitteen tiedot tuplaklikkaamalla (14). Muokkaa laitteen User code projektille sopivaksi (15). Muokataan laitteen RFA name vastaamaan loppuosaltaan laitteen user codea (16). Painetaan "OK" (17) (kuva 48). [9.]



Kuva 48. "Dataset Properties" -välilehti [9.]

Kun ryhmijä on lisätty varsinaiseen malliin, on muistettava painaa ”Update Parameters”, jotta MagiCAD:in user code parametrit päivittyvät sellaiseksi, kuin se äsken on määritelty (18) (kuva 49). [9.]



Kuva 49. MagiCAD Common -välilehdeltä Update Parameters -työkalu. [9.]

7 Yhteenveto

Insinööriyön prosessi kehitettiin yhdessä Swecon Finland Oy LVI-kehitystiimin kanssa. LVI-esivalmistekirjasto nopeuttaa ja parantaa LVI-suunnittelijoiden suunnittelutyötä. Työssä haluttiin luoda suunnittelijoille asennuskokonaisuuksia, joihin on koottu kaikki oleellinen tieto sisälle valmiiksi, jotta välttyttäisiin niin sanotuilta inhimillisiltä virheiltä, joita tapahtuu monesti suunnitteluprojektissa toistuvissa asennuskokonaisuuksissa helposti.

Projektin tuloksena aikaan saatiin 34 erilaista LVI-esivalmistetta. Esivalmistekirjasto on tarkoitus laajentaa yrityksen LVI-kehitystiimin. Jatkossa esivalmisteiksi voidaan mahdollisesti mallintaa insinööriyössä esiteltyjä suurempia ja kattavampia LVI-kokonaisuuksia. Ohjelmistot rajoittavat jonkun verran prosessia, ja tämän takia MagiCAD:lle on esitetty kehitysehdotus tietojen siirtämisen helpottamiseksi Revit-projektista toiseen.

Aluksi työssä oli hankalaa Revit-ohjelmiston käyttö insinööriyön tekijän kokemuspohjan huomioon ottaen Revit-ohjelmistolla mallintamisessa. Insinööriyön tekijä sai kuitenkin hyvän opastuksen prosessiin sen alussa sekä neuvoja aina kysyessään apua.

Lähteet

- 1 Sweco on rakennetun ympäristön ja teollisuuden johtava asiantuntija. 2023. Verkkoaineisto. Sweco Finland Oy. <<https://www.sweco.fi/>>. Luettu 17.11.2023.
- 2 Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 1. Yleinen osuus. RT 10-11066. Rakennustieto.
- 3 Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 4 Talotekninen suunnittelu. RT 10-11210. Rakennustieto.
- 4 LVI-Tuoteosa. Verkkoaineisto. Koodistot-työkalu. <https://koodistot.suomi.fi/codescheme;registryCode=rytj;schemeCode=LVI-TUOTE-OSA_Versio_1_0>. Luettu 17.11.2023.
- 5 Shaheen M. 2022 What Is Revit Mep And Why Is It Important? Verkkoaineisto. edoksi. <<https://www.edoxi.com/studyhub-detail/what-is-revit-mep>>. 26.11.2022. Luettu 17.11.2023.
- 6 MagiCAD Group. MagiCAD for Revit Setup and Features Main Release 2022. Koulutus materiaali.
- 7 Groups of Elements. Verkkoaineisto. Autodesk Revit. <<https://help.autodesk.com/view/RVT/2024/ENU/?guid=GUID-52612B0F-43AA-47AF-A76C-BB0E3DD24E34>>. Luettu 15.12.2023.
- 8 Peltokorpi, Antti; Lavikka, Rita; Kokko, Laura & Seppänen, Olli. 2018. Talotekniikan esivalmistus: esteet, mahdollisuudet ja prosessi. Verkkoaineisto. Aalto-yliopisto. <https://www.aalto.fi/sites/g/files/flghsv161/files/2019-02/loppuraportti_visio2030_esivalmistus_19-09-2018.pdf>. 20.8.2018. Luettu 17.11.2023.
- 9 Esivalmisteet. 2023. Yrityksen sisäinen aineisto. Sweco Finland Oy.