

Alexi Pohto

# Revit-tilaobjektit taloteknisessä tietomallintamisessa

Opinnäytetyö

Insinööri AMK

Talotekniikka

2021



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Alexi Pohto
Työn nimi	Revit-tilaobjektit taloteknisessä tietomallintamisessa
Toimeksiantaja	Sweco Talotekniikka Oy
Vuosi	2021
Sivut	77
Työn ohjaaja(t)	Mika Kuusela

## TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tavoitteena oli perehtyä tietomallinnukseen taloteknisestä näkökulmasta ja syventyä Revit-suunnitteluohjelman osa-alueeseen. Tutkimuksen aihealue skaalautui tietomallinnuksesta ja rakennusälystä kohti keskeisintä ai-  
hetta eli tilaobjektien merkitystä. Näin ollen aihealue käsitti myös asioita, jotka vain osittain koskivat ydinaihetta.

Ongelmat, joihin oli tarkoitus kohdistaa huomiota, muodostuivat taloteknisen toiminnon käytöstä nimeltä tilaobjektit. Tilaobjekti on asia Revit-ohjelmassa, joka on vapaasti luotavissa ja hyödynnettävissä. Tilaobjektin luomisprosessiin ja hyödyntämiseen liittyi ongelmia, joihin tutkimuksessa etsittiin vastauksia. Tutkimuksen toimintaperiaate oli kvalitatiivinen. Tietoa etsittiin pääasiassa kirjallisista aiheista, kuten ohjeista, artikkeleista, kommenttipalstoilta, tutkimuksista sekä online-kirjallisuudesta. Tutkimuksessa suoritettiin tiedonhakua myös käytännön kautta Revit-ohjelmalla. Tutkimuksen tilaaja mahdollisti Revit-ohjelman käytön sekä kokeilun olemassa oleviin tietomalleihin.

Tulokset muodostuivat tilaobjektien teoriaosuudesta, tilaobjektien luomisprosessin eri vaihtoehdoista, tilaobjekteihin liittyvistä ongelmatilanteiden esityksistä ja niiden ratkaisemisista sekä suomenkielisistä ohjeista Revit-toimintojen suorittamiseen.

Tilaobjektit luodaan Revit-työkalulla nimeltä Space. Tilaobjektit ovat tarkoitus sijoittaa Room Bounding -alueille. Tilaobjektit mahdollistavat tiedon tallentamista valituille alueille virtuaalisessa maailmassa. Tilaobjektien avulla alueen tietoa voidaan esittää 2D-kuvissa. Tilaobjekteja voidaan myös käyttää energiamallien luomisessa.

Tilaobjekteille voidaan luoda Room Bounding -geometria kolmella eri tavalla. Ensimmäinen vaihtoehto on käyttää arkkitehdin luomaa geometriaa. Toinen vaihtoehto on luoda geometria Space Separator -toiminnolla. Kolmas vaihtoehto on luoda geometria erillisellä ohjelmalla ja tuoda se Revit-ohjelmaan erillisenä tietomallina. Arkkitehdin luomassa geometriassa esiintyy vaihtelevasti ongelmia, joten niiden yksityiskohtainen selvittäminen voi kuluttaa huomattavan paljon resursseja. Kolmannella vaihtoehdolla on mahdollista tuoda oletettavasti tarkempaa energiatietoa jälkeensä tilaobjekteille. Tilaobjektien osalta olisi hyvä suorittaa energiamallintamisen jatkotutkimus.

**Asiasanat:** Tietomallinnus, Revit Autodesk, tilaobjekti, virtuaalinen todellisuus

Degree	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Aleksi Pohto
Thesis title	Revit Space objects in HVAC building information modeling
Commissioned by	Sweco Talotekniikka Oy
Time	April 2021
Pages	77
Supervisor	Mika Kuusela

## ABSTRACT

The purpose of this research was to get acquainted with building information modeling from HVAC perspective and to delve into Revit-programs sub-section. The research topic scales from BIM and Building intelligence to the main subject, which was purpose of Space objects. Thus, the study also addressed things that were only partially relevant.

The issues that, needed to be addressed were formed of a HVAC function in the Revit-program, called Space object. Space object is a thing in Revit program, which can be made and used freely. There were issues with the process of creating and utilizing the Space objects, which the research sought answers to. The operating principle of the study was qualitative. Information was sought mainly on written topics such as instructions, articles, commentary columns, researches, and online literatures. In the study, information retrieval was also performed in practice with the Revit program. The client of the study made it possible to use the Revit program and experiment with existing data models.

The results consisted of the theoretical part of space objects, different options in the process of creating space objects, presentations of problem situations and their solutions related to space object and instructions paths in Finnish for performing Revit functions.

Space objects are created by Revit-tool called Space. Space objects are supposed to be placed inside Room Bounding areas. Space objects allow information to be stored in selected areas of the virtual world. Space objects make it possible to present information about a limited area in 2D forms. Space objects can also be used in creation of energy models.

Room Bounding geometry can be created in three different ways for Space objects. The first option is to use geometry created by the architect. The second option is to make geometry with the Space Separator function. The third option is to create a data model with a separate program and then import it into Revit as a separate data model. There is a high change at various issues in the first option. The third option has a chance to bring presumably more accurate energy information to Space objects afterwards. For space objects, it would be desirable to conduct further research in energy modeling.

**Keywords:** Building Information Modeling, Revit Autodesk, Space object, Virtual reality

## Sisällys

1	JOHDANTO .....	6
2	TIETOMALLINTAMINEN .....	7
2.1	Yleistä .....	7
2.2	Älylliset rakennukset .....	12
2.3	Talotekninen tietomallintaminen .....	15
3	REVIT-OHJELMA .....	15
3.1	Yleistä Revit-ohjelmasta .....	16
3.2	Revit MEP -tekniikka liittyen tilaobjekteihin .....	16
3.2.1	Revit-ominaisuudet .....	17
3.2.2	Linkitetty tietomalli .....	21
3.2.3	Huoneobjekti .....	22
3.2.4	Tilaobjekti .....	23
3.3	Huone- ja tilaobjektien käyttö taloteknisessä suunnitteluprosessissa .....	25
3.4	Huone- ja tilaobjektien luominen Revitillä .....	27
4	TULOKSET .....	50
4.1	Room Bounding -geometria arkkitehdin tietomallilla .....	50
4.2	Room Bounding -geometria Space Separator -toiminnolla .....	55
4.3	Room Bounding -geometria MagiCAD Room -toiminnolla .....	56
4.4	Ongelmatilanteet tilaobjektien yhteydessä sekä niiden ratkaisut .....	58
4.5	Revit-toimintojen ohjepolut .....	67
5	YHTEENVETO .....	71
5.1	Tietomallintaminen ja rakennusäly .....	71
5.2	Johtopäätökset tilaobjektien mallintamisesta .....	73
5.3	Kehitysmahdollisuudet tilaobjektien käyttöön .....	75
	LÄHTEET .....	77

## Lyhenteet ja termit

BIM	Building Information Modeling, tietomallintaminen
IoT	Internet of Things, esineiden internet
CAD	Computer-aided-designing
AEC	Architecture, Engineering and Construction
TATE	Talotekniikka
3D	3-dimension
MEP	Mechanical, electrical and plumbing
Template	Tiedostoalusta
IFC	Industry Foundation Classes
Section view	Leikkauskuva tai leikkausnäky
Floor plan view	Tasopiirustus tai tasonäky
Space object	Tilaobjekti
Room object	Huoneobjekti
Space/Room Separator Line	Huonerajauskomponentti
UI	User Interface, käyttöliittymä
System Browser	Käyttöliittymän valikko
AutoCAD	Autodesk CAD-ohjelma
MagiCAD	Lisäohjelma AutoCADille tai Revitille

## 1 JOHDANTO

Tutkimuksen tilaajana on Sweco Talotekniikka Oy, joka kuuluu Sweco AB konserniin. Sweco AB on yksi merkittävimpiä AEC-teollisuuden yrityksiä Euroopassa, joka tuottaa tulevaisuuteen suuntautuvaa rakennus- energia- ja ympäristöalan toimintaa. Sweco AB:llä on tytäryhtiöitä ja toimipaikkoja useissa eri maissa.

Yleisellä tasolla yksi ajankohtaisista kehityksen kohteista rakennussuunnittelussa on tietomallintaminen. Tietomallintaminen tapahtuu käytännössä tietokoneella ja eri ohjelmien avulla. Tällä hetkellä yksi kehittyneimpiä tietomallinnuksen ohjelmia markkinoilla on Autodeskin Revit-ohjelma. Ennen Revit-ohjelmaa tietomallinnusta on tehty pääasiassa tietokoneavusteisilla piirustustyökaluohjelmilla, joihin on tietomallintamisen osuutta tuotu muilla lisäohjelmilla. Edistyneen mutta myös kehityksen alla olevan Revit-ohjelman ansiosta, rakennussuunnittelu on saanut uusia mahdollisuuksia. Kaikilla monipuolisilla kokonaisuuksilla on kuitenkin osittainen varjopuoli, koska monipuoliset asiat saattavat olla alkuunsa haastavia. Tästä syystä niiden käyttäminen vaatii kattavaa ymmärrystä ohjelman tekniikasta, jotta sen käyttämisestä saadaan mahdollisimman määrätietoista. Ilman määrätietoisuutta toiminnasta tulee raskasta ja resursseja kuluttavaa, mikä tarkoittaa heikkoja tuloksia. Prosessin yksinkertaistamisella eli selkeiden ohjeiden avulla saadaan kitkettä paljon muuttuvia tekijöitä ja optimoitua tekniikan käyttämistä. Tähän konseptiin liittyen on tutkimuksen perusidea löytynyt.

Idea perustuu taloteknisen tietomallinnuksen osa-alueeseen nimeltä tilaobjektit. Tilaobjektien yhteydessä on ollut asioita, jotka herättävät paljon kysymyksiä. Tutkimuksen tarkoituksena on vastata mahdollisimman moneen kysymykseen sekä tuoda ymmärrystä tilaobjekteista. Jälkeenpäin jokaisella on parempi mahdollisuus vastata itse olemassa oleviin tai vastaan tuleviin kysymyksiin tilaobjekteihin liittyen. Asiat ja niihin liittyvät yksinkertaiset ohjeet sekä vastaukset vanhentuvat suhteellisen nopeasti, joten myöhemmässä vaiheessa ne eivät ole enää välttämättä päteviä. Tästä syystä tutkimuksessa käydään läpi tietomallintamista, rakennusälyn merkitystä, Revit-ohjelmaa sekä yksityiskohtaista tietoa tilaobjekteista.

Teoreettisella ja käytännönläheisellä tutkimustavalla pyritään luomaan mahdollisimman helposti hahmoteltava kokonaisuus. Tutkimus toteutetaan pääasiassa laadullisilla eli kvalitatiivisilla menetelmillä, koska tuloksiin pääseminen ei vaadi erikseen laskemista tai määrällistä tietoa. Käytännönläheistä tiedonhankkimista Revit-ohjelmalla mahdollistaa tilaaja. Tilaajalta tulee esimerkki tietomalli(t), jossa voidaan suorittaa käytännönläheistä kokeilua. Tutkimuksen rakenne alkaa kokonaiskuvan esittämisestä eli ensimmäisenä käydään läpi tietomallintamista ja sen merkitystä. Seuraavaksi siirrytään tietomallintamisen tuottamiseen Revit-ohjelmalla painottaen taloteknisiä toimintoja ja lopulta käydään läpi taloteknistä ominaisuutta eli tilaobjektia.

Tutkimuksen tulokset tulevat koostumaan tilaobjektien käytännönteoriaosuudesta, tilaobjektien luomisprosessin eri vaihtoehdoista, tilaobjekteihin liittyvistä ongelmatilanteista ja niiden ratkaisuksista sekä kehitysmahdollisuuksista liittyen tilaobjektien käyttöön. Tärkeimmät lähteet liittyen tilaobjekteihin tulevat olemaan Autodesk Revit-ohjeistukset, keskustelupalstat ja käytännönläheinen kokeilu. Muuta tietoa haetaan kansainvälisistä lähteistä, kuten online-kirjallisuudesta, artikkeleista ja tutkimuksista.

## **2 TIETOMALLINTAMINEN**

Tutkimuksen perusidea sisältyy täysin tietomallintamiseen, joten sen merkitys on hyvä tiedostaa. Tietomallintaminen on virtuaalisen todellisuuden/maailman luomista. Tietomallintaminen on prosessi, jota suoritetaan. Käytännössä tietomallintamista suoritetaan tietokoneella ja tietomallintamiseen tarkoitetulla ohjelmalla.

### **2.1 Yleistä**

Tietomallinnus, yleiskielessä ”Building Information Modeling (BIM)”, on 3D-mallipohjainen prosessi, joka käsittää rakennustietojen luomisen ja hallinnoinnin. Tietomallintamisella saadaan luotua rakennukselle digitaalinen tietokanta, joka sisältää kaiken teknisen tiedon liittyen rakennukseen. Rakennuksen digitaalinen tietokanta luodaan yhteistyöllä eri suunnittelijoiden kesken, huomioiden rakennushankkeen jokainen vaihe. Tietomallinnus mahdollistaa rakennussuunnittelussa optimaalisimman lopputuloksen, rakennuksen käyttöiän ja toiminnan osalta. [1.]

Tietomallinnus prosessissa arkkitehti luo 3D-mallin rakennuksesta, jonka avulla muut suunnittelijat luovat omat suunnitelmansa. Tietomalliin sidotaan tietoa, tietomalliobjekteina. Näille objekteille annetaan ominaisuustiedot, geometriatiedot, visuaaliset tiedot ja toiminnalliset tiedot. Tietomalliobjektit ovat siis tavallaan tietomallin osia/paloja, joiden avulla muodostuu yksi kokonaisuus, eli tietomalli. Tietomalliobjektien käyttömahdollisuudet riippuvat pääasiassa tietomallinnusohjelmasta. [1.]

3D-maailman ansiosta luotuja suunnitelmia voidaan tarkastella yhteisesti eri suunnittelijoiden kesken ja muokata niiden perusteella yhteensopiva kokonaisuus. Tietomalliin sisältyy paljon erilaista tietoa, jota voidaan hyödyntää suunnitteluohjelman ulkopuolella. Tietoja, joita yleisesti viedään projektin ulkopuolelle, ovat parametriset suhteet, mallielementtien väliset riippuvuudet, laskennalliset tiedot, tilasuunnittelut, energia-analyysit, sisä- ja ulkopuolisten valaistuksien tieto, rakennusmateriaalien kustannus- ja määrälaskelmat, virtuaalisten konfliktien tiedot sekä laajennettu todellisuus. [1.]

Tietomallinnus ei ole pelkästään rakennuksen geometrinen ominaisuuksien tarkastelua varten. Sillä luodaan rakennukselle yhteinen tietolähde, johon kaikki suunnittelijat voivat tallentaa ideoita ja suorittaa sen avulla nopeasti monimutkaisia laskelmia. Tietomalli tarkoittaa yhden suunnittelusektorin suunnittelukokonaisuutta ja yhdistelmämalli on useiden tämän kaltaisten kokonaisuuksien summa. Esimerkiksi MEP-tietomalli voidaan yhdistää arkkitehtitietomalliin linkittämällä, jolloin siitä muodostuu yhdistelmämalli. Tämän kaltainen toiminta, luo mahdollisuuden tehokkaalle ja tulevaisuuteen suuntautuvalla suunnittelutyölle. Käytännön tasolla, tietomallinnuksella luodaan virtuaalinen todellisuus, joka antaa moniulotteisen kuvan luotavasta rakennuksesta. [1.]

Vuonna 2050 Yhdistyneet kansakunnat odottavat maailman väkilukumäärän olevan noin 9,7 miljardia. Tämä tarkoittaa sitä, että maailmanlaajuisesti AEC-teollisuuden on kehitettävä älykkäämpiä ja tehokkaampia suunnitteluratkaisuja. Maailmanlaajuiseen kysyntään voidaan vastata kehittyvällä tietomallintamisella, jonka seurauksena tietomallintamisen toimeksiannot lisääntyvät ympäri maailmaa. [2.]



### **Tietomallinnuksen käyttömahdollisuudet**

Ennen tietomallinnusta (BIM) suunnitteluprosessin eri tahot joutuivat arvioimaan rakennusmateriaalien määrät ja laskemaan kustannusarviot projekteille. Yleensä jokaisen arkkitehdin muutoksen jälkeen kaikki laskelmat oli tehtävä uudestaan. Rakennussuunnittelun kokonaisuudessa tämä heikensi suunnitteluprosessin tehokkuutta huomattavasti. Tietomallinnuksella saadaan luotua yksi yhteinen tietolähde kaikille projektiin osallistujille, josta kaikki saavat ajantasaista tietoa. Jokainen muutos voidaan huomata hyvin nopeasti ja laskelmat saadaan tehtyä uudestaan muutamalla klikkauksella riippuen tietomalliohjelmasta sekä käyttäjän luomasta ohjelmaprofiilista. Tietomallinnuksen merkittävimpiä hyötyjä ovat seuraavat asiat:

#### **Projektin nopea valmistuminen**

Suunnitteluprosessin eri vaiheet voidaan toteuttaa huomattavan nopeasti, mikä tarkoittaa rakentamisen aikaisempaa aloitusta. Varsinaisen rakentamisen aikana voidaan edelleen suunnitella ja tehdä tarvittavia muutoksia ongelmille, jotka esiintyvät rakennuksen toteutusprosessissa. [3.]

#### **Projektin parempi sisäinen viestintä**

Suunnitteluprojektin yhteinen tieto on jaettu ja tallennettu samaan sijaintiin kaikkien osapuolien saataville. Kaikki osapuolet voivat siis nähdä viimeisimmät päivitykset eri osapuolien toimesta. Projektiin on myös mahdollista lisätä uusia yhteistyökumppaneita suunnitteluprosessin aikana, vaikka heitä ei olisi mahdollista nähdä fyysisesti. Uudet ideat on helppo tuoda kaikkien nähtäville samaan paikkaan. [3.]

#### **Projektin yksityiskohtaisempi tarkastelu**

Rakennusprojektista saadaan luotua 3D-malli, josta voidaan tarkastella rakennuksen leveys-, korkeus- ja syvyysarvoja. Tietomalli ei rajoitu pelkästään kolmeen ulottuvuuteen. Mukaan voidaan ottaa uusia tarkastelu-ulottuvuuksia, joiden avulla nähdään rakentamisen aikataulu, kustannukset rakennuksen eri vaiheista, rakennuksen ympäristövaikutusanalyysit ja elinkaaripalveluiden hallintanäkymä. [3.]

Ympäristövaikutusanalyysin avulla voidaan löytää rakennukselle energiatehokkaimmat materiaalit ja valittua parhaimmat regeneratiiviset suunnitteluominaisuudet. Elinkaaripalveluiden hallintanäkymä kertoo rakennuksen käyttöajan kustannuksista. Suunnittelupäätöksissä on hyvä käyttää elinkaaripalveluiden hallintanäkymää, jotta rakennukselle saadaan suurimmat kustannussäästöt sekä selkeä ylläpitojärjestelmä tulevaisuuden varalle. [3.]

### **Virtual Reality (VR)**

Virtuaalinen todellisuus on tietokoneella luotu keinotekoinen ympäristö. Tietomallintaminen on virtuaalisen todellisuuden luomista, joten tietomallin kaltaista kokonaisuutta voidaan simuloida. Simulointi tarkoittaa todellisen asian jäljitteilyä virtuaalisessa maailmassa. Tietomallintamisen yhteydessä se on periaatteessa hieman harhaanjohtava käsite, koska uuden rakennuksen tietomalli ei varsinaisesti jäljittele mitään olemassa olevaa rakennusta. Tietomalli voidaan tietysti tehdä myös olemassa olevalle rakennukselle, joten silloin se saadaan simuloitua. Simulointien perusteella voidaan helpommin huomata puutteet tai syyt esiintyneisiin ongelmiin, jolloin rakennuksen korjaushankkeista saadaan täsmällisempiä.

Simuloimalla rakennuksen tietomallia päästään tarkastelemaan rakennuksen elementtien geometriaa ja parametristä dataa. Nykypäivänä VR-tekniikan käyttö on yleistymässä rakennusosalalla. Kehittyneen tekniikan ansiosta rakennusta voidaan tarkastella yksi suhde yhteen perspektiivinä, ennen kuin rakennusta on aloitettu edes rakentamaan. Etukäteen tarkastelemalla rakennuksen eri ulottuvuuksia takaa paremman ja varmemman työnkulun varsinaiselle rakentamiselle. BIM-mallin VR-kiertueella voidaan tarkastella ulottuvuuksia, kuten huolto- ja kunnossapitoa, rakennettavuuskatsausta ja rakennuksen tarkastelua visuaalisesti. Virtuaalisessa maailmassa voidaan toimia kahdella eri tavalla Walkthrough ja Consulting Data.

- Walkthrough tarkoittaa tietomallin tarkastelua reaaliajassa ja multiperspektiivinä rakennuksen sisä- tai ulkopuolelta
- Consulting Data tarkoittaa tietomallin parametriseen tiedon tarkastelua ja käsittelyä virtuaalisessa todellisuudessa

Virtuaalista maailmaa voidaan tarkastella kahdella eri tekniikalla. Ensimmäinen on 2D:nä, mikä tarkoittaa maailman tarkastelua 2D- kuvan kautta.

Toinen tapa on 3D:nä, eli kuvan eri ominaisuuksille tulee syvyysvektori mukaan.



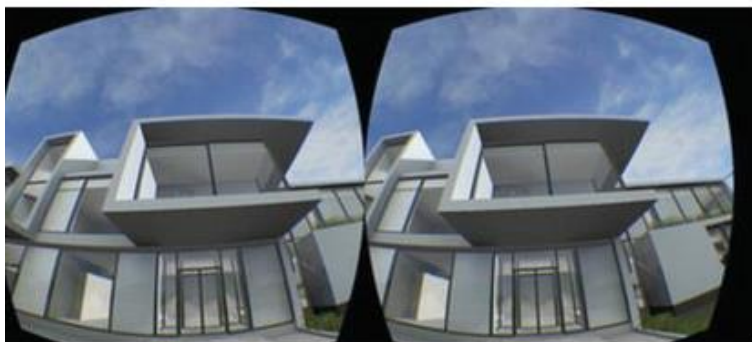
Kuva 1. Enscape Revit Plugin [4]



Kuva 2. Autodesk stingray -ohjelma [4]

Kuvissa 1 ja 2 on esitetty Walkthrough -toimintoa Enscape Revit plugin- ja Autodesk stingray -ohjelmalla. Rakennuksen tarkastelu reaaliajassa ja multiperspektiivinä antaa selkeämmän kuvan luodusta kokonaisuudesta. Autodesk stingray -ohjelmalla voidaan tarkastella objektien parametrejä klikkaamalla niitä 3D-maailmassa.

3D-tarkastelua voidaan kokea hyvin läheisesti virtuaalisessa maailmassa käyttämällä Head-mounted display -välineistöä (HDM). Esimerkit HDM-välineistä ovat Gear VR ja Oculus Rift. Tällä hetkellä markkinoilla on yli 50 eri VR-ohjelmaa ja laitteistovälinettä. Seuraavilla VR-ohjelmilla on mahdollisuus BIM-tiedon käsittelyyn: Autodesk 360, Viewer Revit Plugin, Enscape Revit Plugin, Augment, Stingray, Covise, web3D, EON Icube. [4.]



Kuva 3. Virtuaalisen 3D-maailman tarkastelua Oculus Rift HDM -välineistöllä [4]

Kuvassa 3 on esitetty perspektiiviä Head-mounted display -välineestä. Käytännössä kasvoille laitetaan lasit, jotka antavat todellisen tunteisen kuvan virtuaalimaailmasta.

## 2.2 Älylliset rakennukset

Tulevaisuudessa tekoälyn osuus oletetaan lisääntyvän rakennuksissa huomattavasti. Yleinen näkemys rakennuksista on ollut se, että ne ovat pelkästään tiilistä kasattuja ja staattisia rakennelmina. Nykypäivänä rakennukset kuitenkin sisältävät monimutkaisen teknisen puolen ohjelmistoalustoineen. Esimerkiksi liikerakennuksissa ohjataan koodattujen ohjelmien avulla hissejä, valaistuksia ja taloteknisiä järjestelmiä. [5.] Yleisesti rakennusälyn ajantasaisuus ja merkitys rakennustekniikassa on hyvä huomioida, jotta suunnittelussa (tietomallintamisessa) saadaan luotua pohja älykkäälle ympäristölle.

IoT-laitteiden käyttö on lisääntynyt vuosien aikana kaikenlaisissa rakennuksissa. Tämän seurauksesta on tullut paremmat mahdollisuudet rakennuksien sisäisen tiedon keräämiselle ja sen hyödyntämiselle. IoT-laitteita ovat kaikki laitteet, jotka ovat kytketty internetiin (Internet of Things) ja niiden tekniikasta löytyy ohjelmoitua älyä. Esimerkiksi rakennuksen sääolosuhdetiedot voidaan tuoda internetin välityksellä lämmitysjärjestelmän logiikalle, lämmitysjärjestelmän ohjausta varten. [5.]

Optimaalisuutta voidaan lisätä rakennukseen, kun rakennuksen kaikki laitteet voivat jakaa ja soveltaa samaa tietoa keskenään. Tällä hetkellä IoT-laitteiden käyttö on osittain rajoittunutta, koska kaikki laitteet eivät kommunikoi keskenään ja niiden älyohjelmia ei ole sovellettu yhden ohjelmointialustan alaisuus-

teen. Markkinoille on kuitenkin hiljattain kehitetty useita eri IoT-integraatioalustoja, joissa saattaa olla potentiaalia järjestelmälustojen yhdistämiselle. IoT-integraatioalusta on ohjelmisto, joka vastaanottaa tietoa muista ohjelmista ja alustoista sekä muuntaa vastaanotetun tiedon yhdeksi tietomassaksi. Yhteinäistä tietomassaa voidaan tehokkaammin käsitellä ja tehdä sen perusteella tarvittavia toimenpiteitä esimerkiksi taloteknisille järjestelmille. IoT-integraatioalustojen valinnassa on kannattavaa huomioida soveltuvuuden lisäksi, niiden käyttöturvallisuus häiriötilanteiden sattuessa. [6, s. 5–8.]

### **Ennustava energiakäytön optimointi**

Tällä hetkellä energiankulutusta optimoidaan hyvin vahvasti raporttien ja analyysien perusteella. Näiden pohjalta suoritetaan tarvittavat muutokset, joiden toivotaan osuvan kohdalleen energiankulutuksen vähentämisessä. Tekoäly ja ennakoiva analytiikka antavat optimoinnille huomattavasti tehokkaamman suunnan. Esimerkkinä tästä voidaan käyttää lämmitys- ja jäähdytyksen optimointia. Huonelämpötilan hallitseminen on kuin hallitsisi liikkeen nopeutta polkupyörällä ajaessa. Nopeuteen vaikuttavat useat eri muuttujat, joiden yhteisvaikutuksesta pyörä pysyy liikkeessä. Polkeminen antaa pyörälle voiman valittuun suuntaan, ja kitka, painovoima sekä useat muut voimat vaikuttavat pyörän liikkeeseen vastavoimana. Pyörän nopeus muodostuu näiden eri voimien yhteisvaikutuksesta. Valittu nopeus saavutetaan, kun voimat ovat sopivasti suhteutettuna keskenään. Talotekniikan osalta huonelämpötilan hallinta voi siten olla rinnastettavissa polkupyörän nopeuden hallintaan. Rakennuksen sisä- ja ulkopuolelta vaikuttavat monet eri tekijät rakennuksen huonelämpötilaan myötä- ja vastavoimana. [5.] Näiden eri tekijöiden perusteella säädetään rakennuksen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmää, jotta huonelämpötila pysyy vaaditussa arvossa.

Tämä kokonaisuus lämpötilan osalta voidaan optimoida ennustavaksi tekoälyn avulla siten, että talotekninen järjestelmä osaa huomioida historialliset kuormitukset huonetilan sisä- ja ulkopuolelta. Ennustavuutta voidaan soveltaa myös energian käyttöhinnan yhteydessä. Esimerkiksi lämmitysvaraajat täyttyvät lämpöenergialla silloin, kun energian hinta on matalimmillaan suhteessa vuorokauden aikaan. [5.]

### **Ennaltaehkäisevä huolto ja vian havaitseminen**

Tekoälyyn ja koneoppimiseen voidaan luottaa päivittäisen käytön optimoinnin lisäksi vikojen havaitsemisessa. Tekoälyn avulla voidaan laskea suhteet tulo- ja lähtömuuttujista päivittäisten järjestelmätietojen perusteella. Näitä suhdetietoja voidaan analysoida ja tarkastella, jotta mahdollisista poikkeavuuksista saadaan tieto. Havaintojen perusteella tekoälyä voidaan käyttää ongelman diagnoosin. Ihanteellisessa maailmassa tekoälyn algoritmit tunnistavat poikkeamat automaattisesti ja antavat välittömän tiedon ongelman sijainnista sekä korjaustavasta. Tällä hetkellä se ei ole täysin mahdollista, koska rakennukset eivät ole täysin automatisoituja. [5.] Tulevaisuudessa tämä voi vielä muuttua, jos esimerkiksi rakennuksen tietomalli saadaan sovellettua rakennuksen ohjelmoituun logiikkaan. Silloin automatiikka saa kokonaisvaltaisen tiedon rakennuksen ulottuvuuksista ja variaatioista riippuen tietomallin sisällöstä.

### **Käyttömukavuuden parantaminen**

Rakennuksen ylläpito tekoälyn avulla luo selkeästi paremmat olosuhteet käyttäjille. Käyttömukavuuden parantaminen on ollut yksi tärkeimmistä aiheista kehityksen kannalta jo pidemmän aikaa. Yksi viimeaikaisista uudistuksista on rakennusten käyttäjäpalautteen hyödyntäminen tekoälyn yhteydessä. Siksi on tärkeää kerätä ihmisiltä mielipidetietoa rakennuksesta erilaisten sovellusten ja kyselyiden avulla. Tätä tietoa voidaan siis hyödyntää yhtenä muuttujatietona, taloteknisten järjestelmien optimoinnissa. Tärkeintä on saada luotua mahdollisimman luetettava viestinkulku tekoälyn ja ihmisten välille ilman käyttäjämukavuuden heikentämistä. [5.]

Nykypäivänä kaiken mahdollisen analytiikan hyödyntäminen on erittäin arvokasta, koska se lisää toimintojen optimaalisuutta. Keräämällä tietoa ja kehittämällä sen käyttötarkoitusta voidaan löytää toiminnoille uusia toteutustapoja. Toisin sanottuna, toiminnon kehityksessä tapahtuu osittain End to End -periaate. Toiminnon toteutuksen osavaiheita karsitaan/kehitetään analytiikan perusteella, jotta sen koko toiminnosta saadaan mahdollisimman tehokas ja tarkka. [7;8.]

### 2.3 Talotekninen tietomallintaminen

LVI-järjestelmät kattavat rakennusten energiankulutuksesta noin 30 - 40 %. Tästä syystä insinöörit ovat ottaneet tietomallintamisen suunnitteluun mukaan, energiatehokkuuden takaamiseksi. Taloteknisten järjestelmien logiikka pohjautuu vahvasti sisä- ja ulkopuolelta tulevaan tietoon, jota kerätään pääasiassa antureiden välityksellä. Anturit ovat teknisiä laitteita, jotka keräävät tietoa ympäristöstä ja lähettävät tiedon eteenpäin analogisesti tai digitaalisesti. [9.]

Taloteknisessä suunnittelussa on suositeltavaa käyttää tietomallinnusta hyvin varhaisessa vaiheessa, jotta lopullisesta taloteknisestä järjestelmästä saadaan mahdollisimman hyvä. Taloteknisen tietomallintamisen tarkoituksena on saada luotua rakennukselle toimiva järjestelmäkokonaisuus, joka palvelee rakennuksen käyttötarkoitusta kaikissa olosuhteissa. Tätä mallinnettua järjestelmäkokonaisuutta voidaan hyödyntää asiaan erikoistuneilla ohjelmistoilla, jotka mahdollistavat tarkastelun sekä kuormitus- ja suorituskykylaskennan 3D-maailmassa. Tietomallipohjainen laskenta vähentää huomattavasti virhe-esiintyvyyden todennäköisyyttä todellisen rakennuksen kanssa, kun kaikki laskenta-parametrit on erikseen käyty läpi jo tietomallinnusprosessissa. [9.]

Tarvittavia muutoksia voidaan suorittaa nopeasti suunnitteluprosessin aikana käyttämällä tietokantaan luotuja taloteknisiä tietomalliobjekteja, sääntöjä/raja-arvoja sekä profiileita. Esimerkiksi ääniteknisesti väärin valitut ilmanvaihtolaitteet voidaan huomata desibelilaskennalla ja ne voidaan vaihtaa nopeasti, jos projektin tietoalustalle on ladattu valmiiksi eri mallisia ilmanvaihtolaitteita (tietomalliobjekteja). Lisäksi 3D-maailmassa esiintyviä virheitä voidaan tunnistaa taloteknisen suunnittelun aikana käyttämällä tietomalliin luotuja geometriasääntöjä. [9.]

## 3 REVIT-OHJELMA

Revit-suunnitteluohjelman ohjelmointi aloitettiin C++ -kielellä vuonna 1997, ja ohjelma tuotiin markkinoille vuonna 2000. Revit-ohjelman omisti tuolloin yhtiö nimeltä Massachusetts-based Revit Technology. Vuonna 2002 edellä mainittu yritys ostettiin Autodeskin toimesta, minkä myötä Revit-ohjelma sai paremmat mahdollisuudet kehittyä. [10.]

### 3.1 Yleistä Revit-ohjelmasta

Revit-suunnitteluohjelma on BIM-pohjainen ohjelma, jota käytetään laajalti arkkitehtien, insinöörien, urakoitsijoiden ja suunnittelijoiden toimesta. Se on ohjelma, jolla suunnitellaan ja dokumentoidaan rakennustietoa hyvin monipuolisesti. Tietoa saadaan jaettua ja päivitettyä useiden tietomallien välillä. Tiedot päivittyvät yhdellä kertaa tietomallin kaikissa tarkastelukategorioissa kuten mallinäkymissä, piirustusarkeissa, taulukoissa ja näkymäosioissa. Kaikki suunnitelmat voidaan toteuttaa yhden tiedoston alaisuuteen esimerkiksi koko LVI-tekniikka (lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmä, vesi- ja viemärijärjestelmä, ilmanvaihtojärjestelmä). Ohjelmalla saadaan luotua virtuaalinen rakennus ja tarkasteltua rakennuksen ominaisuuksia, kuten geometrisia suhteita, käyttökustannuksia ja kuormituksia. Näiden asioiden tarkastelu antaa mahdollisuuden esimerkiksi puutteiden ja ristiriitatilanteiden havaitsemiselle, ennen kuin ne ovat oikeasti tapahtunut. Ennakoimalla saavutetaan suuria säästöjä rakennusprojektille ja rakennuksen käyttöajan kustannuksille. [11;12.]

BIM- ja CAD-ohjelmien ero on syytä erottaa. CAD-ohjelmat ovat tietokoneavusteisia suunnitteluohjelmia, jotka ovat käytännössä edistyksellisiä piirustus työkaluja. CAD-ohjelmilla voidaan piirtää suunnitelmia kaksi- ja kolmiulotteisesti. BIM-ohjelmat käsittävät samat asiat kuin CAD-ohjelmat, ja samojen asioiden lisäksi niihin kuuluu rakennuksen moniulotteinen tarkastelu, jota voidaan hyödyntää ja käyttää projektin eri vaiheissa. [13.]

BIM- ja CAD-ohjelmissa on mahdollista käyttää lisätyökaluja, kuten MagiCAD-ohjelmistoa. MagiCADilla voidaan suorittaa LVIS-suunnittelua- ja laskemista Revitissä sekä AutoCADissä. Lisätyökalut eivät ole välttämättömiä, mutta niillä on mahdollista saada tehokkaampaa ja edistyksellisempää tulosta aikaiseksi.

### 3.2 Revit MEP -tekniikka liittyen tilaobjekteihin

Taloteknisen suunnittelun osalta on tärkeää ymmärtää Revit MEP-tekniikkaa, jos suunnitteluohjelmalla halutaan saada mahdollisimman hyvät tulokset. Tietomallinnukseen sisältyy paljon muuttuvan tiedon käsittelyä, mikä saattaa muuttua myös tietomallinnuksen aikana. Tämän kaltaisissa tapauksissa vastaan voi tulla virhetilanteita, jotka vaikuttavat negatiivisesti koko projektiin.

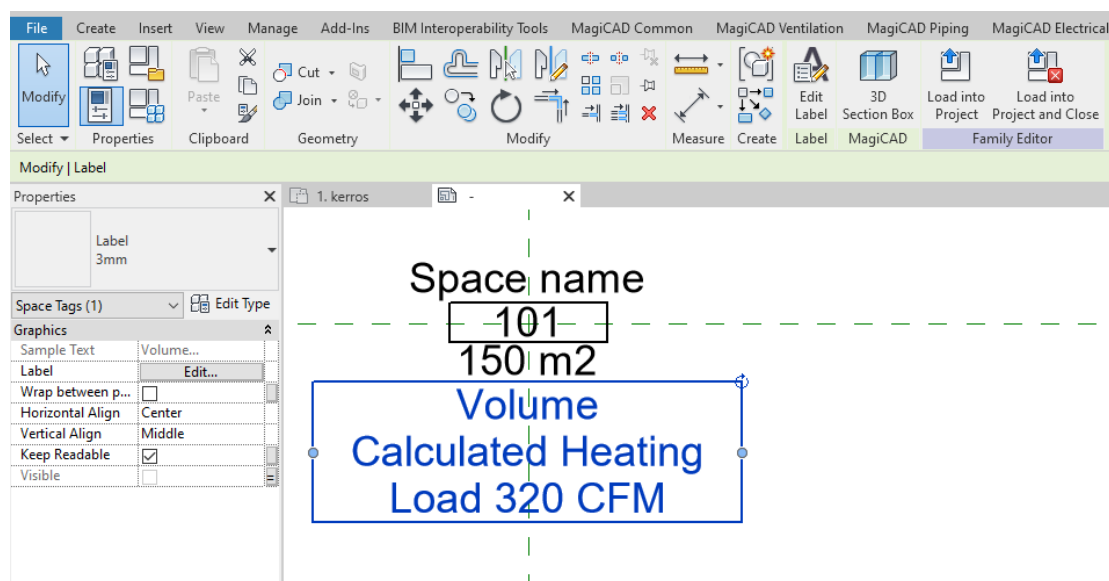


Laajemmalla ymmärryksellä voidaan tunnistaa syntyviä virheitä ja löytää niille ratkaisut hyvissä ajoin.

### 3.2.1 Revit-ominaisuudet

#### Family

Kun Revit-suunnitteluohjelmassa puhutaan Familystä, se tarkoittaa ryhmiä ja ryhmän alla olevia osaryhmiä. Näissä ryhmissä on tietomallielementtejä samankaltaisilla parametritiedoilla ja graafisella ulkomuodolla. Yhden Familyn sisällä voi olla useita samanlaisia objekteja nimeltään ja tarkoitusperältään. Objektit kuitenkin eroavat muilta parametritiedoiltaan, joten niitä kutsutaan Family-tyypeiksi (types). Esimerkiksi Family-ryhmä voi olla Sisustuskalusteet ja sen ryhmän alapuolella on Family-tyyppinä tai osaryhminä pöydät, tuolit ja kaapit. Revitissä on kolme erilaista Familyä, joita ovat Loadable Families, System Families ja In-Place Families. Loadable Families on luotu ulkopuolisessa RFA-tiedostossa ja ladattu myöhemmin templateen. RFA-tiedostotyyppi on BIM-tiedostotyyppi. System Familyt ovat määritelty valmiiksi käytettävään tietotalustaan (templateen), joita ovat esimerkiksi tasot, ruudukot, arkit ja näkyvät. System Familyitä ei voida poistaa tai muokata mutta niitä voidaan monistaa (duplicate) ja sen jälkeen muokata monistettuja Familyitä halutulla tavalla. In-Place Families ovat ainutlaatuisia elementtejä, jotka voidaan luoda Family Editor -työkalulla. Family-asetuksien muuttaminen vaikuttaa kaikkiin sen alla oleviin Family-tyyppisiin. [14.]

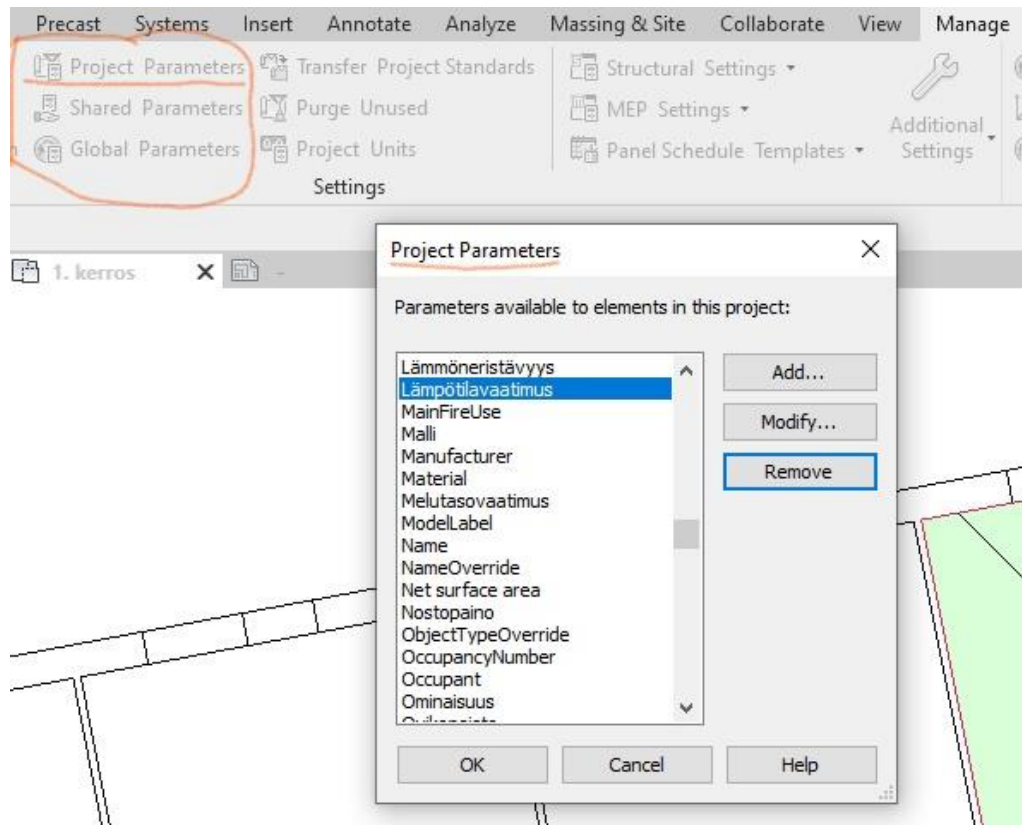


Kuva 5. Space-tagin muokkaus Family Editorissa

Kuvassa 5 on esitetty olemassa olevan Space-tagin muokkaus Family Editor -työkalulla. Family Editor on Revit-ohjelman työkalu, jolla voidaan muokata olemassa olevia tietomalliobjekteja.

### **Parametrit**

Parametrit ovat niin sanotusti argumentteja, joista koko tietomallintaminen pääasiassa koostuu. Revit-suunnitteluohjelmassa on parametreille annettu neljä eri kategorialaajaa/ryhmää Project-parametrit, Family-parametrit, Shared-parametrit ja Global-parametrit. Project-parametrit ovat projektitiedostokohtaisia, eikä niitä voida jakaa muille projekteille. Projektikohtaiset parametrit asetetaan luotuihin kategorioihin, kuten taulukoihin, näkymiin tai projektin sisäisiin elementteihin. Projektikohtaisia parametrejä käytetään suunnittelun ajoituksissa, asioiden lajitteluissa ja asioiden suodatuksissa. Family-parametrejä käytetään ryhmäkohtaisina parametreinä, kuten mittoina ja materiaaleina. Family-parametrien avulla voidaan kategorioida esimerkiksi ovet niiden leveys- ja korkeusarvon mukaan. Shared-parametrit ovat parametrejä, jotka tuodaan toisesta tiedostosta työstettävään tiedostoon. Shared-parametrejä ei voida muuttaa, koska ne ovat suojattuja muuttamiselta. Suojauksen syystä niitä voidaan merkitä ja ajoittaa omassa työstettävässä projektissa. Global-parametrit ovat niitä parametrejä, joita voidaan lisätä suunnittelun aikana. Global-parametrejä ei käytetä yhteisesti kategorioissa, vaan niitä käytetään asia/objektikohtaisesti. Niiden käyttäminen helpottaa suunnittelua, tuloksien laskentaa ja tuloksien raportointia. Yksi Global-parametri esimerkki on Offset-arvo. Sillä voidaan säätää tilaobjektin korkeus siten, että se pysyy vakiona, vaikka huoneen nollata-son korkeus muuttuisi. [15.]

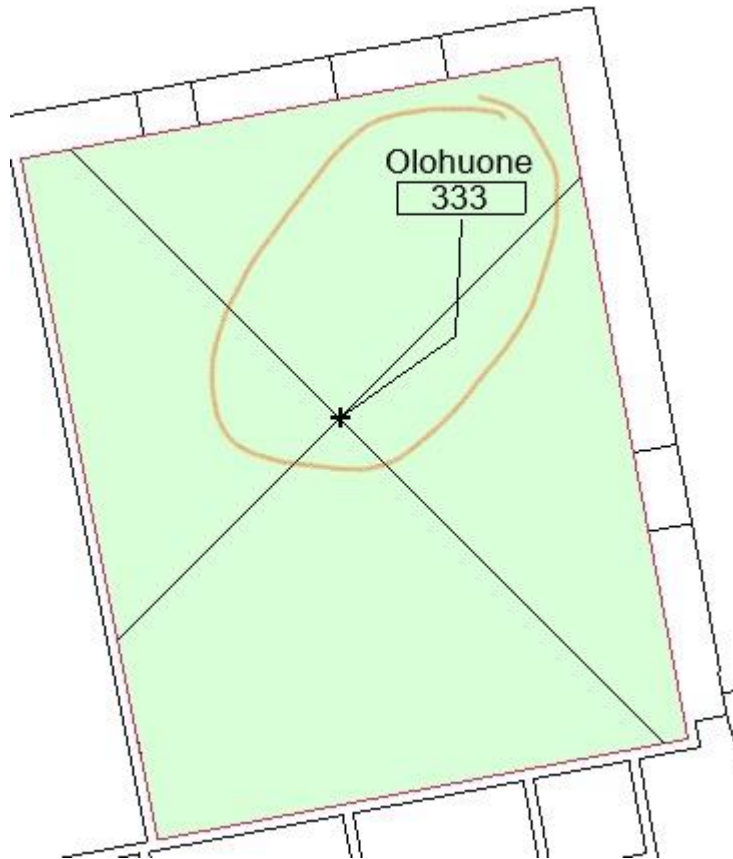


Kuva 6. Project-parametrit

Kuvassa 6 on esitetty parametrivalikkojen sijainti Revit-ohjelmassa sekä Project-parametrien valikko/listaus. Parametrit löytyvät siis Manage-välilehdeltä ja Settings-sarakkeelta. Project-parametrejä voidaan luoda vapaasti projektin aikana ja sijoittaa niitä valituille elementeille, kuten tilaobjekteille.

## Tag

Tag on objekti, jolla voidaan osoittaa toisen objektin parametritieto visuaalisesti. Yleisesti tagia käytetään kaikissa objekteissa, joiden tieto halutaan näyttää rakennuksen pohjakuvassa eli 2D-tulosteessa. Kaikille kategorioille on asetettu tagi Family-ryhmässä ja jotkut tagit ovat tavallaan integroituna objekteihin automaattisesti Revitin oletus-templaten mukaan. Tägejä voidaan luoda lisää ja muokata halutulla tavalla Family Editor -työkalulla. Muokatut tai lisätyt tagit voidaan tallentaa omakohtaiseen templateen. [16.]



Kuva 7. Tilaobjektin Tag

Kuvassa 7 on esitetty yksinkertainen tilaobjektin tagi, joka näyttää tilan nimen ja numeron. Tilaobjektille on siis asetettu nimiparametriksi Olohuone ja tilaobjektin numeroksi 333. Tagille on myös asetettu Leader päälle eli viite/suunta- viiva.

### Roomboundaries

Room Bounding components eli huonerajauskomponentit ovat pääasiassa arkkitehdin määrittelemiä komponentteja. Näitä komponentteja ovat seinät, lattiat, huoneen sisäkatto, rakennuksen katto ja tilan. Näiden lisäksi Revitistä löytyy Room-/Space Separator Line -työkalu, joiden periaate on rajata huoneen tai tilan aluetta. Oikein luodut huonerajauskomponentit eristävät rakennuksen sisältä alueen, johon voidaan luoda huone- tai tilaobjekti. Huonerajauskomponenttien pinnat kategorioidaan kahteen osaan, ulkopuolinen ja sisäpuolinen pinta. Pinnan tyyppiä ei voida kuitenkaan itse määrittää Properties-valikosta tai muusta vastaavasta paikasta. Revit-ohjelma tunnistaa automaattisesti toisten tilaobjektien perusteella sen onko tarkasteltavan tilaobjektin seinät ulko- vai sisäpuolisia seiniä. [17.]

Mahdollisuus on, että tilaobjekti, jolla on kaikki pinnat sisäpuolisia pintoja, laskeaan ulkopuolisten pintojen mukaan. Tämän kaltainen tilanne voi syntyä silloin, kun tilaobjektia ympäröi alueita, joita ei ole määritelty tilaobjekteiksi tai tausaalueiksi. Käytännössä tämä tarkoittaa siis sitä, että jos rakennukselle on määritelty yksi tilaobjekti keskelle rakennusta ja sitä tilaobjektia ympäröiviä tiloja ei ole määritelty ollenkaan tilaobjekteiksi. Silloin Revit laskee energiatiedot tilaobjektille ulkoseinien mukaan, vaikka oikeasti kaikki tilaobjektin seinät ovat sisäpuolisia seiniä. [18.]

### 3.2.2 Linkitetty tietomalli

Tietomallin linkityksen pääasiallinen tarkoitus on yhdistää osittain yhden tietomallin tieto, toiseen tietomalliin. Linkitetty tietomallin tulee omaan/työstettävään tietomalliin objektina, joka sisältää tietoa. Yleisesti linkittämistä käytetään esimerkiksi kampusalueen eri rakennuksien yhdistämisessä samaan tietomalliin, jolloin kampusaluetta voidaan tarkastella yhtenä kokonaisuutena. [19.]

Tietomallin linkittämistä käytetään arkkitehti- rakenne- ja MEP-tietomallintamisessa. MEP-suunnittelussa linkitetään oikeastaan aina arkkitehdin tietomalli omaan työstettävään tietomalliin, jotta suunnittelulle saadaan pohja/runko. Linkatun tietomallin sijainti jää projektin sisäiseen muistiin. Jokaisella projektin avauskerralla Revit aukaisee myös linkatut tietomallit. Mitä enemmän työstettävä tietomalli/projekti sisältää linkattuja tietomalleja, sen kauemmin kestää koko projektin aukaiseminen. Linkitetty tietomalli on siis tavallaan heijastus toisesta projektista. Linkitetyn tietomallin tieto pysyy ajantasaisena, niin kauan kuin yhteys on kunnossa kahden tietomallin välillä. Tiedot eivät välttämättä aina päivity itsestään, joten linkitettyjen tietomallien ajantasaisuudelle on hyvä antaa huomiota säännöllisin väliajoin. [19.]

Revit-ohjelma tukee linkittämisessä IFC-pohjaisia tiedostoja. IFC on standardisoitu digitaalinen kuvaus rakennetusta ympäristöstä. Se on avoin kansainvälinen standardimalli ISO 16739-1:2018, joka soveltuu monenlaisille laitteille, ohjelmistoalustoille ja rajapinnoille. Käytännössä se tarkoittaa neutraalia tiedostomuotoa, jota voidaan soveltaa yksinkertaisesti eri tietomallinnusohjelmistojen välillä. [20.]

Linkittämistä käytetään muissakin asioissa kuin pelkästään rakennusten yhdistämisessä tai erottelussa. Linkittämällä voidaan erottaa rakennuksen sisältä eri osia, jotka on luotu eri piirustusasetuksilla/työkaluilla tai osat on luotu toisen suunnittelutiimin toimesta. Linkittämällä saadaan myös pidettyä koordinaatisto samassa kohdassa eri tietomallien välillä. Esimerkiksi rivitalosuunnittelua voidaan luoda käyttämällä linkattua tietomallia. Toinen esimerkki on luoda useita kerroksia kerrostaloon linkatun tietomallin avulla. Tämä vain edellyttää sitä, että rivitaloissa tai kerroksissa ei esiinny geometrisesti poikkeavuuksia, tai täydellistä yksityiskohtien kuvausta ei vaadita. Tämän kaltainen prosessi parantaa suunnittelun suorituskykyä, yksityiskohtien kustannuksella, joten sen käyttö mahdollisesti soveltuu ainoastaan rakennushankkeen alkuvaiheille. Linkitettyä tietomallia voidaan muokata suunnittelun aikana kahden eri paikan kautta. Linkitetty tietomalli voidaan aukaista muokkausta varten työstettävästä tietomallista tai aukaisemalla linkitetty tietomalli omana tiedostona. Linkitetyn tietomallin aukaiseminen ja muokkaaminen omana tiedostona on hieman nopeampaa. Linkitetyn tietomallin muokkaamisessa on kannattavaa olla varovainen, koska kyseessä on kuitenkin erillinen tietomalli. [21.]

### 3.2.3 Huoneobjekti

Huoneobjekti on tietomallissa rakennuksen osa-alue, jonka lähtökohtaisesti määrittelee arkkitehti. Huoneobjekti määrittäminen pohjautuu rakennuksen elementteihin, kuten seinä-, lattia- ja kattorakenteet. Yleisesti rakenne-elementit ovat vakiona määriteltä huonerajauskomponenteiksi, mutta ne voidaan jälkikäteen määrittää uudelleen. Huonerajauskomponentti voidaan myös tehdä viivamaisella piirrolla/työkalulla, jos tarvittavassa paikassa ei ole rakenne-elementtiä. On hyvä huomata, että kaikki rakenne-elementit eivät kuitenkaan omista huonerajauskomponentti asetusvaihtoehtoa. Huoneobjekti on siis yksi kokonaisuus, joka laaditaan usean eri huonerajauskomponentin avulla. Yleensä taloteknisessä tietomallinnuksessa huoneobjekteja hyödynnetään linkitetyn arkkitehtipohjakuvan kautta. TATE-suunnittelija voi muuttaa tilaobjektien nimi- ja numerotunnukset huoneobjektien mukaisiksi Space Naming -työkalulla.

Kaikki huoneobjektit ovat vaihekohtaisia eli huoneobjektit voidaan luoda rakennukseen vaiheittain, ja rakennuksessa voi esiintyä saman nimisiä huoneobjekteja, jos huoneobjektit ovat luotu eri vaiheen alaisuuteen. Suunnittelun vaiheistuksella voidaan helpottaa suunnittelua esimerkiksi korjausrakentamishankkeissa. Yleensä ennen korjausta on ensiksi purettava vanhaa tekniikkaa. Vaiheistuksella saadaan siis tehtyä purkutoimenpiteille oma suunnitelma ja purkutoimenpiteiden jälkeiselle uudelle rakentamiselle oma suunnitelma. Molemmat suunnitelmat ovat saman tietomallin/RVT-tiedoston sisällä. Vaiheistus antaa mahdollisuuden tietomallintamisen ryhmittämiseen, mikä selkeyttää suunnittelua. Revitissä huoneobjektien lisäämisessä on syytä tietää suunnittelunäkymän vaihe, koska huoneobjekti saa vaihetiedon automaattisesti ajankohtaiselta näkymältä (Floor plan -näkyältä). Jos linkitetyn arkkitehtitietomallin huonerajauskomponentit omaavat eri vaiheen, niin huoneobjektissa saattaa esiintyä virheitä. [22.]

Huoneobjekteilla voidaan erityisessä tapauksessa tehdä kaikki tilaobjektit automaattisesti. Tämän kaltainen tilanne esiintyy, kun projektin aikana Revit-versio päivittyy uuteen versioon. Huoneobjektien täytyy siis sisältää MEP-tietoa, jotta tämä prosessi on mahdollinen. Periaatteessa huoneobjekti muuttuu tilaobjektiksi, Room-tag vaihtuu Space-tagiksi, ja Room-schedule vaihtuu Space-scheduleksi. Automaattinen tilaobjektien luominen voi tapahtua myös silloin, kun huoneobjekteihin on käytetty Copy/Monitored -työkalua, linkitetty tietomalli on aukaistu ja päivitetty uuteen versioon tai projektilta löytyy taulukot (schedules) tai tagit, jotka sisältävät MEP-tietoa. [23.]

### 3.2.4 Tilaobjekti

Revit-suunnitteluohjelmassa tilaobjekti on taloteknisen tietomallintamisen yksi kulmakivistä. Talotekninen tietomallinnus pohjautuu vahvasti tila-alueen olosuhteiden hallitsemiseen erilaisten järjestelmien avustuksella. Jokainen talotekninen järjestelmä hallitsee joko yhtä tai useampaa fysikaalista ominaisuutta. Olosuhteiden hallitseminen vaatii erilaisten kuormitusten laskemista tila-alueen ulko- ja sisäpuolelta. Ulkopuoliseen kuormitukseen vaikuttaa tila-alueen rakennuksen sijainti maapallolla, tila-aluetta rajaavien rakenne-elementtien ominaisuudet ja tarkasteltavan tila-alueen suuruus. Tila-alueen suu-

ruutta tarkastellaan tilavuutena (Volume) tai neliöinä (Area). Tila-alueen sisäpuoliset kuormitukset koostuvat tila-alueen laitteistosta, henkilöiden lukumäärästä, tila-alueen käyttöajasta ja tila-alueen käyttötarkoituksesta.

Olosuhteiden hallitseminen pohjautuu raja-arvoihin, jotka ovat asetettu talotekniikalle suunnitteluprosessin alkuvaiheilla. Raja-arvot ovat arvoja fysikaalisille ominaisuuksille tila-alueen sisällä. Yleisiä taloteknisiä hallittuja fysikaalisia ominaisuuksia tila-alueessa ovat lämpötila, hiilidioksidipitoisuus, suhteellinen kosteusprosentti, valaistus ja aaltoliikkeen värähtely eli äänitekniikka. Fysikaaliset ominaisuudet eivät koskaan ole vakioita tila-alueella, joten niiden ylläpitäminen vaatii tarkat laskenta-/asetusarvot LVI-järjestelmille. Mitä paremmin näitä ominaisuuksia hallitaan, sen todennäköisemmin saadaan luotua terveellinen, viihtyisä, turvallinen ja energiatehokas rakennus.

Tiivistettynä tilaobjekti on tietomalliobjekti, johon voidaan tallentaa tarvittavaa tietoa parametreinä. Kun tämä objekti on olemassa/luotu, siihen voidaan soveltaa toista toimintaa. Toisella toiminnalla tarkoitetaan esimerkiksi Revitin Tag-toimintoa, mikä näyttää visuaalisesti objektin sisäistä tietoa 2D-piirroksessa. Toinen esimerkki on tallennetun tiedon käyttäminen laskentaan perustuvassa toiminnassa eli energiamallien yhteydessä. Tilaobjektin geometria on kolmiulotteinen ja kolmiulotteinen alue määräytyy huoneobjektin huonerajauskomponenttien mukaan. Jokaisella tilaobjektilla on oma Properties-valikko, josta tilaobjektille voidaan säätää asetuksia/parametrejä yksilökohtaisesti. Tilaobjekteille määritellään tietoa manuaalisesti ja laskentatyökalulla. Laskentatyökalulle on myös omat asetukset, jotka vaikuttavat siihen, kuinka tilaobjekteille lasketaan tietoa. Tilaobjektin korkeutta voidaan muuttaa sen Properties-valikosta ja leveyttä vain huonerajauskomponenttien kautta.

Tilaobjektin parametrit ovat numero- tai kirjainarvoja, joita tietomallinnusohjelma osaa käsitellä. Parametrejä käytetään esimerkiksi tilaobjektien nimeämisessä tai ulkoilmavirran määrän laskemisessa. Numeerisen parametrin käyttäminen laskennassa perustuu tilaobjektin vakioarvoihin. Tilaobjektin vakioarvoja ovat tilaobjektin tilavuus- ja neliömäärä.



### 3.3 Huone- ja tilaobjektien käyttö taloteknisessä suunnitteluprosessissa

Tietomallinnus koostuu useista eri vaiheista, ja kaikilla vaiheilla on vaikutuksensa toisiinsa. Tilaobjektien laadinta on merkittävä vaihe TATE-tietomallintamisessa, koska näiden objektien mukaan voidaan tehdä perusteellisempia ratkaisuja talotekniikan osalta. Yleisesti talotekniselle suunnittelulle on aseteltu vaatimukset tilaajan toimesta, aivan projektin alkuvaiheilla. Suunnitteluprosessin alkuvaiheilla määritellään rakennuksen eri alueille tai huonetiloille vakituiset asetusarvot poikkeusrajoineen. Alueiden ja huonetilojen asetusarvot poikkeavat toisistaan niiden käyttötarkoitusten mukaan. Käyttötarkoitus määritellään rakennus- ja tilakohtaisesti.

Revit-suunnitteluohjelmassa huone- ja tilaobjektit ovat kaksi erillistä objektia. Huoneobjektit ovat arkkitehdin luomia objekteja, arkkitehdin omassa tietomallissa. Arkkitehti asettaa huoneobjekteille tiedot nimistä ja numeroinneista, joita voidaan hyödyntää myöhemmin tilaobjektien yhteydessä. Tilaobjektit ovat pääasiassa talotekniikan eri kuormituslähteiden tarkastelua ja analysointia varten. Tilaobjektien parametrit määritellään pääasiassa manuaalisesti, ja niitä käytetään taloteknistien ominaisuuksien laskennassa, esimerkiksi lämmitys- ja jäähdytystehontarpeen laskennassa. Molempien objektien leveysarvot määritellään samalla tavalla eli huonerajauskomponenttien avulla. Tästä syystä niiden leveysarvojen käsittely pohjautuu edellä mainittujen komponenttien muokkaamiseen. Korkeusarvoa voidaan kuitenkin muuttaa huomattavasti vapaammin esimerkiksi tilaobjektien Properties-valikon kautta.

Huoneobjekteista tulevat parametrit (nimet, numeroinnit) on suositeltavaa pitää alkuperäisinä eli arkkitehdin mukaisina. Tilaobjekteja voidaan luoda manuaalisesti alueille, joita ei ole erikseen määritelty arkkitehdin toimesta huoneobjekteiksi, eli miehityksi alueille. Tämän kaltaiset alueet ovat niin sanottu tasausalueita (ei-miehitettyjä alueita), jotka eristävät huone- tai tilaobjekteja toisistaan. Jos tasausalueet jäävät luomatta, on mahdollisuus saada virheellistä tietoa laskennan yhteydessä. Revit-suunnitteluohjelmassa tilaobjektit sisältävät tiedon siitä, onko tilaobjekti luotu miehityksi alueeksi vai ei-miehitettyksi alueeksi. Miehitetty alue tarkoittaa ihmisille suunnattua oleskelualueita. Parametrin voi löytyä tilaobjektin Properties-valikosta.

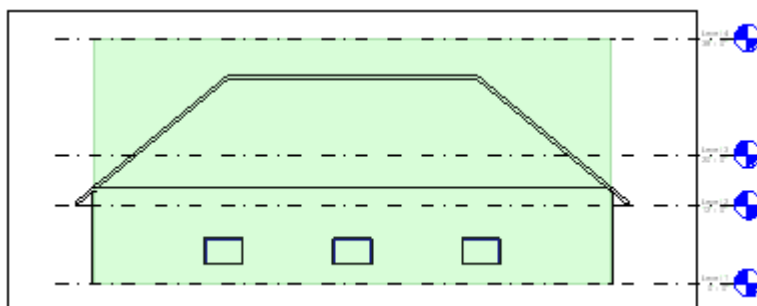
## Zones

Kaikki tilaobjektit (Spaces) luodaan automaattisesti oletusalueeseen (Default Zone). Tilaobjekteille voidaan kuitenkin luoda omat erilliset alueet (Zones) yhteistä tarkastelua varten. Alueet ja tilaobjektit pysyvät erillisinä komponentteina, joten tilaobjekteja voidaan määrittää alueesta toiseen. Alueista on suositeltavaa tehdä oma taulukko Revit-suunnitteluohjelmassa. Taulukon muotoa voidaan vapaasti muokata monipuolisesti omien tarpeiden mukaan. Alueet ja tilaobjektit on oltava samassa paikallisessa tiedostossa. Ne on oltava myös samassa vaiheessa (phase) työskentelyn aikana. Tilaobjektien alueisiin jakaminen mahdollistaa useita eri asioita, kuten energialaskennan tarkastelua yksi iso alue kerrallaan sekä isoon alueeseen kuuluvien tilaobjektien asetusarvojen yhtenäisen muuttamisen ja tilaobjektien värjäämisen aluekohtaisesti. [24.]

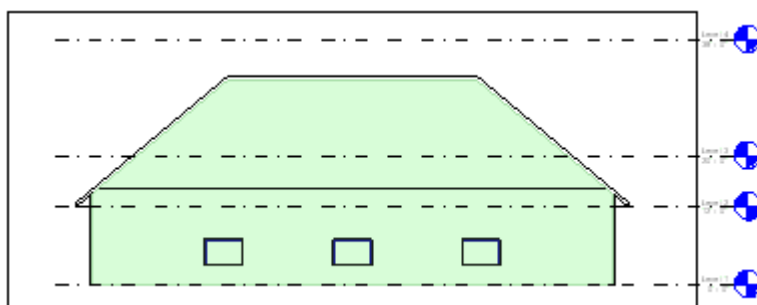
## Energymodels

Revit-suunnitteluohjelmalla voidaan luoda energiamalleja energiankäytön optimointia varten. Energiamalli luodaan pääasiassa useiden arkkitehtielementtien mukaan, joita ovat esimerkiksi seinät, katot ja massat. Rakennuksen energiamallinnuksessa voidaan käyttää huone- ja tilaobjekteja. Näitä käyttämällä saadaan tarkempi tulos energiatietomallista. Energia-analyysiä varten on asetettava useita eri asetuksia rakennuksen rakennetiedoista, käytettävistä LVI-järjestelmistä sekä käytettävistä tilaobjekteista. Rakennetiedot käsittelevät seuraavia parametrejä: lämmönjohtavuuskerroin (U-arvo), lämmöneristävyys (R-arvo) ja elementtien/massojen kokoyksiköt, kuten paksuus. Tilaobjektien talotekniset parametrit antavat energiamallille tietoa asukkaista, lämmitys- ja jäähdytyskuormista ja käyttösähkön kulutuksesta. [25.]

Kaikki tilaobjektit, joita halutaan käyttää TATE-laskennassa, on oltava omassa tietomallissa. Tämä tarkoittaa sitä, että Revit-laskentatyökalu ei huomioi mahdollisia tilaobjekteja linkitetyistä tietomalleista. Tilaobjektien laskenta-alueita voidaan hallita käyttämällä Areas and Volumes -asetusta. Käytännössä tämä asetusta muuttaa tilaobjektien laskenta-alueen korkeuden rajoittumaan ensimmäisiin huonerajauskomponentteihin nollatasolta kohti seuraavaa korkeampaa tasoa. [26;27.]



Kuva 8. Areas-asetus käytössä [26]



Kuva 9. Areas and Volumes -asetus käytössä [26]

Kuvissa 8 ja 9 on esitetty laskenta-alueita Elevation-näkymästä, eli vaakasuorasta kuvakulmasta. Kuvassa 8 on Areas-asetus käytössä, joten tilaobjektin laskenta-alue on vapaammin muokattavissa. Kuvassa 9 on Areas and volumes -asetus käytössä, joten korkeus rajoittuu kattoelementtiin. Kattoelementti sisältää Room Bounding -parametrin. Asetusvalikko löytyy Revitissä Analyze-välilehdeltä ja kohdasta Spaces & Zones.

### 3.4 Huone- ja tilaobjektien luominen Revitillä

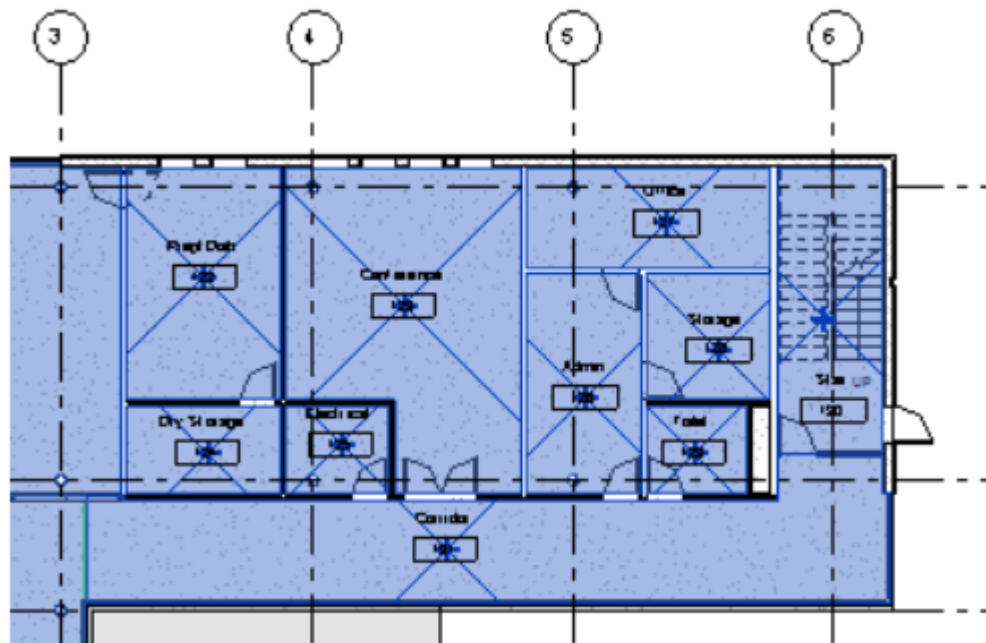
Huone- ja tilaobjektien luominen tapahtuu Revitillä hyvin samankaltaisesti. Molemmat luodaan samojen komponenttien avulla, mutta objektien käyttötarkoitus eroaa osittain. Molempia objekteja käytetään visuaaliseen havainnoimiseen ja massatietojen laskentaan. Tilaobjekteja käytetään myös energialaskentaa varten, joten niille täytyy asettaa hieman enemmän parametritietoa.

#### Huoneobjekti

Huoneobjektien pääasiallinen käyttötarkoitus on saada jaettua iso alue pienempiin osiin. Huoneobjektit tulevat yleensä arkkitehdin toimesta. Jokaiselle huoneobjektille voidaan antaa yksilökohtaiset nimi- ja numerotunnukset.

TATE-suunnittelija voi hyödyntää huoneobjektien nimi- ja numerotunnuksia tilaobjektien yhteydessä. Arkkitehti voi myös käyttää huoneobjekteja geometriamäärien laskennassa. Laskenta toteutetaan seuraavilla lisätyökaluilla riippuen laskentatarpeesta: Roombook, Areabook ja Buildingbook-/ Extensions for Revit. Lasketut määrätiedot voidaan myöhemmin siirtää Microsoft Excel -ohjelmaan tuloksien esittämistä ja tarkastelua varten. [28.]

Yleensä arkkitehti luo ensiksi Room Bounding -komponentit ja sen jälkeen niiden perusteella huoneobjektit. Oletusarvona rakenne-elementit ovat Room Bounding -komponentteja, ellei niiden asetusta ole erikseen muutettu arkkitehdin toimesta. Elementit, jotka ovat vakiona Room Bounding -komponentteja: Seinät, katot, lattiat, sisäkatot, pylväät, verhojärjestelmät, Room/Space Separator Line (ei ole varsinaisesti rakenne-elementti) ja rakennustyyny/tasot. Monesti rakenne-elementin Room Bounding -komponentti otetaan pois käytöstä silloin, kun halutaan yhdistää useita huonetiloja yhteistä laskentaa varten. Esimerkiksi WC-tiloissa voidaan yhdistää avoimet tilalokerot yhdeksi tilaksi, jotta Revitin laskentatyökalu laskee kaikki arvot yhdestä huonealueesta (neliöt/kuutiomäärät). [29.]



Kuva 10. Havainnollistava kuva huoneobjektien tarkastelusta [29]

Kuvassa 10 on esitetty tasonäkymä, josta voidaan nähdä huoneobjektit sinisellä värillä. Valkoiset alueet ovat määrittelemättömiä alueita, joita voidaan

kutsua tasa-alueiksi. [30;31.] Huoneobjektit saadaan näkyviin Floor planin näkvyysasetuksien kautta.

Huoneobjektit voidaan luoda käyttämällä Room-työkalua. Työkalulla on mahdollista luoda huoneobjektit auki olevalle näkymälle yksitellen tai kaikki kerralla. Huoneobjekteja luodessa on hyvä pitää huoneobjektien näkymäasetukset käytössä, jotta mahdolliset puutteet huomataan riittävän ajoissa. [32.]

### **Tilaobjekti**

Tilaobjektien luominen taloteknisessä suunnitteluprosessissa voidaan aloittaa, kun tietomallista löytyvät vaaditut Room Bounding -komponentit. Tilaobjektit saadaan luotua alueille, jotka on rajattu täysin edellä mainituilla komponenteilla. Tilaobjektien luominen tapahtuu Revit-työkalulla nimeltä Space. Space-työkalua voidaan käyttää manuaalisesti ja automaattisesti. Käytännössä tilaobjektit saadaan luotua manuaalisesti klikkaamalla kursorilla tasopiirustusta tai automaattisesti klikkaamalla erillistä ikonia (Place Spaces Automatically) Revitin käyttöliittymässä silloin, kun Space-työkalu on käytössä.

### **Tietomallin linkitys**

Revit-ohjelma tukee IFC4-, IFC2x2-, IFC2x3- ja IFC2x-pohjaisia tiedostoja [33]. Tietomalli saadaan linkitettyä silloin, kun paikallinen/oma tietomalli on aukaistuna. Prosessi on itsessään hyvin yksinkertainen ja se tapahtuu käytännössä Revitin Link-työkalulla. Link-työkaluja on useita ja ne ovat eritelty tiedostomuotojen mukaan (Revit, IFC, CAD, Topography). [34.]

Jos käytössä on tässä Revit Cloud Workharing, linkitettävä tietomalli on oltava samassa tietopilvessä. Muita tietomalleja ei silloin voida linkittää. Linkitettävän tietomallin sijainniksi voidaan valita Origin to Origin, jolloin tietomallien nollakohdat ovat samassa paikassa. Jos oma tietomalli käyttää jaettuja koordinaatteja, niin silloin kannattaa valita linkitettävälle tietomallille Auto- By Shared Coordinates. [34.]

### **Vaihtoehtoiset sijoitustavat linkittämisessä**

Lisättävät asiat ja linkitetty tiedostot voidaan sijoittaa usealla eri tavalla omaan tietomalliin. Sijoitustavan ensimmäinen ryhmitys koostuu manuaalisesta ja toi-

nen ryhmittäminen automatisoidusta tavasta. Automatisoidulla tavalla sijoitetaan linkitettävä tietomalli oman tietomallin koordinaatiston mukaan ja manuaalisella tavalla valitaan kursorilla linkitettävän tietomallin sijainti. Paras yhteensopivuus saadaan kuitenkin varmistettua automatisoidulla tavalla. Automatisoitutapa vain edellyttää, että Revit-ohjelma osaa tulkita koordinaatiston samalle sijainnille. Ennen linkittämistä on hyvä muuttaa linkitettävän tiedoston muoto RVT-muotoon. Yleensä IFC-tiedosto muutetaan ensiksi RVT-tiedostoksi, ja sen jälkeen tiedosto linkitetään Revit-tietomalliin. Tämän prosessin avulla koordinaatit saavat paremman yhteensopivuuden.

Automatisoituja sijoitustapoja ovat seuraavat vaihtoehdot:

- Auto – Center to Center: Revit-ohjelma laskee molemmista objekteista geometrisen keskipisteen ja sijoittaa tuotavan objektin kahden keskipisteen mukaan.
- Auto – Origin to Origin: Revit-ohjelma sijoittaa objektin molempien origojen mukaan.
- Auto – By Shared Coordinates: Revit-ohjelma sijoittaa objektin jaettujen koordinaattien mukaan.
- Auto – Project Base Point to Project Base Point: Tämä valinta on mahdollinen ainoastaan Revit Link -työkalulla. Revit-ohjelma sijoittaa objektin sen Base pointin mukaan. Huomioitavaa on, että vaikka toista Base pointtia siirtää myöhemmässä vaiheessa, niin toinen Base point ei siirry sen mukaan.

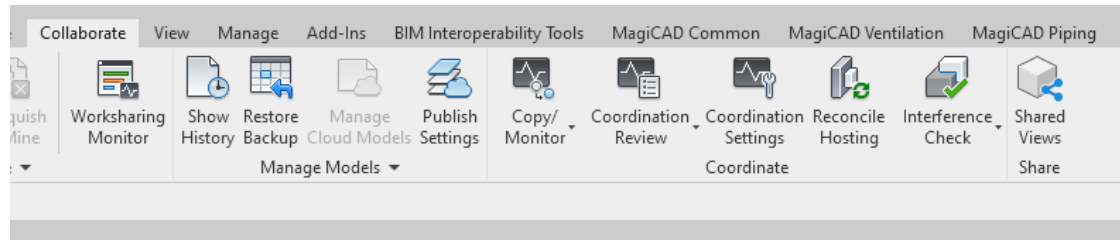
Manuaalisia sijoitustapoja ovat seuraavat vaihtoehdot [35.]:

- Manual – Origin: manuaalinen tapa sijoittaa linkitettävä objekti origon mukaan.
- Manual – Center: Manuaalinen tapa sijoittaa linkitettävä objekti keskipisteen mukaan.
- Place At: Tämä vaihtoehto on mahdollinen CAD-objekteille. Sijoittaa valitun objektin origon halutulle tasolle.
- Orient to View: Tämä vaihtoehto on mahdollinen CAD-objekteille. Sijoittaa objektin näkymän suunnan mukaan, jota kutsutaan True North. Objektin suuntaa kutsutaan Project North.

### **Muutoksien seuranta monialaisessa projektissa**

Tietomalli, joka on linkitetty, sisältää ajantasaisista tiedoista, kunhan linkityksen tietomallipolku on kunnossa. Se tarkoittaa sitä, että linkitettävä tietomalli on se, jota toinen suunnittelija käyttää omana ajantasaisena tiedostonaan. Kun toinen suunnittelija tekee tietomalliinsa muutoksia, niin muutoksien pitäisi silloin näkyä linkitettyssä tietomallissa. Kaikkia elementtimuutoksia voidaan seurata ja hallita monialaisessa projektissa erillisellä työkalulla. Työkalu helpottaa

muutoksien seuranta. Esimerkiksi, jos käytetään Room Bounding -geometria arkkitehdin tietomallia, niin olennaista olisi pysyä tarkasti ajan tasalla arkkitehdin muutoksista.



Kuva 11. Collaborate-välilehti

Kuvassa 11 on esitetty Collaborate-välilehden työkalut. Näitä työkaluja hyödynnetään pääasiassa yhteistyön ehostamiseksi. Työkalujen oikea oppinen käyttö pienentää virheen todennäköisyyttä, kun muutoksista saadaan nopeasti ja helposti tietoa. Collaborate-työkalut ovat käytännöllisiä varsinkin silloin, kun käytetään arkkitehdin Room Bounding -geometriaa.

**Copy/Monitor:** Työkalu, jolla seurataan elementtimuutoksia host-projektin, eli oman projektin ja linkitettyjen tietomallien välillä. Voidaan myös käyttää pelkästään yhden projektin sisällä.

**Coordination Review:** Näyttää listan seuratuista elementeistä ja objekteista, joita on muokattu tai siirretty. Listan avulla toinen suunnittelija voi antaa muutetulle asialle toimenpiteen, kuten olla hyväksymättä muutosta tai muuttaa muutettua asiaa toisella tapaa. Tämä työkalu on mahdollinen, jos projektissa on käytössä Copy/Monitor -työkalu.

**Interference Check:** Tällä työkalulla on mahdollista löytää elementtien väliset konfliktit. Yleinen tapa käydä läpi konfliktit/törmäilyt ovat seuraavasti: Arkkitehti luo tavallisen tietomallin. Arkkitehdin tietomalli lähetetään muille eri alan suunnittelijoille, kuten rakennesuunnittelijalle. Muiden alojen suunnittelijat lähettävät työstetyt tietomallit takaisin arkkitehdille. Arkkitehti käyttää Interference Check -työkalua, jolloin hän saa tiedon mahdollisista törmäilyistä/konflikteista. Yleensä niistä voidaan käydä yhteisesti keskustelua muiden suunnittelijoiden kanssa mahdollisten muutostarpeiden vuoksi. [36;37].

Huomioitavaa Interference Check-työkalusta on se, että sitä ei voida käyttää MEP-elementtien tarkastelussa. Sitä varten Autodesk suosittelee erillistä plugin-ohjelmaa nimeltä Navisworks. Navisworks on toinen ohjelma, jolla voidaan tarkastella 3D-suunnittelua. Ohjelmalla yhdistetään 3D-malleja, ja niiden summaa tarkastellaan 3D-maailmassa. Tarkastelun lisäksi ohjelma sisältää työkaluja kuten kommentointia, punaviivainta, eri näkökulmia ja mittauksia. [37;38.]

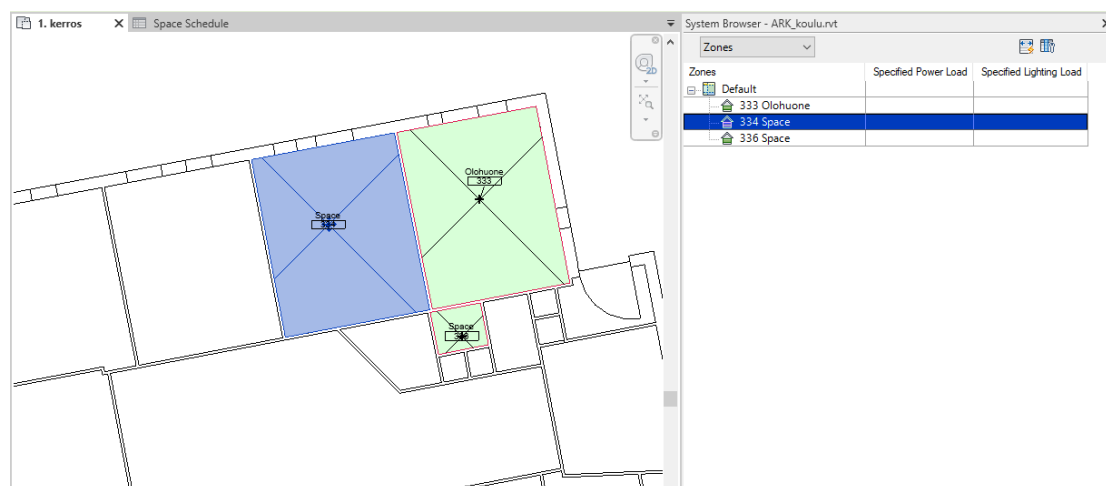
### Huonerajauskomponenttien käyttöönotto linkitetystä tietomallista

Linkitetyn tietomallin Room Bounding -asetus on oletusarvona poistettu käytöstä. Tästä syystä uudelle linkitetylle tietomallille täytyy aina ottaa asetus käyttöön, jos linkitetyn tietomallin Room Bounding -komponentteja halutaan käyttää. Asetus on hyvin yksinkertainen ottaa käyttöön, ja se tapahtuu käytännössä linkitetyn tietomallin Type Properties -valikosta. Valikosta löytyy parametri nimeltä Room Bounding, ja sen Value-arvo voi olla On tai Off. [39.]

### Tilaobjektin näkymäsäännöt

Tilaobjekteja käsitellään Floor plan -näkymissä, Section view -näkymissä ja System Browser:ssa. Tilaobjekteja ei voida nähdä tai lisätä/muokata/poistaa 3D-näkymässä tai Elevation-näkymässä. Tilaobjektit menevät luodessa suoraan Default Zoneen. Tilaobjektit voidaan myöhemmin siirtää tarpeen mukaan toiseen zoneen, joka on luotu erikseen. [40.]

Jos tilaobjektia klikkaa System Browser:ssa Ctrl-näppäin pohjassa, niin tilaobjekti vaihtaa väriä Section view:ssä tai floor plan:ssä. Tämä auttaa havaitsemaan tilaobjektin sijaintia näkymässä. [41.]



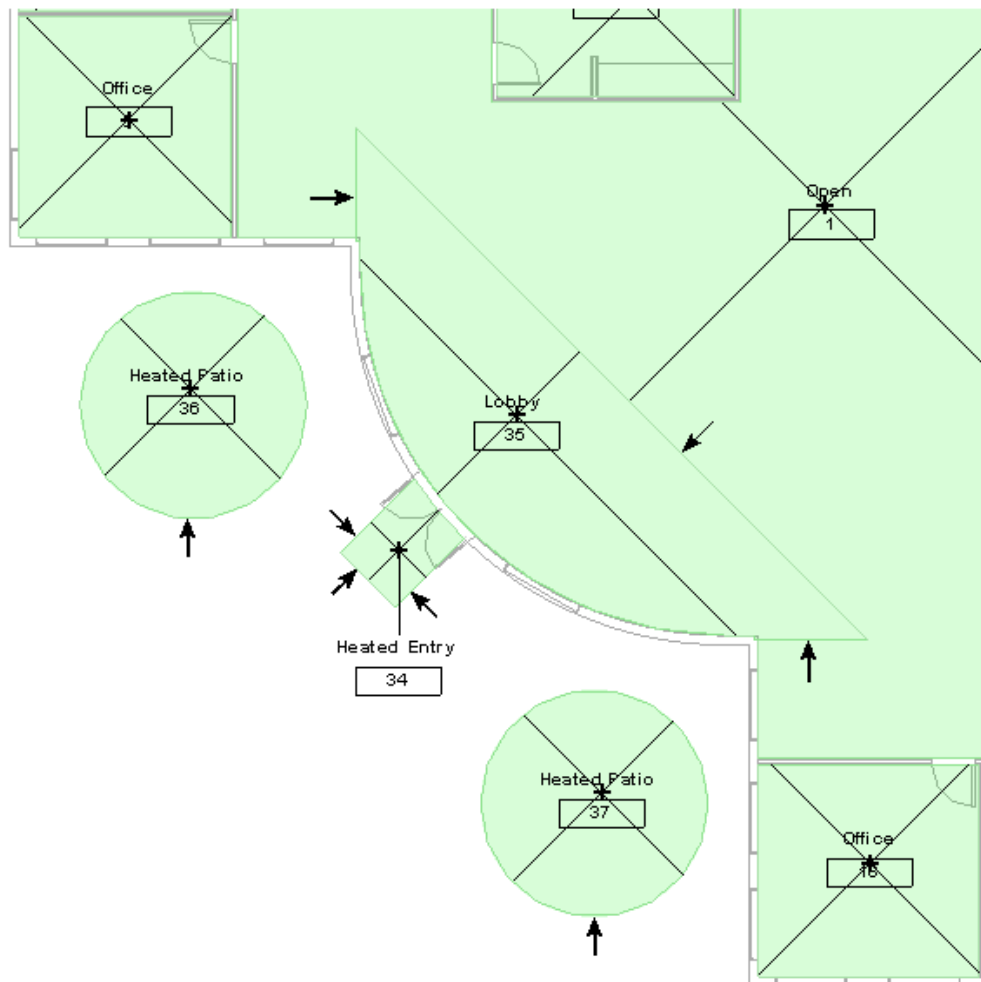
Kuva 12. Floor plan -näkyminen ja System Browser



Kuvassa 12 on esitetty System Browserin käytettävyyttä tilaobjektin paikantamisessa. Tilaobjektit ovat kategorioitu Zone-kohtaisesti System Browseriin. Kuvassa tilaobjektit ovat Default Zonen alaisuudessa.

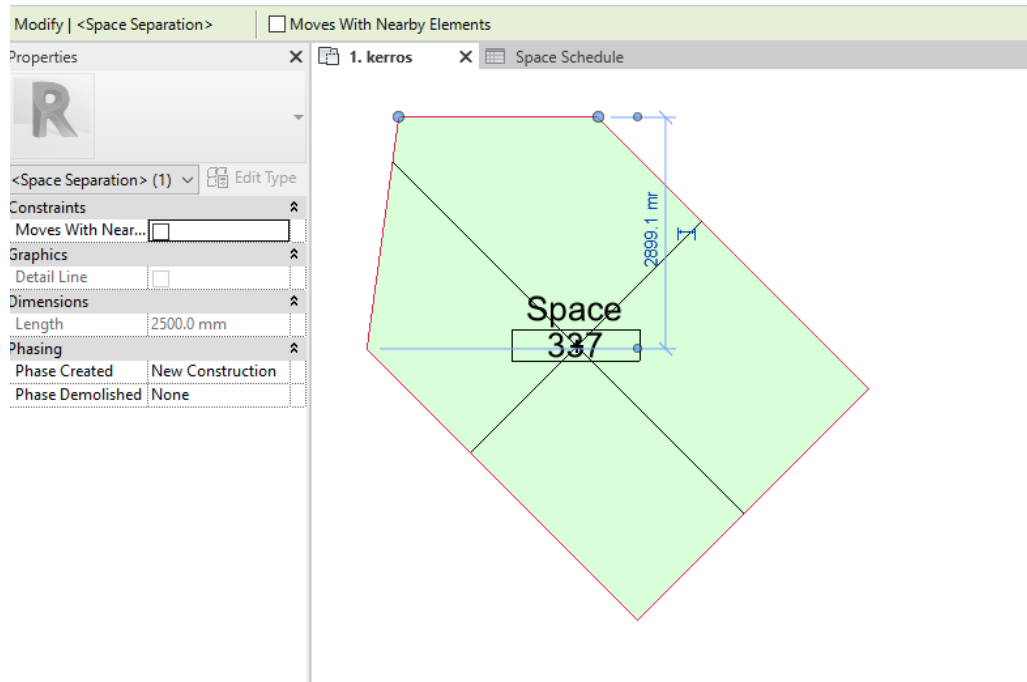
### Space Separator -työkalu

Space Separator -työkalulla voidaan luoda rajattuja alueita tai pilkkoa olemassa oleva alue pienempiin osiin. Työkalulla piirretään periaatteessa seinät nollatason ja Upper limit:in väliin. Näin voidaan luoda yksi umpinainen 3D-alue, jonka kaikilla rajapinnoilla on Room Bounding -parametri käytössä. [42.]



Kuva 13. Space Separator -viivat käytännössä

Kuvassa 13 on Space Separator -työkalulla luotu uusia alueita. Mustat nuolet osoittavat Space Separator -viivan sijaintia. [42.] Space Separator -työkalulla luodut rajausviivat ovat kannattavaa ottaa näkyviin asetusten kautta. Yleisesti näkyyasetukset ovat näkymäkohtaiset. [43.]

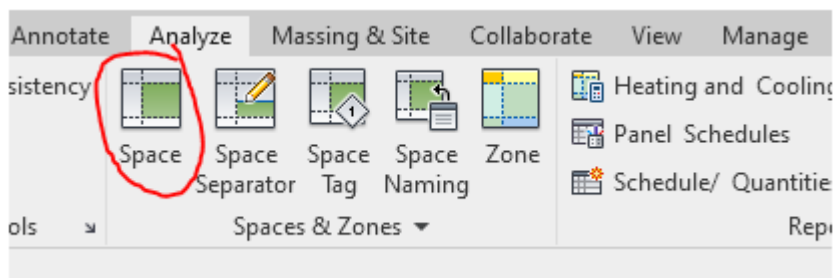


Kuva 14. Tilaobjekti

Kuvassa 14 on piirretty Room Bounding -viivat Space Separator -työkalulla ja niiden sisälle on luotu tilaobjekti. Viivoja on mahdollista klikata kursorilla ja muokata niiden parametrejä Properties-valikosta.

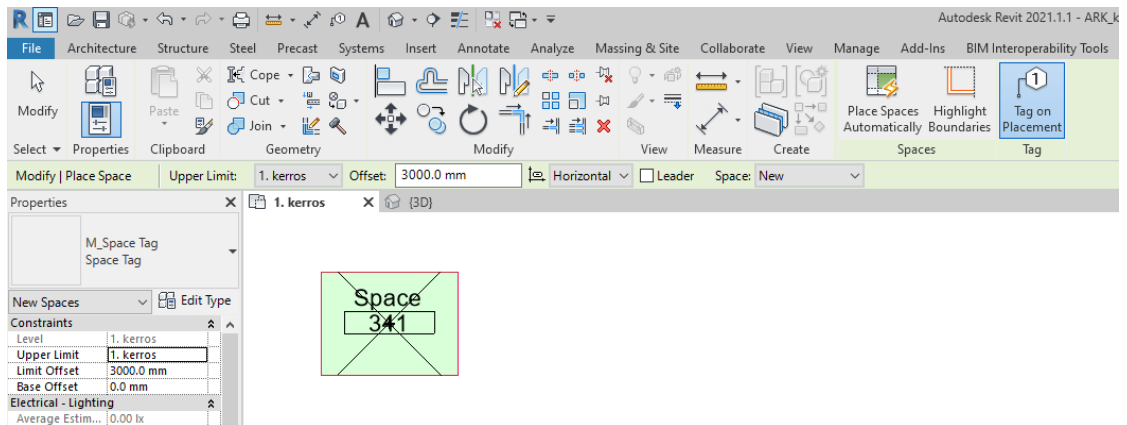
### Space-työkalu

Tilaobjektit luodaan Space-työkalulla, joka löytyy Revitissä Analyze-välilehdeltä. Klikkaamalla tätä työkalua ylävalikon alapuolelle ilmestyy parametrivalikko, josta voidaan määrittellä tulevalle tilaobjektille tietoja.



Kuva 15. Space-työkalu

Kuvassa 15 on esitetty Analyze-välilehdeltä tilaobjekteihin liittyvät työkalut. Työkaluja ovat Space, Space Separator, Space Tag, Space Naming ja Zone. Kuvasta voidaan myös huomata asetusvalikko Spaces & Zones.



Kuva 16. Space-työkalu käytössä

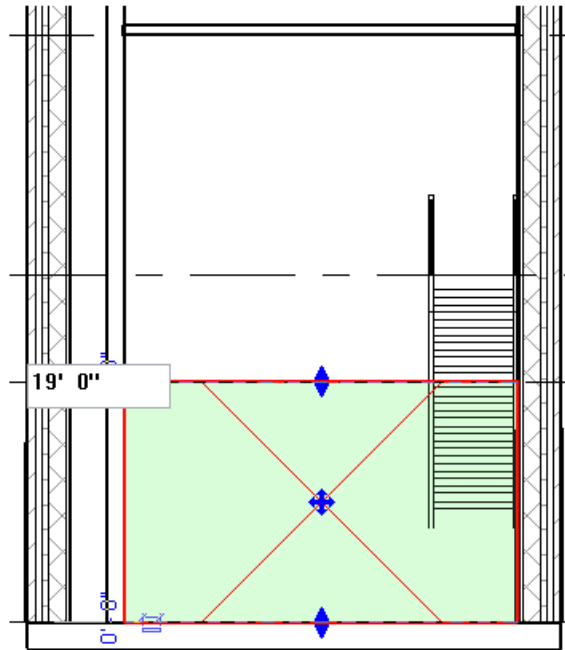
Kuvassa 16 on Space-työkalu käytössä, josta voidaan huomata parametriasetukset tuleville tilaobjekteille. Asetukset ovat seuraavasti:

- **Upper limit:** määrittää ylätasen maksimikorkeuden.
- **Offset:** voidaan säätää vapaammin tilaobjektin korkeutta.
- **Tagin suunta-arvo:** tilaobjektin tagin suunta voidaan määrittää vaakatai pystysuoraan. Oletusarvona on vaakasuora (Horizontal).
- **Leader:** asetus antaa tilaobjektin tagille suuntaviivan
- **Space:** tilaobjektin tyyppitieto. Jos projektille on määritelty tilaobjekteja mutta ne on poistettu käytöstä (ei kokonaan tietomallista), niin tämän avulla voidaan tuoda tietomalliin olemassa oleva tilaobjekti uudelleen. Oletusarvona on New, eli uusi tilaobjekti.

Parametrien määrittämisen jälkeen tilaobjektit voidaan asettaa tietomalliin kahdella eri tavalla. Yksi tapa on lisätä tilaobjektit yksitellen klikkaamalla rajattua huonealuetta rakennemallista. Toinen tapa on klikata työkalukuvaketta Place Spaces Automatically, mikä lisää Floor plan:iin kaikki tilaobjektit yhdellä kertaa. Jokaisen tilaobjektin tietoja voidaan muuttaa Properties valikosta, jos tilaobjektia klikataan tietomallista. Klikkaamalla tilaobjektia Properties-valikko aukeaa, jos Properties-valikko on otettu käyttöön Revitin User Interface:een. User Interface on ohjelman/tietomallin työskentelypöytä, jota voidaan muuttaa käyttäjäkohtaisesti. [44.] Valikkoa voi siirtää työskentelypöydän vasemmalle tai oikealle puolelle. Sen kokoa voidaan myös muuttaa vertikaalasti ja horisontaalasti, jos valikon lukitus ei ole päällä. [45.]

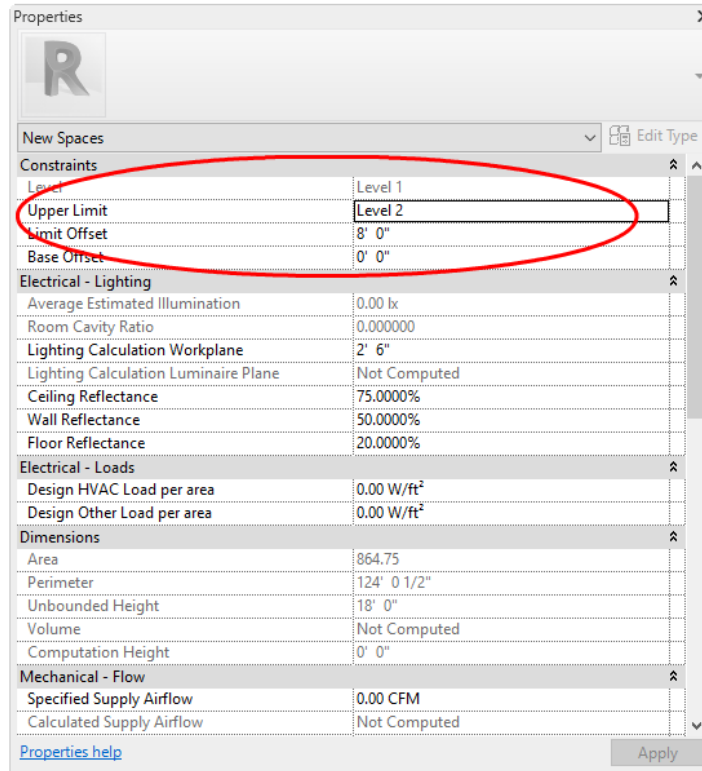
## Tilaobjektin käsittely

Tilaobjektin korkeuden muuttaminen (Vertical dimension). Tilaobjektin korkeutta voidaan muuttaa manuaalisesti raahaamalla tilaobjektin ylä- tai alareunaa. Manuaalisesti muuttaminen voidaan toteuttaa pelkästään Section view:ssä. Toinen tapa muuttaa tilaobjektin korkeutta on klikata Section view:ssä tilaobjektia ja muuttaa numeraalisesti korkeusparametriä. [46.]



Kuva 17. Leikkauskuva tilaobjektista

Korkeusparametrin muuttamista on havainnollistettu kuvassa 17. Tilaobjektin korkeutta voidaan muuttaa raahaamalla nuolta tai muuttamalla numeroarvoa. Kuvassa numeroarvon yksikkö on tuumissa (inch). Yksikkö on myös vaihdettavissa asetusten kautta Revit-ohjelmassa. [46.] Kolmas tapa on klikata tilaobjektia ja muuttaa numeraalisesti tilaobjektin korkeusarvoja Properties-valikosta [47].



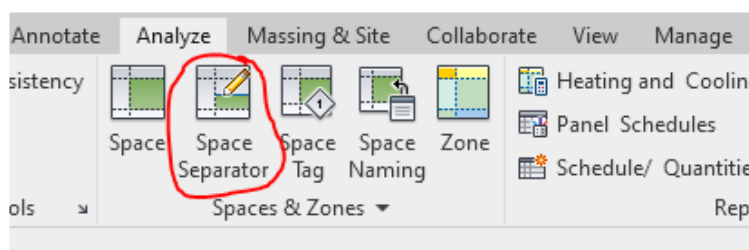
Kuva 18. Tilaobjektin Properties-valikko

Kuvasta 18 voidaan huomata tilaobjektin Properties-valikosta Constraints-arvot. Base Offset muuttaa korkeutta alaosasta ja Limit Offset muuttaa korkeutta yläosasta. Level tarkoittaa näkymäkohtaista kerrostasoa ja Upper Limit on seuraava kerrostaso yläpuolella. Offset-arvot voivat olla positiivisia tai negatiivisia. On kuitenkin huomattava, että Volumes and Areas -asetuksen ollessa päällä tilaobjekti rajoittuu ylöspäin mentäessä ensimmäisiin vastaan tuleviin Room Bounding -komponentteihin. [47.]

### Tilaobjektin jakaminen osiin

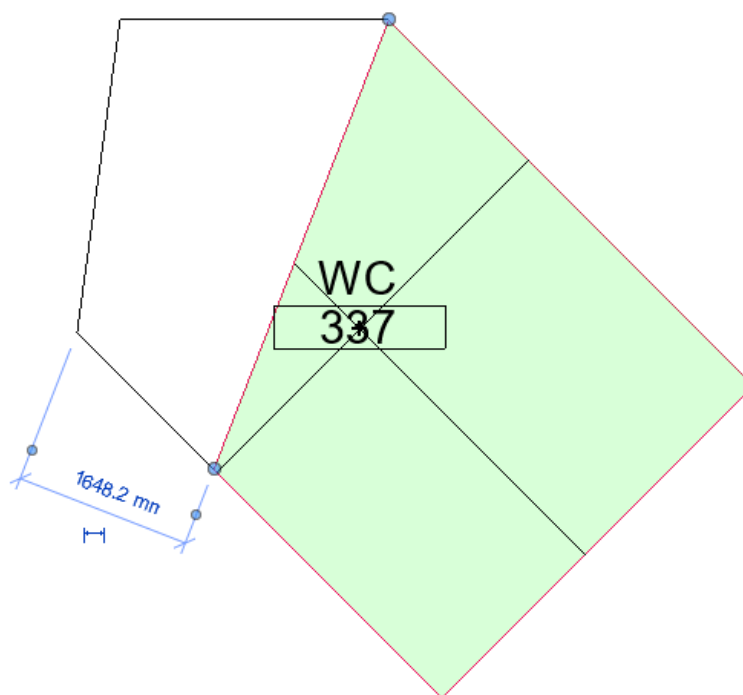
Tilaobjektit voidaan jakaa osiin käyttämällä Space Separator -työkalua. Työkalulla piirretään viiva, joka sisältää Room Bounding -ominaisuuden. [48.]

Kuvassa 19 on esitetty Space Separator -työkalu ja sen käyttöä on havainnollistettu kuvassa 20.



Kuva 19. Space Separator -työkalu

Kuvassa 19 on esitetty Space Separator -työkalu, joka löytyy Analyze-välilehdeltä. Työkalulla saadaan luotua objekti, joka sisältää Room Bounding -parametrin.



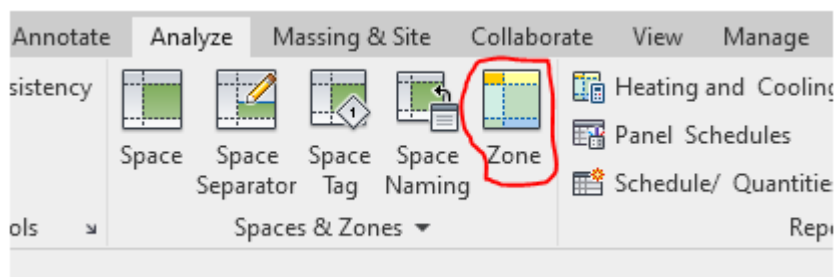
Kuva 20. Tilaobjekti katkaistu Space Separator -työkalulla

Kuvassa 20 on esitetty Space Separator -työkalun käyttöä. Työkalulla on mahdollista leikata eri osiin olemassa olevia tilaobjekteja tai huonerajauksia.

### Tilaobjektien yhdistäminen

Tilaobjektien yhdistäminen toteutetaan käyttämällä Floor plan -näkyä ja aktivoimalla tilaobjekteille näkymäasetukset. Tilaobjektit, jotka halutaan yhdistää yhdeksi isoksi tilaobjektiksi 3D-maailmassa, on oltava vierekkäin. Ensimmäisenä valitaan alueelta yksi tilaobjekti, jolla on mahdollisesti oikeat parametrit lopulliselle tilaobjektille. Sen jälkeen poistetaan kaikki muut alueen tilaobjektit ja ylimääräiset Room Bounding -komponentit. Tämän jälkeen se yksi säilytettävä tilaobjekti muuttuu isommaksi tilaobjektiksi. Huomioitavaa on se, että jos tilaobjekteja ei poista, Revit antaa varoituksen "Multiple spaces are in the same enclosed region" (useita tilaobjekteja on yhden rajatun alueen sisäpuolella). Room Bounding komponenttien osalta, yleensä poistetaan vain mahdol-

liset space separator -viivat. Arkkitehdin luomia Room Bounding -komponentteja (rakenne-elementtejä) ei ole kannattavaa poistaa. Toinen tapa yhdistää useita tilaobjekteja on Zone-työkalun avulla. Zone-työkalulla tilaobjekteista ei muodostu yksi iso tilaobjekti, vaan tilaobjektit menevät toisen toiminnon alaisuuteen, eli Zoneen. [49.]



Kuva 21. Zone-työkalu

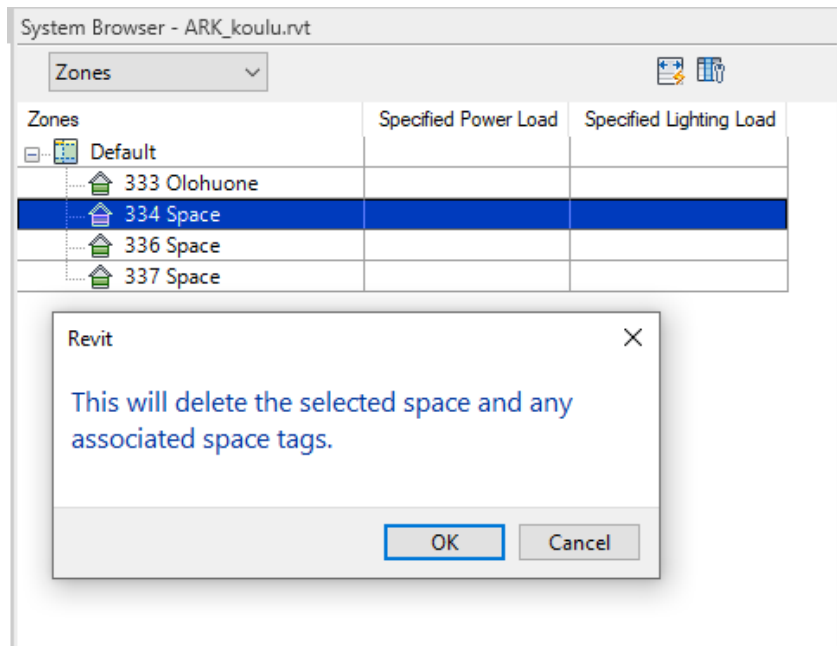
Kuvassa 21 on esitetty Zone-työkalu, joka löytyy Analyze-välilehdeltä. Työkalulla saadaan yhdistettyä useita eri tilaobjekteja samaan alueeseen.

### Tilaobjektin liikuttaminen

Tilaobjektia voidaan vapaasti liikuttaa raahaamalla Floor plan -näkyvässä mutta yleensä ne pidetään alkuperäisessä paikassa. Liikutetut tilaobjektit ovat tilalista arvoltaan Placed Spaces, vaikka niiden alue on arvoltaan Unbounded. [50.]

### Tilaobjektin poistaminen

Tilaobjekti voidaan poistaa tietomallista väliaikaisesti tai kokonaan. Jos tilaobjektin poistaa Floor Plan -näkyvässä se poistuu vain osittain, eli se löytyy edelleen taulukosta ja System Browserista. Jos tilaobjektin poistaa taulukon tai System Browserin kautta, se poistuu koko tietomallista, eikä sitä voida enää sen jälkeen palauttaa. [51.]



Kuva 22. System Browser

Kuvassa 22 ollaan poistamassa tilaobjektia System Browserin kautta. Tilaobjektit navigoidaan tästä valikosta niiden Zone-arvon mukaan. Tässä tapauksessa kaikki tilaobjektit ovat edelleen Default Zonessa.

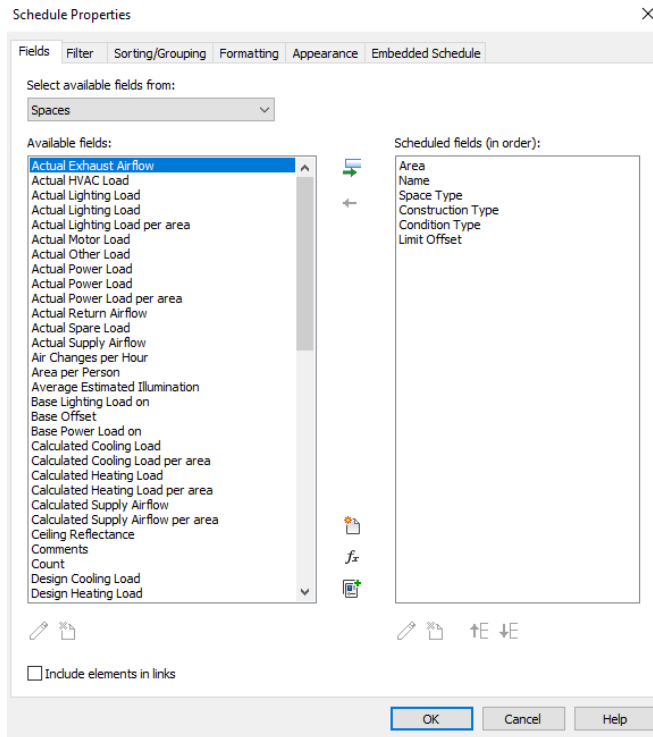
### Tilaobjektin Properties-valikko

Tilaobjekteille voidaan yksilökohtaisesti määrittellä parametritietoa, jota käytetään pääasiassa laskemiseen ja tiedon esittämiseen. Näitä tietoja saadaan muutettua manuaalisesti tilaobjektin Properties-valikosta. [52.] Valikkoon on myös mahdollista luoda omia parametrejä.

### Space Schedule

Tilaobjektien taulukkolista on vapaasti luotavissa. Taulukko määritetään pääasiassa parametritietojen mukaan, joita halutaan näyttää tilaobjekteista. Esimerkiksi nimi, pinta-ala, volume (kuutiot) sekä energia-analyttinen tieto. [53.] Tilaobjektien taulukko löytyy Project Browser:sta, Schedule/Quantities kohdan alapuolelta. Tilaobjektien taulukossa on kaikki tilaobjektit, kuten myös Not Placed/Enclosed -tilaobjektit. Tilaobjekteja voidaan piilottaa taulukosta klikkaamalla Options Bar:lta kohtaa Hide. [54.]





Kuva 23. Tilaobjekti-taulukon perustaminen

Kuvassa 23 on tilaobjektitaulukon perustaminen vaiheessa. Taulukko voidaan perustaa hyvin monipuolisesti valitsemalla halutut parametrit vasemmalta puolelta.

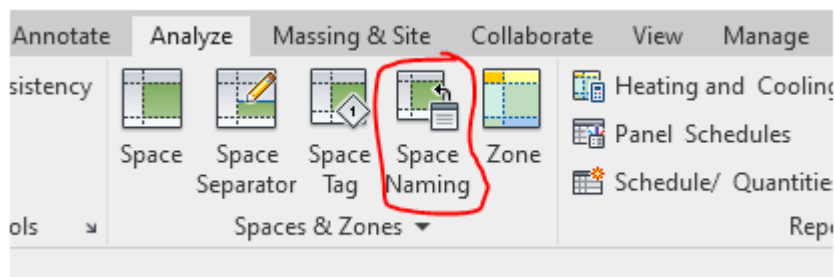
<Space Schedule>					
A	B	C	D	E	F
Area	Name	Space Type	Construction Type	Condition Type	Limit Offset
58.332 m <sup>2</sup>	OH	Olohuone	Koulu	Heated and cooled	3000 mm
60.691 m <sup>2</sup>	VT	Varastotila	Koulu	Heated	2400 mm
5.005 m <sup>2</sup>	KT	Kyttiö	Koulu	Heated	3000 mm
23.304 m <sup>2</sup>	WC	WC	Koulu	Heated	2400 mm

Kuva 24. Space Schedule

Kuvassa 24 on esitetty luotu tilaobjektien taulukko. Taulukon avulla on hyvin kätevä muuttaa tilaobjektien parametritietoja. Esimerkiksi Space Type -parametrillä saadaan määritettyä tiloille profiilit. Profiileja voidaan muokata ja lisätä sekä tallentaa tietoaustalle eli templatelle. Näin voidaan tilojen laskentaparametrit määrittää hyvin nopeasti. Rakennus- ja tilakohtaiset parametrit -otsikon alta löytyy kuva Space Type -ja Construction Type -asetuksista.

## Tilaobjektien nimeäminen huoneobjektien avulla

Tilaobjektit ovat kannattavaa nimetä ja numeroida arkkitehdin mukaan, jotta molempien tietomallien välillä säilyy yhteensopivuus. Revit-ohjelmasta löytyy työkalu nimeltä Space Naming -työkalu, mikä nimeää tai numeroi kaikki tilaobjektit arkkitehdin huoneobjektien mukaan. Työkalu vaatii siis olemassa olevat huoneobjektit toimiakseen. [55.]



Kuva 25. Space Naming -työkalu

Kuvassa 25 on esitetty Space Naming -työkalu, joka löytyy Analyze-välilehdeltä.

## Color Schemes

Värimallien käyttäminen tietomallintamisessa parantaa suunnitelmien visuaalisuutta. Värimalli tarkoittaa sitä, että tietomalliobjekteja kuten tilaobjekteja voidaan värjätä sisäisten parametrien mukaan. Esimerkiksi tilaobjektien värisävyä voidaan painottaa tummemmaksi ilmastin tai lämmitystehon tarpeen parametrin mukaan. MEP-suunnittelussa yleisiä värjäämisen kohteita ovat tilaobjektit, alueet (Zones), putket ja ilmanvaihtokanavat. Väriarinnat ja värimallit eivät tallennu objekti kohtaisesti, vaan ne tallentuvat näkymäkohtaisesti. Värimalleja voidaan luoda lisää ja tallentaa templatelle. [56.]



Kuva 26. Huoneobjektien värimalli [56]

Kuvassa 26 huoneobjektit ovat värjätty tilan värimallilla huoneiden käyttötarkoitusten mukaan. Ruskeat huoneet ovat toimistotiloja, tumman siniset huoneet ovat kokoustiloja ja vihreä huone on varasto. Värimalleja voidaan käyttää samalla tavalla tilaobjektin kanssa.

### Zones

Tietomallissa on aina Default zone, johon tilaobjektit menevät ensisijaisesti. Tietomalliin voidaan kuitenkin luoda uusia alueita (Zones) ja näihin uusiin alueisiin voidaan siirtää tilaobjekteja Default zone:sta. Alueiden tarkoitus on antaa mahdollisuus muokata ja tarkastella tilaobjekteja yhtenä massana.

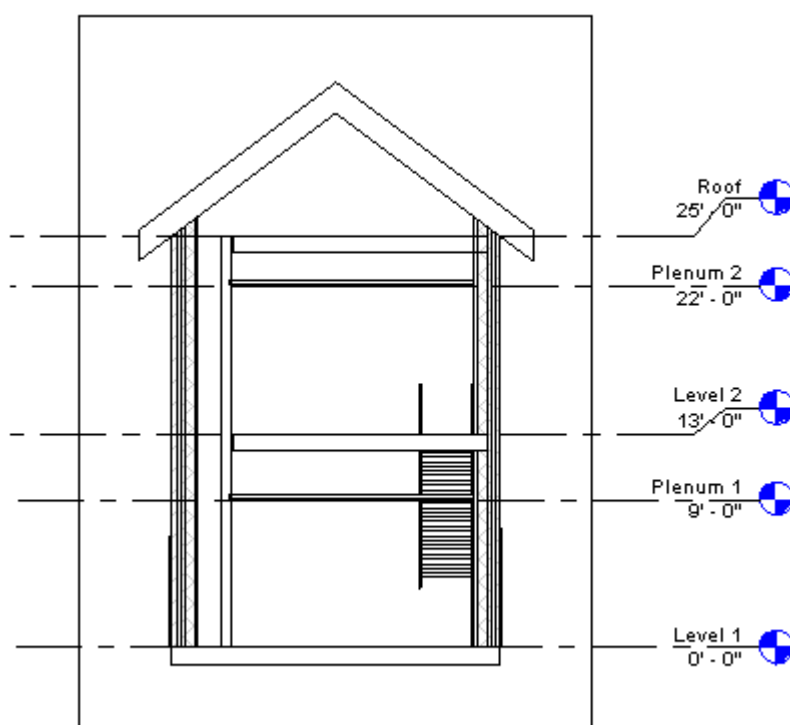
### Plenum space and Plenum level

Tasausalueita (Plenum Spaces) ovat alueet, joita ei ole tarkoitettu niin sanotusti miehitetyiksi alueiksi. Tasausalueita ovat kuilut (Cavities), ontelot (Shafts) ja koteloinnit (Chases), joihin voidaan asentaa talotekniikkaa, kuten käyttövesi- ja lämmitysputkia, ilmanvaihtokanavia ja sähköjohtoja. [27.]

Tilaobjektien lisäys vaatii tasausalueille omat nollatasot, joita kutsutaan "Plenum Levels". Plenum level tulee siis toimimaan periaatteessa tilaobjektin alaosan huonerajauskomponenttina, joten se on oltava vaaditussa paikassa. Jokaisella tasolla on oltava Floor Plan -näköymä, myös Plenum level:llä. Floor

plan -näkömahdollistaa asioiden luomisen/mallintamisen valituille tasoille. Luodut Plenum Spaces voidaan nimetä vapaasti välipohjaksi tai kuiluksi riippuen sen lopullisesta käyttötarkoituksesta. [27.]

Jos vaaditussa paikassa on jo toinen taso, niin se voidaan muuttaa Type Selector:sta ja valitsemalla sieltä Plenum Level. Jos näin muuttaa tason arvoa, niin silloin on tehtävä kyseiselle tasolle uusi Floor plan -näkömahdollisuus. Jos vaaditussa paikassa ei ole mitään tasoa, niin silloin siihen paikkaan voidaan luoda uusi Elevation-taso. Kuvassa 27 on esitetty Plenum-tasot varsinaisten Elevation-tasojen kanssa. [27.]

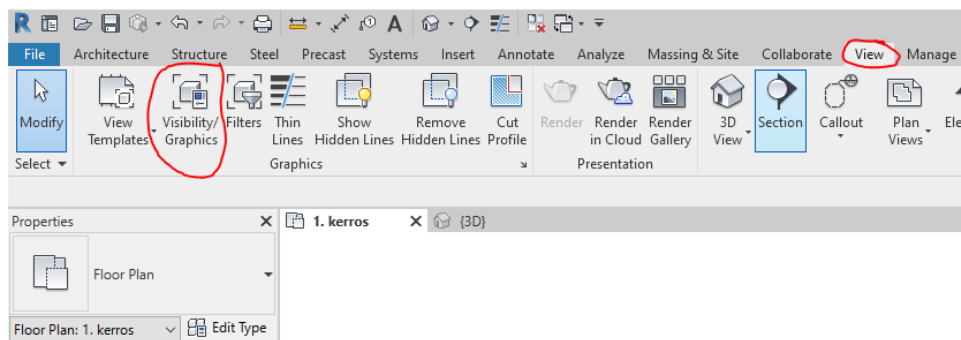


Kuva 27. Elevation-näkömahdollisuus [27]

Kuvassa 27 on havainnollistava kuva tyypillisestä kerrosnäkömahdollisuudesta eli Elevation-näkömahdollisuudesta. Elevation-tasot on nimetty Level 1, Level 2 ja Roof. Plenum-tasojen on määritetty juoksunumero Elevation-tason mukaan. Näitä arvoja saadaan muutettua kätevästi klikkaamalla kursorilla arvon päältä.

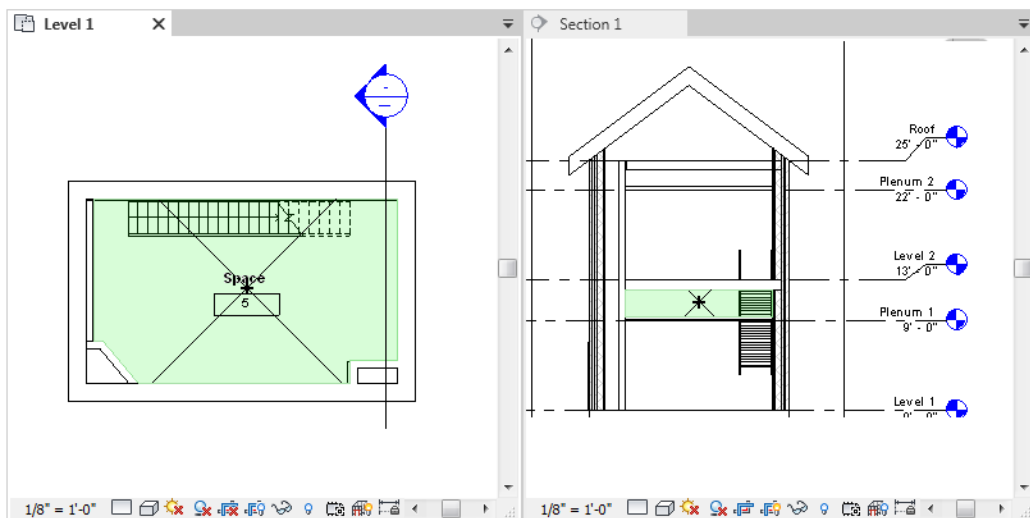
## Näkymäasetukset tasausalueen tasolle

Tilaobjekteja luodessa on hyvä laittaa näkymäasetukset kohdalleen tilaobjektien osalta Section -näkyville ja Floor plan -näkyville. Nämä asetukset varmistavat sen, että tasausalueen tilaobjektit tulevat näkymään tasopiirustuksessa. Näillä asetuksilla voidaan myös säätää tekniikkaa näkymään muiltakin kerroksilta. Yleensä se johtaa tekniikan päällekkäisyyksiin floor plan -näkyvässä, eli 2D-työskentelyikkunassa. Kuvassa 28 on esitetty navigointi Visibility/Graphics -asetuksiin ja kuvassa 39 on havainnollistettu Tile view -toiminnon käytettävyys.



Kuva 28. Visibility/Graphics -asetukset löytyvät View-välilehdeltä

Kuvasta 28 voidaan huomata Visibility/Graphics -asetuksien sijainti Revit-ohjelmassa. Toiminto löytyy siis View-välilehdeltä, ja sen avulla saadaan muutettua näkymän asetuksia.



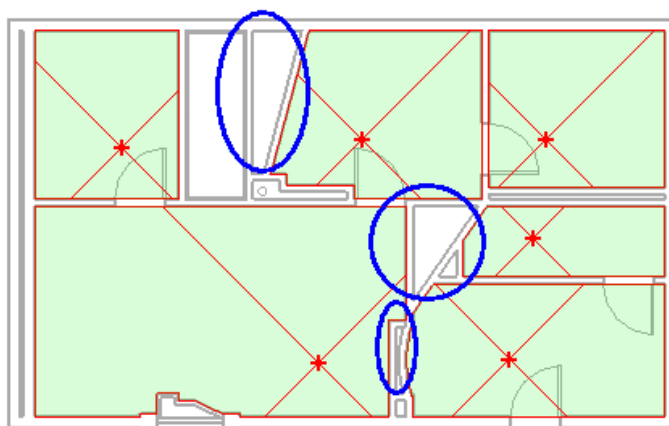
Kuva 29. Tile View -toiminto [27]

Revitissä voidaan yhdistää näkymät Tile view -toiminnon avulla, kuten kuvasta 29 voidaan huomata. Tile view antaa monipuolisemman kuvan työstettävästä alueesta, mikä esimerkiksi edesauttaa havaitsemaan puutteita. [27.]

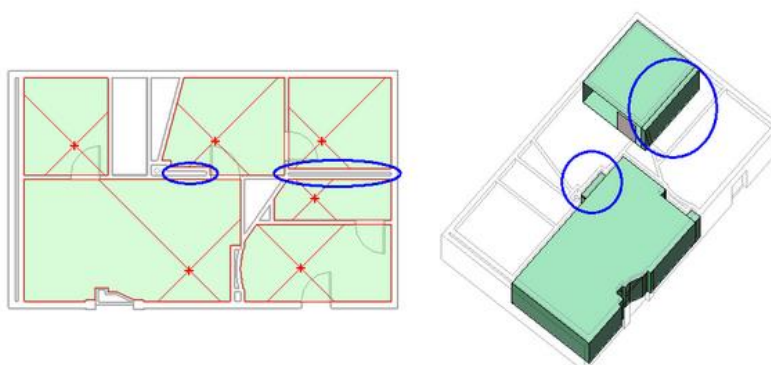
### Tilaobjektit tasausalueille

Tilaobjektit voidaan lisätä tasausalueille edellä mainitulla Space-työkalulla. Yleensä tasausalueet eivät sisällä arkkitehdin huoneobjektia, joten tasausalueen tilaobjektin parametri määräytyy automaattisesti ei miehityksi (unoccupiable). [27.]

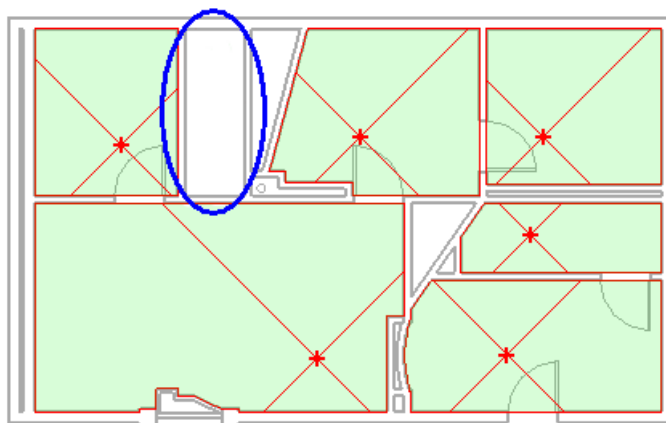
Monesti rakennuksesta löytyy erilaisia alueita, joita kutsutaan epäsymmetrisiksi, suikale ja symmetrisiksi alueiksi. Nämä alueet muodostuvat perusrakenteiden takia, eikä niillä ei ole välttämättä mitään teknistä tarkoitusta. Nämä alueet voidaan sisällyttää viereiseen tilaan, mutta Revit-ohjelman lämmitys- ja jäähdytystarpeen laskennan puolesta alueille olisi hyvä tehdä omat tilaobjektit, jotta niiden parametriarvoista saadaan mahdollisimman realistiset.



Kuva 30. Epäsymmetriset alueet syntyvät, kun alueessa on epäsuoria kulmia tai kaarevia seiniä [58]

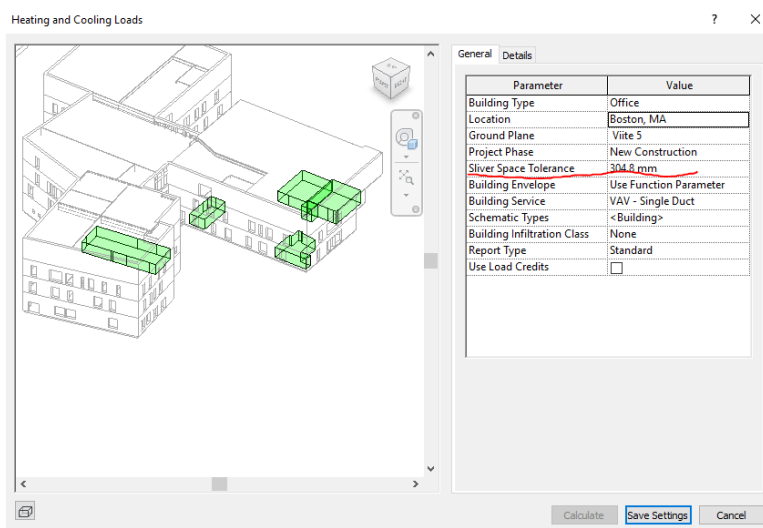


Kuva 31. Suikalemaiseta alueeta saattavat syntyvä kahden tilaobjektin väliin [58]



Kuva 32. Symmetrinen alue [58]

Kuvissa 30, 31 ja 32 on esitetty kolme erilaista aluetta, jotka täytyy pyrkiä huomioimaan Revitin laskentaosiossa. Näitä kolmea aluetta saadaan huomioitua lämmitys- ja jäähdytystarpeen laskennassa käyttämällä Revitin sisäistä logiikkaa/toimintaa, joka käyttää parametriä nimeltä Sliver Space Tolerance. Tämän logiikan tarkoitus on yhdistää valitulta alueelta tilaobjektin ympäriltä kaikki määrittelemättömät alueet. Jos määrittelemättömä aluetta ympäröi useat tilaobjektit, niin silloin Revit sisällyttää määrittelemättömän alueen tangentin mukaan. Toleranssin kanssa on suositeltavaa olla varovainen, ettei alueet yhdisty väärin alueisiin johtuen liian suuresta toleranssiarvosta. Toleranssin käyttäminen esiintyy Revit-ohjelman Heating and Cooling Loads -työkalussa. [58.]



Kuva 33. Heating and Cooling Loads -ikkuna

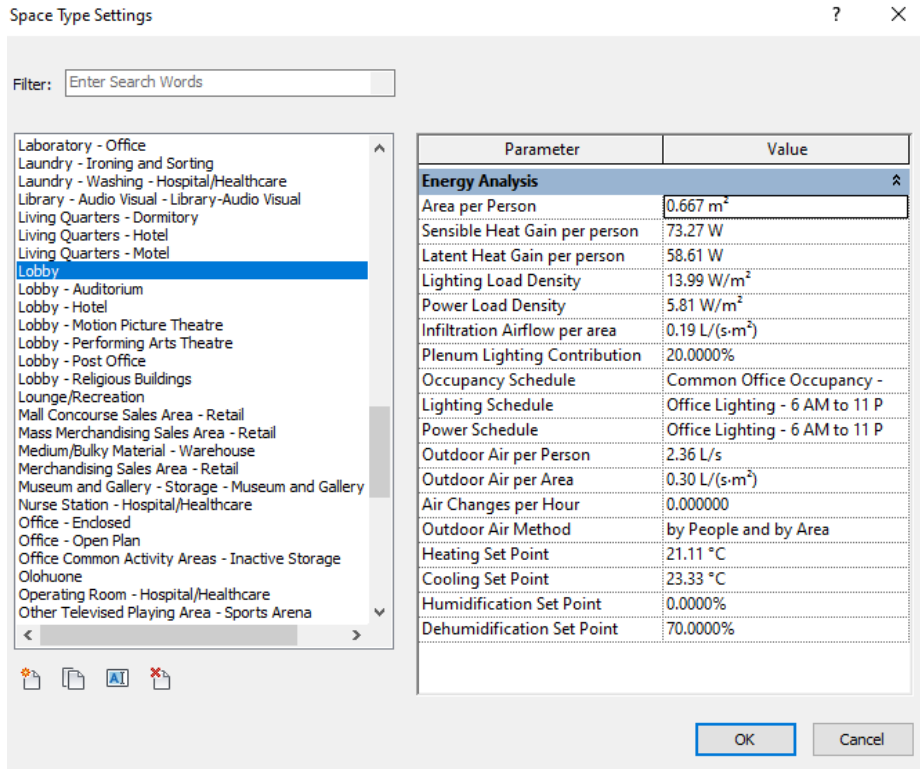
Kuvassa 33 on esitetty Heating and Cooling Loads -työkalun ikkunasta Sliver Space Tolerance -parametriä. Sliver Space Tolerance -parametri tulee käyttöön vasta Revit-ohjelman omassa laskentatyökalussa eli Heating and Cooling Loads -toiminnossa. Vihreät 3D-alueet rakennuksen sisällä ovat tilaobjekteja.

Toinen tapa selvittää määrittelemättömät alueet, on poistaa kahden alueen yhteiseltä rakenne-elementiltä huonerajauskomponentti käytöstä. Linkitettyjen tietomallien yhteydessä huonerajauskomponenttia ei saa otettua yksilökohtaisesti pois käytöstä, ellei sitä tee varsinaisen tietomallin kautta, eli arkkitehdin tietomallin kautta. [59.] Kolmas tapa on muodostaa manuaalisesti Space Separator -työkalulla kaikki Room Bounding -komponentit, eli arkkitehdin tietomalli jätetään kokonaan pois. Kolmas tapa ei ole varsinaisesti selvittämistä, vaan silloin Room Bounding -geometria luodaan täysin itse. Lähtökohtaisesti tasausalueet täytyy määritellä silloin, kun käytetystä Room Bounding -geometriasta löytyy puutteita tai ne on haluttu erotella varsinaisista oleskelualueista.

### **Rakennus- ja tilakohtaiset parametrit**

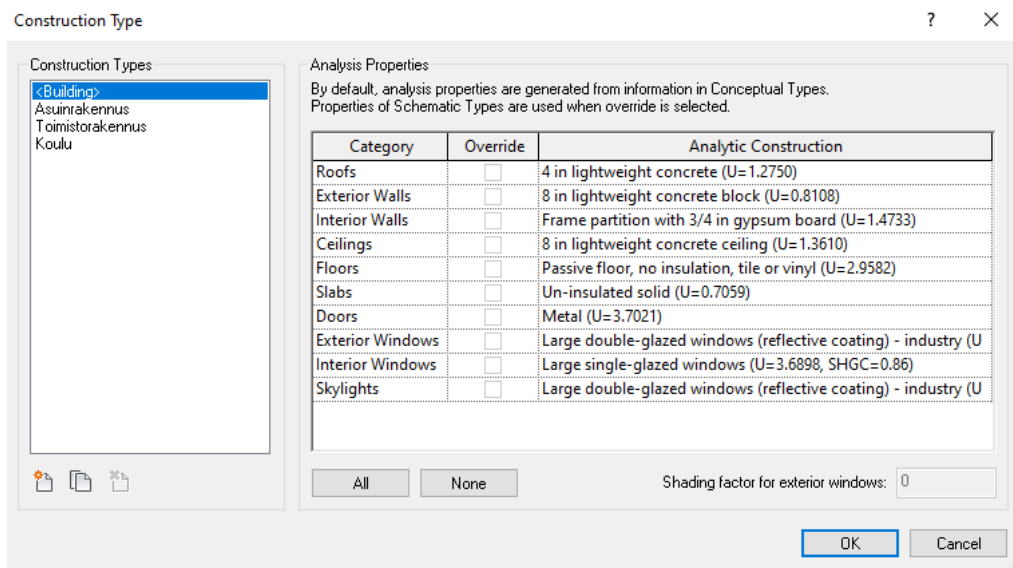
Parametrien määrittäminen on hyvin tärkeää, jos taloteknisistä Revit-laskelmista halutaan luotettavia. Revit-ohjelma käyttää ensisijaisesti tilaobjekteille oletusarvollisia parametrejä, ellei niitä ole erikseen muutettu käytetylle tietolustalle (templatelle). Yleensä tilaobjekteille muutetaan ensimmäisenä yhteisesti kaikki parametrit ja sen jälkeen parametreihin tehdään yksilökohtaiset muutokset. Yksilökohtaiset parametrien muutokset takaavat optimaalisimman laskentatuloksen. [60.] Tila- ja rakennuskohtaiset parametrit on hyvä käydä huolella läpi, jotta Revit-laskentaosuuden tulokset täsmäyvät todellisuutta [61;62].





Kuva 34. Space Type Settings

Kuvissa 34 on esitetty tilakohtaisten parametrien profiilivalikko. Space Type settings -valikosta löytyvät valmiit tilaobjektiprofiilit, jotka voidaan asettaa tilaobjekteille. Profiileja voidaan lisätä, poistaa ja muokata. Kaikki profiilit on mahdollista tallentaa valmiiksi Revit-templatelle, jolloin seuraavassa projektissa profiileita ei tarvitse luoda uudelleen.



Kuva 35. Construction Type

Kuvissa 35 on esitetty rakennuskohtaisten parametrien profiilivalikko. Construction Type -valikkoon voidaan luoda valmiita profiileja rakennuksille lämmönläpäisykertoimista. Oletusarvona Revit-laskennassa on Conceptual Type -asetukset käytössä, mutta ne voidaan osittain ylikirjoittaa, jos tässä valikossa otetaan käyttöön Override-parametri. Conceptual Type -asetuksia ei käydä läpi tässä tutkimuksessa, koska se liittyy enemmän energiamallintamiseen.

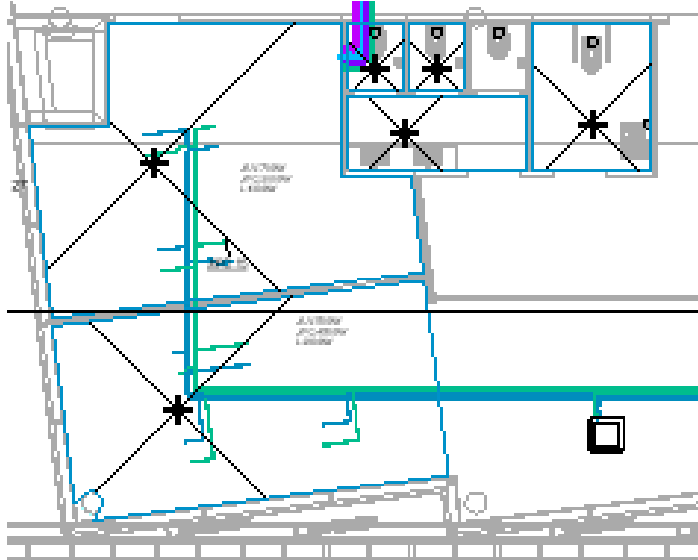
## 4 TULOKSET

Tutkimuksen tulososiossa on käytännönläheistä tutustumista tilaobjektien luomisprosessista. Samassa yhteydessä esiintyy tekniikka, joka erottaa eri vaihtoehdot Room Bounding -geometrian käyttämiselle. Ensimmäisessä kokeessa käytetään arkkitehdin luomaa Room Bounding -geometriaa, ja sen yhteydessä korjataan siinä esiintyvä ongelma Space Separator -toiminnolla. Space Separator -toimintoa voi siis käyttää arkkitehdin geometrian puutteiden korjaukseen tai sillä voidaan luoda kokonaan oma Room Bounding -geometria. Toisessa kokeessa luodaan tilaobjektit MagiCAD for AutoCAD Room Bounding -geometrian avulla. Tuloksien toisessa osiossa on esitelty yleisimpiä ongelmatilanteita, joita voi tulla vastaan tilaobjektien yhteydessä. Kolmannessa osiossa on käyty läpi tämän hetken Revit-toimintojen suorituspolkuja ohjeistuksen kaltaisesti.

### 4.1 Room Bounding -geometria arkkitehdin tietomallilla

Tilaobjektit voidaan luoda kätevästi arkkitehdin tietomallin avulla, jos tietomallissa on kaikki Room Bounding -komponentit kunnossa. Yleensä arkkitehti luo Room Bounding -geometrian huoneobjekteja varten, joten silloin geometriaa voidaan käyttää myös tilaobjekteja varten. Yksi yleinen ongelmatilanne on se, että kaikkia tilaobjekteja ei saada luotua arkkitehdin Room Bounding -geometrian avulla. Syy tähän ongelmatilanteeseen ovat arkkitehdin puutteet tai virheet Room Bounding -komponenteissa (rakenne-elementeissä tai Room Separator -viivoissa). Käyttämällä tilaobjektien automaattista luomistapaa moni kohta saattaa jäädä määrittelemättömäksi alueeksi tilaobjektien osalta kerroksen pohjakuvasta. Nämä alueet ovat helppo huomata, jos tilaobjektien näkömää asetukset ovat otettu käyttöön. Tämän kaltainen tilanne esiintyi eräässä esimerkki tietomallissa, jota käydään läpi seuraavaksi.

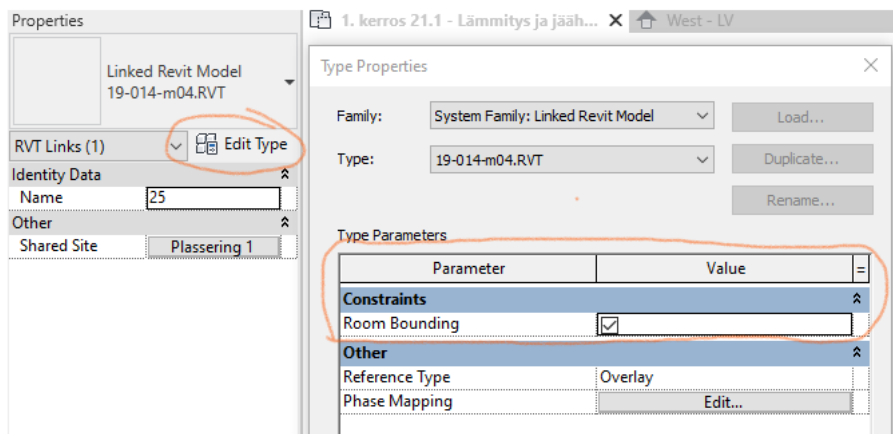
Ensimmäisenä tilaobjektien luomisprosessissa aukaistaan LVI-tietomalli, johon tilaobjektit on tarkoitus luoda. Seuraavaksi linkitetään arkkitehdin tietomalli LVI-tietomalliin.



Kuva 36. LVI-tietomalli ja siihen linkitetty arkkitehtitietomalli

Kuvassa 36 on linkitetty arkkitehdin tietomalli taustalla. Huoneobjektien näkömääsetukset ovat otettu käyttöön, joten olemassa olevat arkkitehdin luomat huoneobjektit näkyvät päällä olevassa Floor Plan -näkyvässä sinisillä viivoilla rajattuina neliöinä.

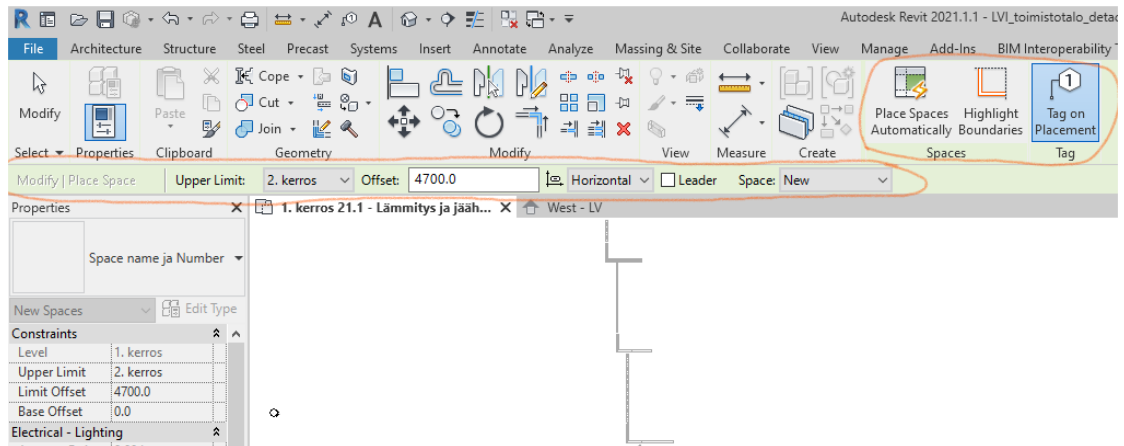
Linkityksen jälkeen määritettiin käyttöön Room Bounding -komponentit linkitystä tietomallista sekä muutettiin LVI-tietomallin kerrostasot arkkitehtitietomallin mukaiseksi Elevation-näkyvässä.



Kuva 37. Room Bounding -asetus

Kuvassa 37 on esitetty linkitetyn tietomallin Room Bounding -parametrin sijainti. Sijaintiin pääsee klikkaamalla linkitettyä tietomallia ja klikkaamalla kohtaa Edit Type Properties-valikosta.

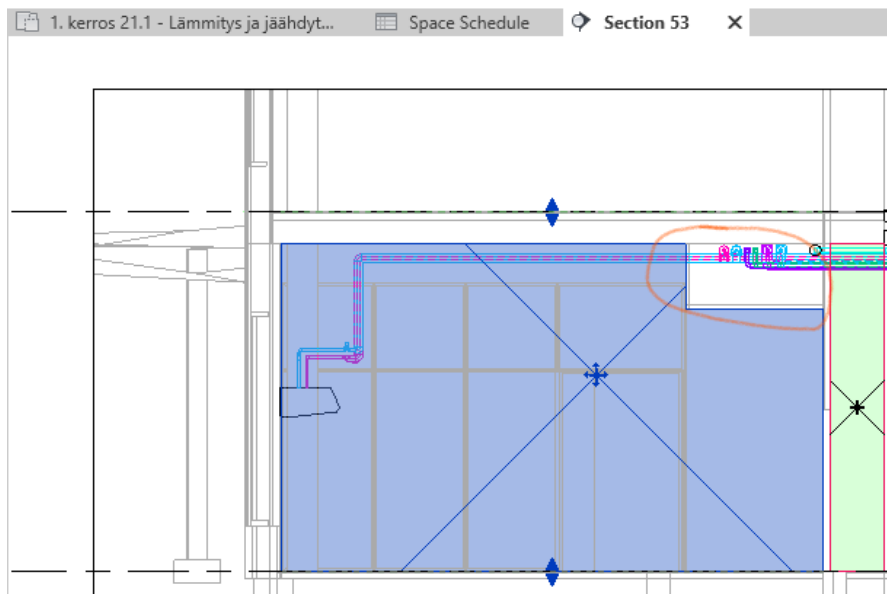
Tässä vaiheessa käytettiin tilaobjektien luomisessa automaattista työkalua, eli työkalua nimeltä Place Spaces Automatically. Osa asetuksista oli oletusarvona oikein, mutta Offset-asetus muutettiin huonekorkeuden mukaiseksi.



Kuva 38. Asetuksien määrittäminen ennen tilaobjektin asettamista

Kuvassa 38 on huomioitu punaisella viivalla Space-työkalun asetusrivi ja kolme toimintoa eli Place Spaces Automatically, Highlight Boundaries ja Tag on Placement. Asetusrivistä on enemmän tietoa sivulla 35.

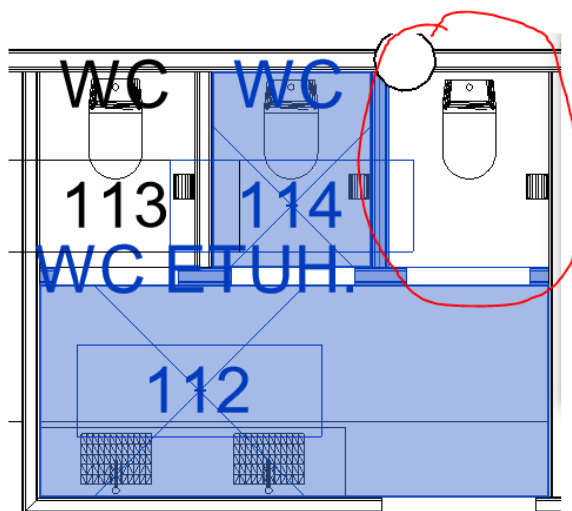
Tässä vaiheessa varmistettiin, että Areas and Volumes -asetus on käytössä. Asetuksen avulla tilaobjektit tulevat rajoittumaan ensimmäisiin Room Bounding -komponentteihin, jotka tulevat vastaan nollakorkotasolta kohti Upper Limit -tasoa. Asetus on käytännöllinen, jos halutaan erottaa välipohjat ja muut tasausalueet varsinaisesta oleskelualueesta. Muussa tapauksessa korkeusrajoitus on säädettävä jokaiselle tilaobjektille manuaalisesti.



Kuva 39. Tilaobjektit leikkauskuvassa

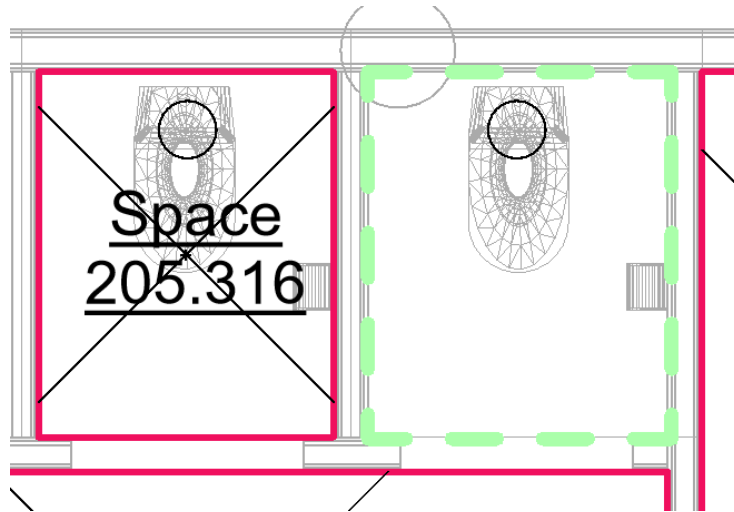
Tilaobjektit voi nähdä leikkauskuvassa ainoastaan silloin, kun leikkausviiva asetetaan Floor plan -näkyvässä tilaobjektin/en päälle. Kuvasta 39 voidaan huomata niin sanottu tasausalue. Alue on huomioitu punaisella ympyrällä. Tilaobjekti on klikattu aktiiviseksi, joten sen väri on muuttunut vihreästä siniseksi.

Tilaobjekteja tarkastelemalla tasopiirustuksesta huomattiin osan tilaobjekteista puuttuvan. Puutteet johtuivat arkkitehdin tietomallin Room Bounding -geometrian virheistä tai puutteista. Virheitä ei korjattu arkkitehdin tietomallista. Puuttuvalle WC-tilalle tehtiin Room Bounding -komponentit Space Separator -työkälulla. Puuttuvalle tilalle annettiin omakätisesti nimi ja numero, koska huoneobjekti puuttui tästä alueesta.



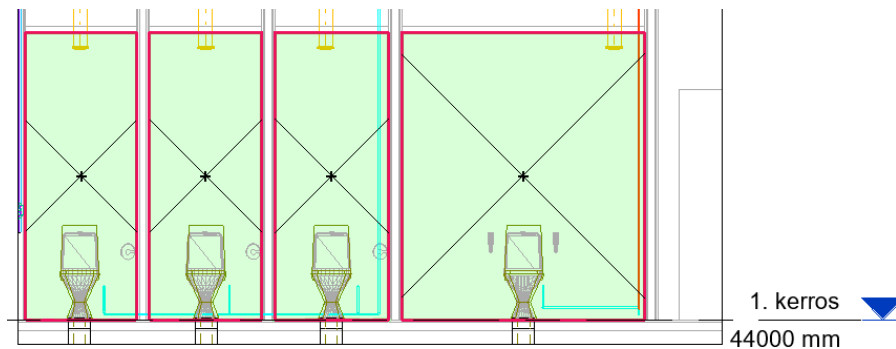
Kuva 40. Puuttuva WC-tilaobjekti

Kuvasta 40 voidaan huomata, että yhdeltä WC-tilalta puuttuu tilaobjekti. Auto-maattinen tilaobjektien luomistoiminto muodostaa tilaobjektit kaikille alueille, jotka ovat täysin rajattu Room Bounding -komponenteilla.



Kuva 41. Space Separator -viiva

Puuttuville alueille tehtiin huonerajaukset Space Separator -työkalulla. Kuvassa 41 on Space Separator -viivaa, joka näkyy vihreänä katkoviivana.

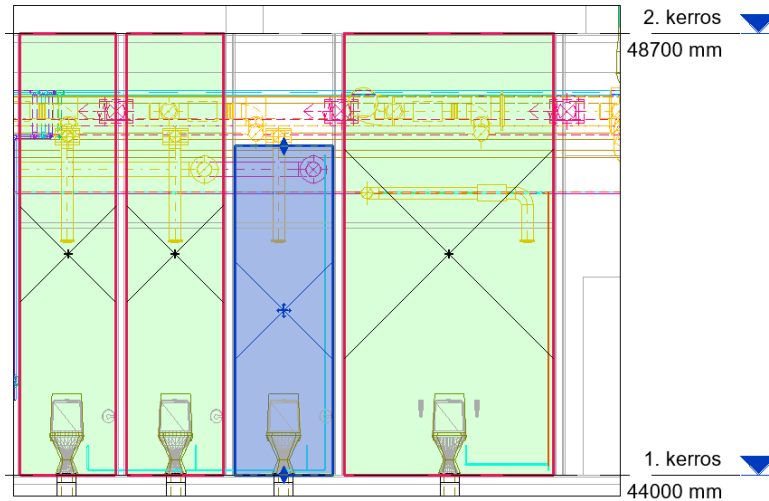


Kuva 42. Section view, eli leikkauskuva WC-tilojen tilaobjekteista

Kuvassa 42 näkyy vaihe, jossa uusi tilaobjekti on luotu puutteelliselle alueelle. Kuva on otettu Section-näkymästä eli leikkauskuvana.

Tilaobjektit voidaan luoda myös Area-asetus käytössä. Silloin tilaobjektit eivät rajoitu ennen seuraavaa kerrosta, joten tasausalueita ei tarvitse tehdä esimerkiksi välipohjille. Näin voidaan nopeasti luoda joka paikkaan tilaobjekti ja saada huomioitua jokainen alue energia-analyysiä varten. Tilaobjektin koko-

naiskuutiomäärään tulle siis sisältymään myös esimerkiksi välipohjan osuuteen. Tällä tavalla on kuitenkin todennäköisesti negatiivinen vaikutus energia-analyysin tarkkuuteen. Area-asetuksen käyttäminen mahdollistaa tilaobjektin korkeuden säädön Limit Offset -asetuksella. Asetuksen vaikutusta havainnollistettu kuvassa 43.



Kuva 43. Areas only -asetus käytössä

Kuvassa 43 on muutettu yhden tilaobjektin korkeusarvoa eli Limit Offset -asetusta. Korkeutta on mahdollista määrittää silloin, kun Areas only -asetus on päällä.

## 4.2 Room Bounding -geometria Space Separator -toiminnolla

Tilaobjektien Room Bounding -geometria on mahdollista luoda pelkästään Space Separator -toiminnolla. Toiminnolla piirretään viivat arkkitehdin kerrostasojen seinien mukaan. Tämä siis tarkoittaa sitä, että vaakasuorasta/horisontaalista kuvakulmasta katsoen kaikki Y-akselin Room Bounding -komponentit piirretään Space Separator -työkalulla ja kaikki X-akselin Room Bounding -komponentit ovat peräisin Elevation-tasoilta. Elevation-tasoja on mahdollista luoda lisää esimerkiksi välipohjia varten eli nollatasot välipohjille (Plenum levels). Tasausalueiden luominen saattaa olla työlästä riippuen siitä, kuinka arkkitehti on laatinut rakennuksen. Tasausalueet on mahdollista jättää huomiomatta ja sisällyttää ne varsinaiseen oleskelualueeseen. Silloin tilaobjektien laadinta nopeutuu, mutta tilaobjektien tilavuusarvot määrittyvät hieman ylimittouksen puolelle.

Room Bounding -geometrian luominen edellä mainitun periaatteen mukaan saattaa olla melko työlästä ja aikaa vievää. Sen lisäksi, että kaikki Room Bounding -komponentit täytyy käydä käsin läpi, niin myös huoneobjektien käyttäminen tilaobjektien nimeämisessä ja numeroinnissa voi jäädä epävarmaksi tai kokonaan pois. Epävarmuus johtuu siitä, että arkkitehdin Room Bounding komponentit saattavat olla eri kohdassa kuin Space Separator -työkalulla luodut Room Bounding -komponentit. Silloin myös huone- ja tilaobjektit tulevat olemaan eri kohdissa. Esimerkiksi jos huoneobjekti jää kahden tilaobjektin päällä, niin silloin tilaobjektien nimeämiset ja numeroimiset voivat mennä sekaisin Space Naming -työkalulla.

Yleensä syy tämän luomistavan käyttämiseen johtuu siitä, että arkkitehdin tietomalli on puutteellinen. Periaatteessa tämä on hyvin samanlainen tapa luoda Room Bounding -geometria Revitissä kuin MagiCAD Room-tiedoston luominen AutoCADissä. Teknisesti niiden laatiminen eroaa hyvin paljon, koska kyseessä on kaksi eri ohjelmaa, eli MagiCAD for AutoCAD ja Revit.

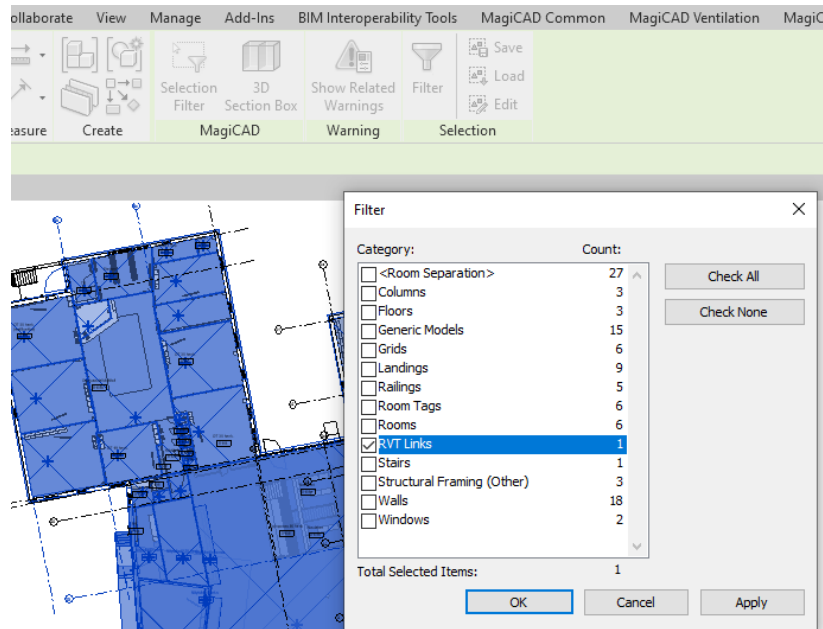
### **4.3 Room Bounding -geometria MagiCAD Room -toiminnolla**

MagiCAD for AutoCAD -ohjelmalla voidaan luoda objektit nimeltä Rooms. Rooms-objektit AutoCADissä ovat melkein samat käyttötarkoitukseltaan kuin tilaobjektit Revitissä. AutoCADissä Room-objekteja käytetään energia-analyysiin ja massavolyymien laskentaan. Revitissä voidaan käyttää tilaobjekteja energia-analyysin ja massavolyymien lisäksi niiden sisältämän tiedon esittämiseen 2D-kuvissa. Revitissä voidaan myös luoda uusia parametrejä/argumentteja tilaobjekteille, joten periaatteessa niiden käyttömahdollisuudet ovat todella monipuoliset tai lähes rajattomat.

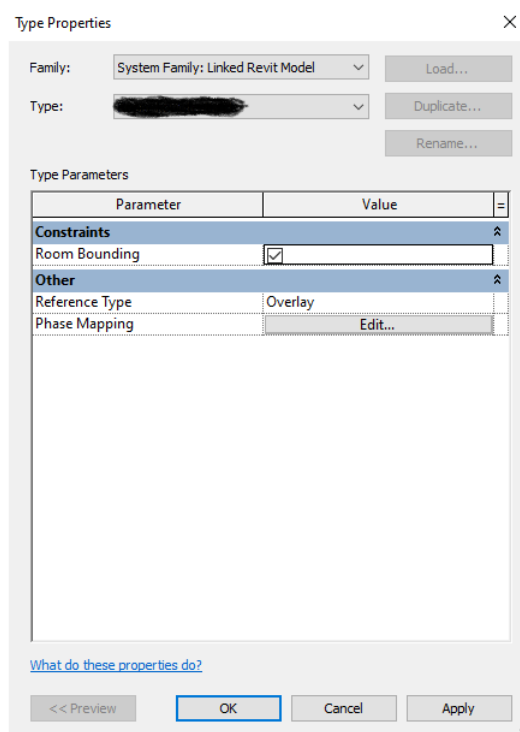
Rooms-objektit luodaan omalle tiedostolle, ja ne voidaan siirtää Revit-tietomalliin muuttamalla DWG-tiedosto IFC-tiedostoksi. Tämän jälkeen IFC-tiedosto aukaistaan Revitissä ja tallennetaan RVT-tiedostoksi. RVT-tiedostona linkitetynä tietomallien koordinaatistojen yhteensopivuus pysyy paremmin kohdallaan. RVT-tietomalli linkitetään projektin tietomalliin, ja sen koordinaatit laiteaan vastaamaan paikallisen tietomallin koordinaatteja Elevation-näkymässä. Tässä esimerkissä Room-tietomalli linkitettiin arkkitehdin tietomalliin. Yleensä arkkitehdin tietomalli sekä Room-tietomalli linkitetään LVI-tietomalliin. Kuvissa



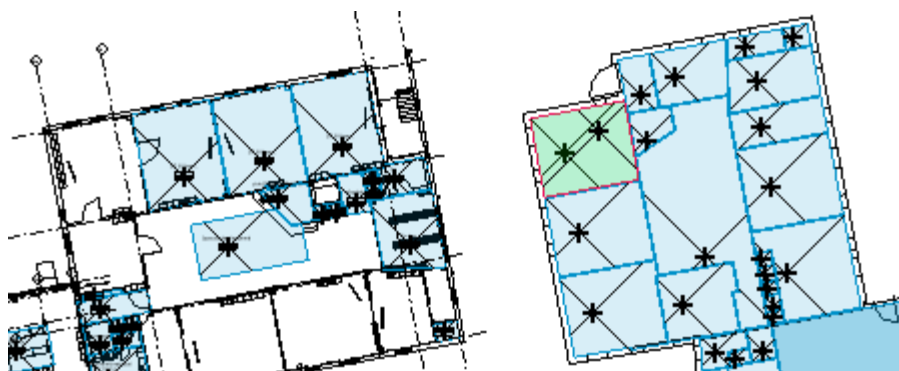
44, 45 ja 46 on esitetty vaiheittain tätä prosessia. Esityksestä puuttuu IFC-tiedotmallin muuntaminen RVT-tiedostoksi sekä kerroskorkeuksien yhteensovittaminen Elevation-näkymässä.



Kuva 44. Filter-toiminto



Kuva 45. Type Properties -valikko



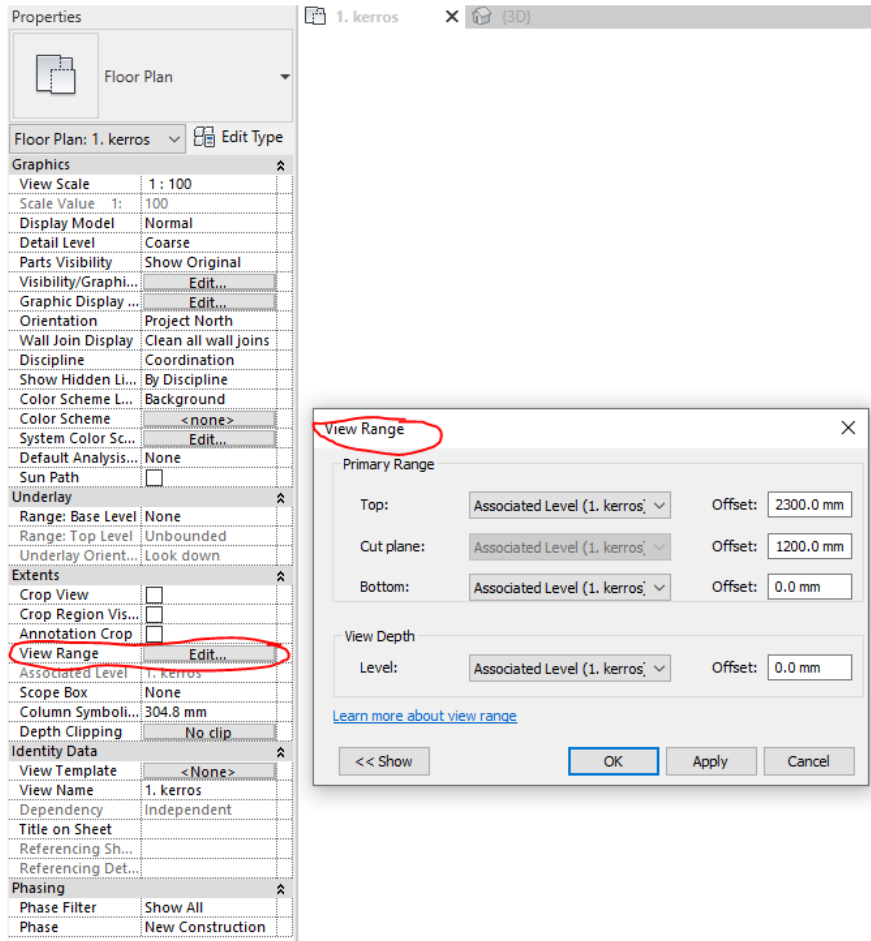
Kuva 46. Arkkitehdin tietomalli ja MagiCAD for AutoCAD -tietomalli

Kuvassa 46 on tallennettu MagiCAD for AutoCADin IFC-tietomalli RVT-tietomalliksi ja sen jälkeen linkitetty arkkitehdin tietomalliin. Linkitetty tietomalli on siirretty kuvan oikealle puolelle havainnoinnin parantamiseksi. Kuvasta voidaan huomata Room Bounding -geometrian erot kahden tietomallin välillä. Siniset alueet ovat huoneobjekteja, jotka on luotu olemassa olevan Room Bounding -geometrian avulla. Linkitettyyn tietomalliin on lisätty yksi tilaobjekti (ks. vihreä alue).

#### 4.4 Ongelmatilanteet tilaobjektien yhteydessä sekä niiden ratkaisut

##### **Ongelmatilanne: Linkitettyä tietomallia ei voida nähdä**

Yleinen syy tähän on se, että linkitetty tietomalli on X-, Y-, Z-koordinaatistolla väärässä paikassa. Helpointen sen voi tunnistaa aukaisemalla 3D-näkymä, jolloin zoomaamalla voi linkitetyn tietomallin löytää. Floor plan -näköstä sitä ei välttämättä löydä ollenkaan, jos vaakasuunnasta katsottuna tietomallin Y-koordinaatti on kokonaan pielessä ja näkymän View Range -asetus on rajoitettu kerroksien väliin. Tietomallin voi siis saada näkyviin Floor Plan -näkömässä muuttamalla View Range -asetuksen ylä- ja alarajan asetuksen rajattomaksi ja kytkemällä kaikkien komponenttien näkyvyysasetukset päälle. Kuvassa 47 on esitetty View range -valikko.



Kuva 47. View Range -valikko

Toinen syy on se, että linkitetty tietomalli on erikseen piilotettu kokonaan. Sen voi ratkaista kytkemällä Reveal Hidden Elements -asetuksen päälle, jolloin näkymässä pitäisi näkyä kaikki objektit. Piilotetut objektit ovat väriltään magenta. Objektia klikkaamalla ja kytkemällä piilotusasetuksen poista päältä voi saada objektin taas näkymään tavalliseen tapaan. [63.]

Kolmas syy on se, että kaikkien linkkien näkyvyysasetukset on väärin aseteltu paikasta RVT Link Display -asetukset. Yleensä oletusarvot ovat riittävän hyvin aseteltu mutta tarpeenmukaisesti ne on hyvä käydä läpi varsinkin, jos linkitettyä tietomallia ei saada muulla tavalla näkyviin. [63.]

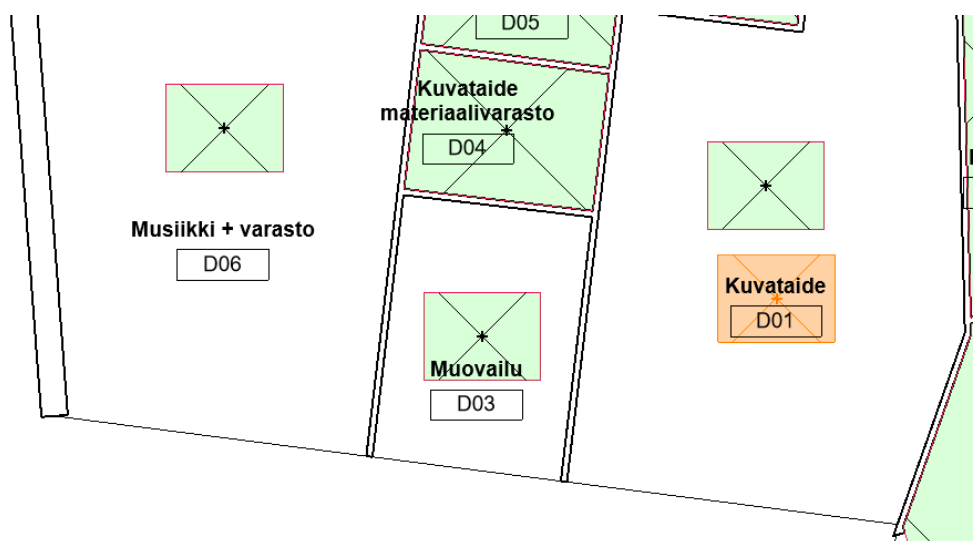
### Ongelmatilanne: Rakenne-elementti toimii Room Bounding -komponenttina, vaikka asetus on otettu pois päältä

Tämä tilanne voi johtua Revitin omasta teknisestä virheestä. Toinen syy voi olla se, että rakenne-elementtejä on kaksi päällekkäin ja toisesta on ainoastaan kytketty Room Bounding -parametri pois päältä. Ensimmäisenä on hyvä tarkistaa mahdollinen päällekkäisyys rakenne-elementtien kesken esimerkiksi Filter-toiminnon avulla.

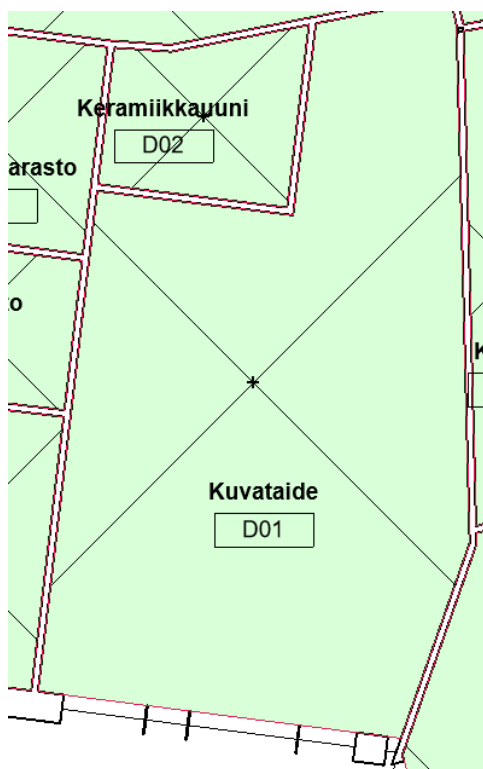
Jos syy johtuu Revitin omasta teknisestä virheestä, niin yksi tapa korjata tämä tilanne on päivittää rakenne-elementin Room Bounding -asetus kytkemällä se takaisin päälle ja sen jälkeen pois. Toinen mahdollinen korjaustapa on päivittää kerrostason laskentakorkeus eli Computation Height -arvo. Tämä arvo/parametri on kerroskohtainen arvo. Sen perusteella Revit-ohjelma laskee rajatun alueen eli tila- tai huoneobjektin sisältä massa/volumetietoa. Päivitys tapahtuu kerrostason Properties-valikosta. Käytännössä sen arvoa muutetaan hetkellisesti toiseen arvoon ja sen jälkeen takaisin. [64.]

### Ongelmatilanne: Rakenne-elementiltä ei löydy Room Bounding -asetusta

Kaikilla elementeillä ei ole sisäistä Room Bounding -toimintoa, joten asetusta ei ole. Esimerkiksi rakennuspalkeilta (Beams) ei löydy tätä vaihtoehtoa. Silloin on kiertotapana käytettävä Room Separator -työkalua [65]. Kuvissa 48 ja 49 on esitetty puutteellinen alue Room Bounding -komponentin osalta.



Kuva 48. Tilaobjektit ilman täysin rajattua Room Bounding -aluetta



Kuva 49. Tilaobjektit täysin rajatun Room Bounding -alueen sisällä

Kuvassa 48 Room Bounding -komponentti puuttuu alueen alaosasta, jolloin tilaobjektit eivät muodostu alueelle tarkoituksen mukaisella tavalla. Kuvassa 49 alueen alaosaan on lisätty rakenne-elementti (seinä), joka omaa Room Bounding -komponentin. Tilaobjekti on muodostunut alueen sisäpuolelle tarkoituksen mukaisella tavalla.

### **Virheilmoitus: Room/Space Is Not Enclosed**

Yleensä tämä esiintyy silloin, kun Room Bounding -geometria on muuttunut tai poistunut kokonaan paikallisesta tietomallista. Tämä tarkoittaa sitä, että huoneobjektia ei ole täysin rajattu Room Bounding -komponenteilla. [66.]

Yksi mahdollinen tapaus on se, että Room Bounding -geometrietietomalli on sammutettu projektilta, jolloin kaikki tilaobjektit jäävät ilman Room Bounding -rajausta. Ongelman saa korjattua, kytkemällä linkitetty tietomalli takaisin päälle.

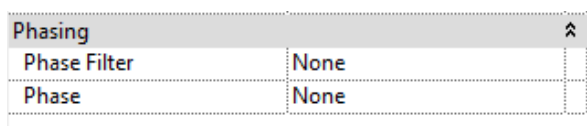
Toinen mahdollinen tapaus on se, että Room Bounding -asetus on kytketty pois päältä linkitetystä tietomallilta. Ongelman voi korjata laittamalla asetus takaisin päälle linkitetyn tietomallin Type Properties -valikosta.

### Ongelmatilanne: Tilaobjektia ei voida nähdä

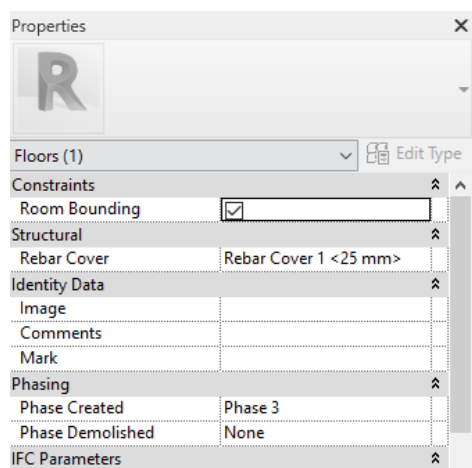
Yleinen syy on se, että tilaobjektien näkymäasetukset eivät ole päällä ajan-kohtaisessa näkymässä. Ongelman saa korjattua näkymäasetuksien kautta.

Toinen syy voi olla se, että jos käytetään Room Bounding -geometriana arkkitehdin tietomallia ja se sisältää monikerroskattoa (Compound Ceiling). Jos monikerroskaton eri tasoille on laitettu Room Bounding -asetus päälle, niin silloin tilaobjekti voi asentua katon eri kerrostasojen väliin. Yksi selvitysvaihtoehto on muokata monikerroskaton Room Bounding -asetusta. Kerros tulee siis Floor plan -tason alapuolelta seuraavaan kerrokseen. Silloin alempaan kerrokseen on laitettu monikerroskatto virheellisesti siten, että sen yksi tai useampi kerrostaso (layer) tulee seuraavaan kerrokseen. Monikerroskatto täytyy muokata arkkitehdin tietomallista. Linkitetystä tietomallista ei voida yksittäistä rakenne-elementtiä muokata. Tarkastelu on hyvä tehdä leikkausnäkyssä eli Section view:ssä. [67.]

Kolmas syy voi olla se, että tilaobjektit ovat eri vaiheessa kuin näkymän vaihe. Vaiheen määrittämisen voi tarkistaa Floor plan -näkyvän Properties-valikosta. Tilaobjektit saavat luodessa vaiheen auki olevalta Floor plan -näkyältä. Ongelman voi saada ratkaistua muuttamalla näkymän Phase-parametria eri arvoon.



Kuva 50. Phasing-parametrit

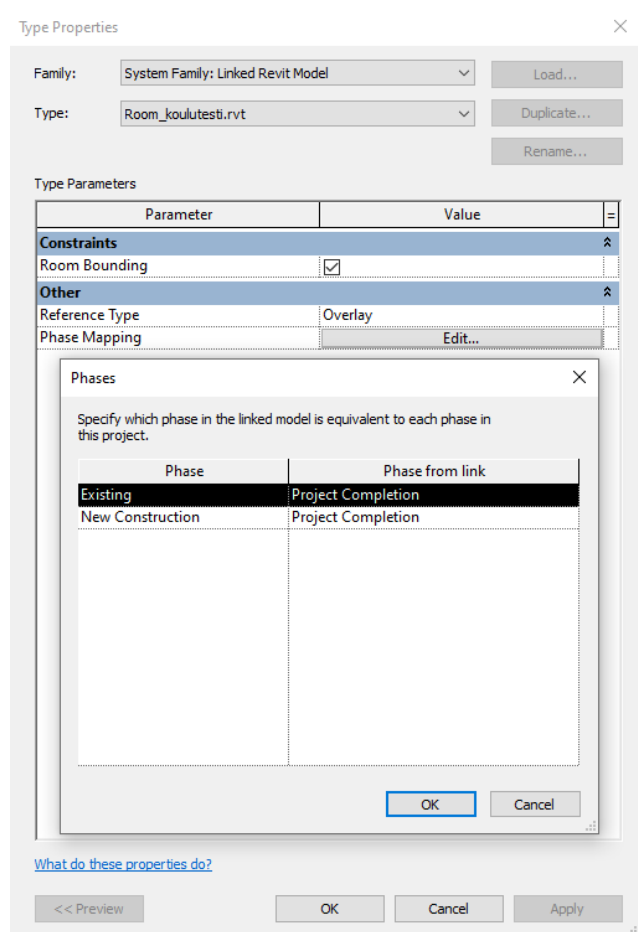


Kuva 51. Rakenne-elementin (lattian) Properties-valikko

Kuvassa 50 ja 51 näkyy Phasing-parametrit. Kuvassa Floor Planin vaiheasetus on None ja kuvassa 51 rakenne-elementin vaiheeksi on aseteltu Phase 3.

### Tilaobjektin nimet ja numeroinnit eivät täsmää ajantasaisen arkkitehtitietomallin kanssa

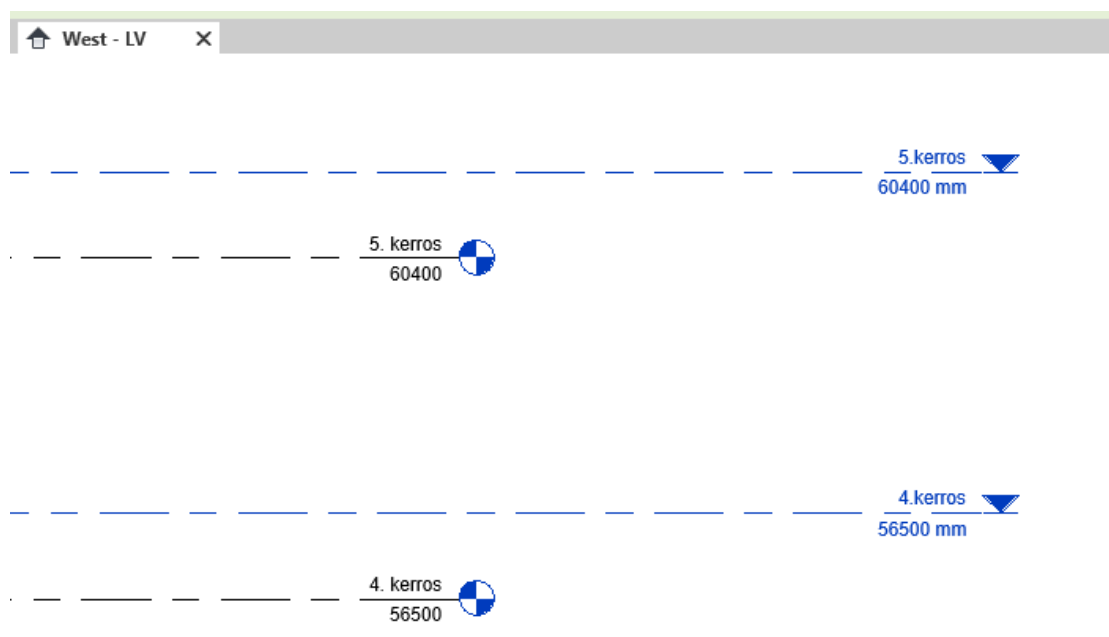
Yksi syy viallisiin nimiin ja numeroihin on se, että oman tietomallin ja linkitetyn tietomallin ajoitukset eivät täsmää. Ajoitus (Phase) on parametri näkymille ja näkymän sisäisille elementeille. Yksittäisten elementtien ajoitusparametri on riippuvainen näkymän omasta ajoitusparametristä. Yleisesti käytetään ajoituksia olemassa oleva (Existing), purettu (Demolished), uusi (New) ja väliaikainen (Temporary). Ensimmäisenä on syytä tarkistaa tietomallien Phase-parametrien vastaavuus. Toinen selvitys tapa on se, että tarkastaa yksilökohtaisesti huoneobjektien ajoitusparametrin linkitetystä tietomallista. [68.] Ajoitusten yhteensopivuuden kahden tietomallin väliltä voi katsoa Phase Mapping -kohdan asetuksista. Asetukseen pääsee linkitetyn tietomallin Type Properties -valikosta.



Kuva 52. Phase Mapping -asetukset

Kuvassa 52 on esitetty Type Properties -ja Phase Mapping -ikkuna. Valikosta nähdään linkitetyn tietomallin ja paikallisen tietomallin vaiheiden vastaavuus.

Toinen syy voi olla se, että linkitetyn arkkitehtitietomallin kerrokset eivät ole identtisesti samassa korkeusasemassa paikallisen tietomallin kanssa. Asian voi tarkistaa vertaamalla tietomallien korkeusasemia kerrosnäköystä. Kerroksien korkeusasema on suositeltavaa pitää arkkitehdin kanssa samassa korkeusasemassa. [68.]



Kuva 53. Elevation-näkymä

Kuvassa 53 on esitetty esimerkkutilanne, jossa kerroksien korkeusasema poikkeaa hieman toisistaan. Jos 4. kerroksen huoneobjektit ovat 5. kerroksen tilaobjektien päällä, niin tilaobjektit tulevat saamaan väärät nimet ja numeroinnit Space Naming -työkalulla.

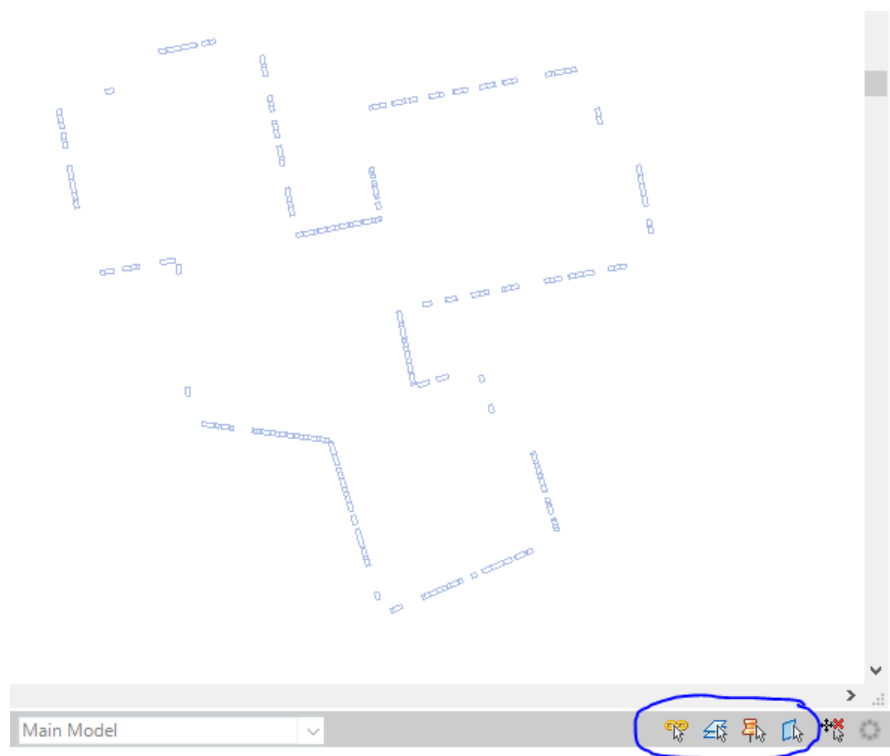
Kolmas syy voi olla se, että Computation Height -arvon on laitettu liian korkealle tai kerroksen nollakorkotason alapuolelle eli alempaan kerrokseen. Asian voi selvittää tarkastelemalla Computation Height -parametriä ja sijoittamalla se esimerkiksi nollakorkotason yläpuolelle arvoon +500 mm. Computation Height



-arvon muuttamista on syytä harkita, sillä sitä voidaan säätää vain kerrostasokohtaisesti. Se tarkoittaa sitä, että kaikkien huoneobjektien laskentakorkeus muuttuu muokattavalta kerrostasolta. Yleensä tämä asetus säädetään arkkitehdin toimesta optimaaliseksi kaltevien seinien mukaan, jotta lasketuista neliö- ja kuutiomääristä (Area and Volume) tulee mahdollisimman tarkat. Computation Height -parametri löytyy Floor plan -näkyvän Properties-valikosta. [68.]

### Linkitetty tietomalli toimii vain osittain

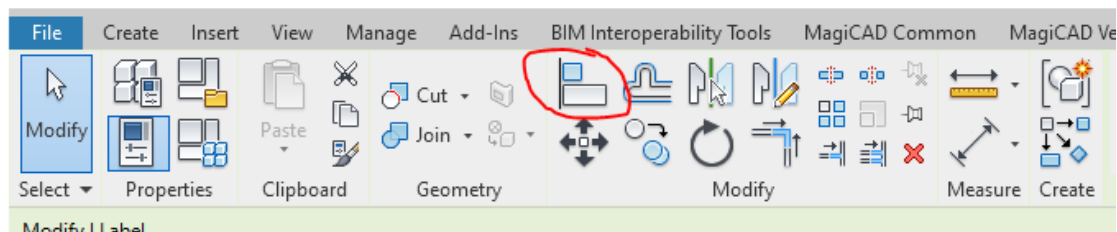
Tietomalli voi näkyä vain osittain, eikä se toimi oletetulla tavalla esimerkiksi Room Bounding -komponenttien osalta. Tämän kaltainen tilanne esiintyy silloin, kun linkitetyn tietomallin koordinaatisto ei täsmää paikallisen tietomallin kanssa. Kuvassa 54 esiintyy tämän kaltainen tilanne.



Kuva 54. Virheellisesti aseteltu tietomalli

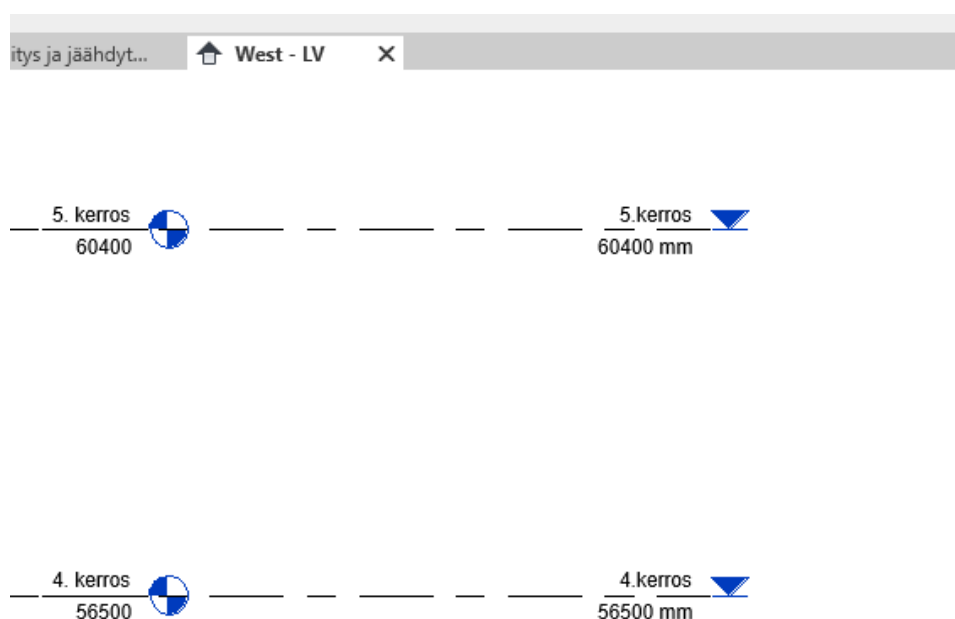
Kuvassa 54 rakenne-elementit näkyvät vain osittain, ja Room Bounding -komponentit eivät toimi linkitetyn tietomallin Room Bounding -asetuksesta huolimatta. Sinisellä viivalla on huomioitu lisäasetukset. Lisäasetuksilla voidaan ohittaa lukituksia tai vaikuttaa kursorin käyttäytymiseen.

Tilanteen voi korjata Elevation-näkymän kautta. Näkymässä siirretään kerroskorkeudet samalle tasolle vastaamaan toisiaan. [69.] Yksi kätevä siirtotapa on käyttää Revitin toimintoa nimeltä Align.



Kuva 55. Modify-paneeli

Kuvassa 55 näkyy Modify-paneeli, jossa on erilaisia työkaluja. Esimerkiksi Align-toiminnolla saadaan siirrettyä elementit X- tai Y-asteikolla samalle tasolle. Align-toiminto huomioitu punaisella ympyrällä.



Kuva 56. Kahden tietomallin kerrostasot

Kuvassa 56 on kahden tietomallin kerroskorkeudet siirretty samalle tasolle. Tasot voidaan siirtää hyvin helposti käyttämällä Align-toimintoa. Toiminnolla klikataan kahta eri objektia, jolloin toinen objekteista siirtyy toisen kanssa samalle akselille.

## Tietoa tila- ja huoneobjektien käyttäytymisestä

Tila- ja huoneobjektit ovat hyvin pitkälle periaatteeltaan samanlaiset mutta niiden teknisessä puolessa on kuitenkin eronsa. Mahdollisia konflikteja saattaa muodostua useista eri syistä huone- ja tilaobjekteissa, joten seuraavassa listauksessa on teknisiä sääntöjä liittyen tila- ja huoneobjekteihin [70.]:

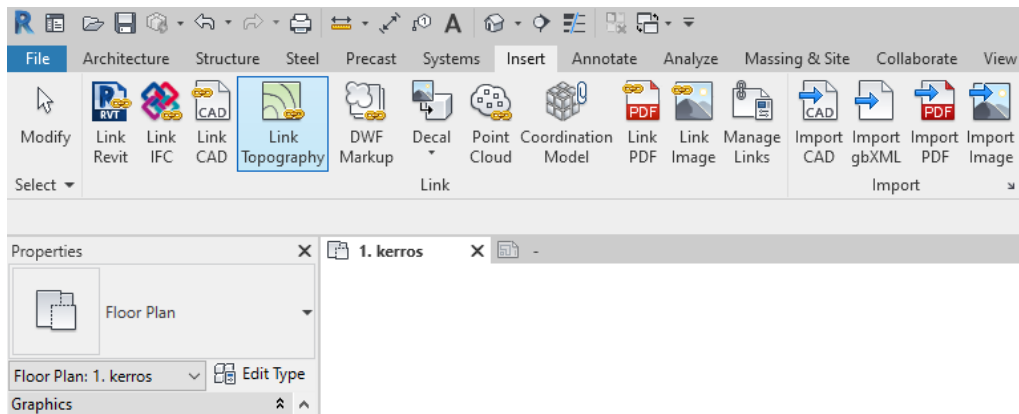
- ❖ Room Bounding -komponentit voivat olla pelkästään linkitettyssä tietomallissa, pelkästään omassa/ajankohtaisessa MEP-tietomallissa tai molemmissa tietomalleissa.
- ❖ Tilaobjekteihin vaikuttavat Room Separator -viivat mutta huoneobjekteihin ei vaikuta Space Separator -viivat.
- ❖ Tilaobjektien koko (volume) lasketaan seinien sisäpinnoilta.
- ❖ Tilaobjektit käyttävät arkkitehtitietomallissa määriteltyä laskentakorkeutta (Computation height).
- ❖ Tilaobjektit tietävät mihin huoneobjektiin ne ovat sijoittuneena Tämä tieto perustuu geometriseen sijaintitietoon.
- ❖ Useat tilaobjektit voivat käyttää yhden huoneobjektin identiteettiä.
- ❖ Huoneobjektit voivat olla suunnitteluasetuksissa (Design Options) mutta tilaobjektit eivät voi olla.
- ❖ Jos linkitettyssä arkkitehtitietomallissa/Room Bounding -geometriamallissa tulee muutoksia, jotka vaikuttavat tilaobjekteihin, niin silloin tilaobjektin määrittäminen voi muuttua sulkemattomiksi (unenclosed), tarpeettomiksi (redundant) tai epäselviksi (ambiguous).
- ❖ Linkitetyn tietomallin muutokset eivät aina päivity toiseen tietomalliin. Silloin on linkitettävä tietomalli aukaistava (opened), tallennettava (re-saved) ja ladattava uudelleen (reloaded).

## 4.5 Revit-toimintojen ohjeet

### Tietomallin linkittäminen

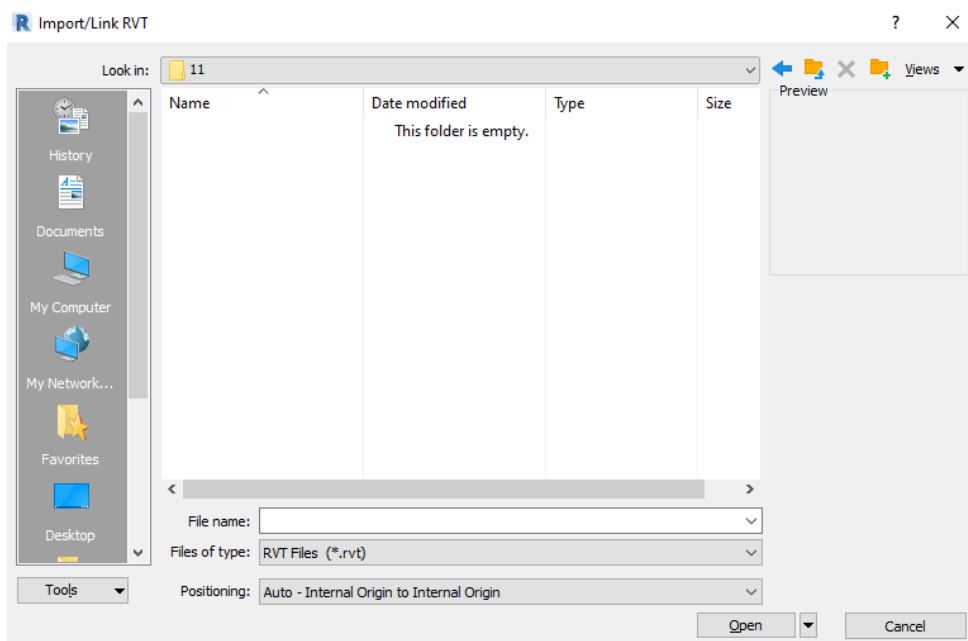
Ensimmäisenä täytyy aukaista tietomalli, johon halutaan linkittää toinen tietomalli. Seuraavaksi mennään välilehdelle Insert Tab ja klikataan Link-paneelilta haluttua linkitysmuotoa Revit, IFC, CAD tai Topography. Tämän jälkeen etsitään tietokoneelta/pilvestä tietomalli, joka halutaan linkittää. Samassa vaiheessa voidaan valita linkityksen sijoittamistapa, yleensä valitaan Auto – Origin to Origin. Lopuksi klikataan kohtaa Open. Tästä on seuraavaksi esitetty lyhyt polku:

- Aukaise tietomalli
- Insert Tab
  - Link panel
  - Klikkaa haluttua linkitysmuotoa (Revit)
- Valitse linkitettävä tietomalli
- Valitse sijoitustapa
- Klikkaa "Open"



Kuva 57. Insert-välilehti

Kuvassa 57 on esitetty Insert-välilehdeltä linkityksen neljä eri linkitysvaihtoehtoa Revit, IFC, CAD tai Topography. Vaihtoehdot ovat siis eri tiedostomuotoja varten.



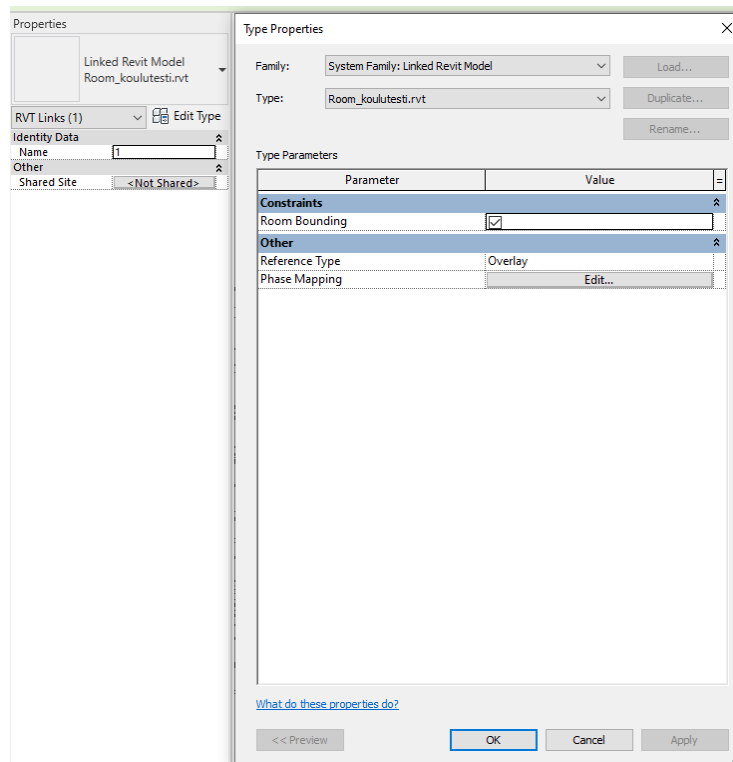
Kuva 58. Import/Link RVT -ikkuna

Kuvassa 58 on ikkuna, josta voidaan valita linkitettävä tietomalli sekä sen sijointustapa (Positioning).

### Linkitetyn tietomallin Room Bounding -asetuksen käyttöönotto

Room Bounding -asetuksen käyttöönotto on hyvin yksinkertainen toimenpide. Ensimmäisenä klikataan linkitettyä tietomallia ja mennään sen Properties-valikkoon. Valikossa klikataan Edit Type, joka aukaisee Type Properties -ikkunan. Ikkunassa on kohta Room Bounding ja tämän parametrin arvona on

On/Off -vaihtoehdot. Asetus saadaan käyttöön, kun klikataan On/Off-arvolle merkki päälle.



Kuva 59. Type Properties -ikkuna

Kuvassa 59 on esitetty linkitetyn tietomallin Room Bounding -asetuksen käyttöönotto. Kuvassa Room Bounding -asetus on otettu käyttöön. Oletusarvona linkitettyjen tietomallien Room Bounding -asetus ei ole käytössä.

### Tilaobjektien luominen

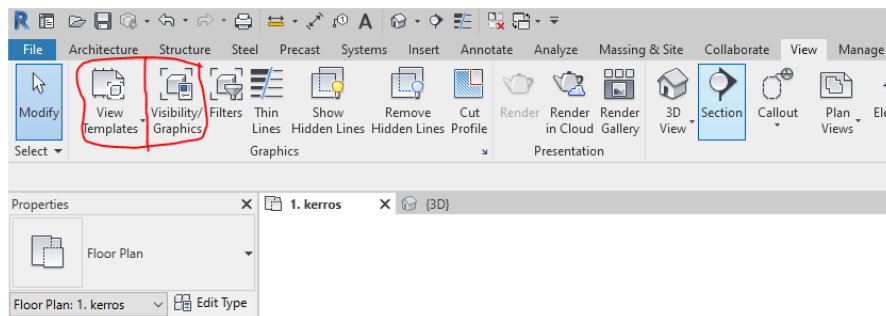
Tilaobjektin luominen aloitetaan aukaisemalla näkymä, johon tilaobjekti/t halutaan luoda. Seuraavaksi mennään välilehdelle Analyze Tab ja välilehdeltä klikataan Spaces and Zone -paneelilta Space. Tämän jälkeen voidaan valita eri asetuksia tuleville tilaobjekteille. Tilaobjektit voidaan myös luoda automaattisesti klikkaamalla Place Spaces Automatically.

- Analyze tab
- Spaces and Zones
- Space
- Klikkaa "Place Spaces Automatically" (vaihtoehtoinen)

### Näkymäasetukset

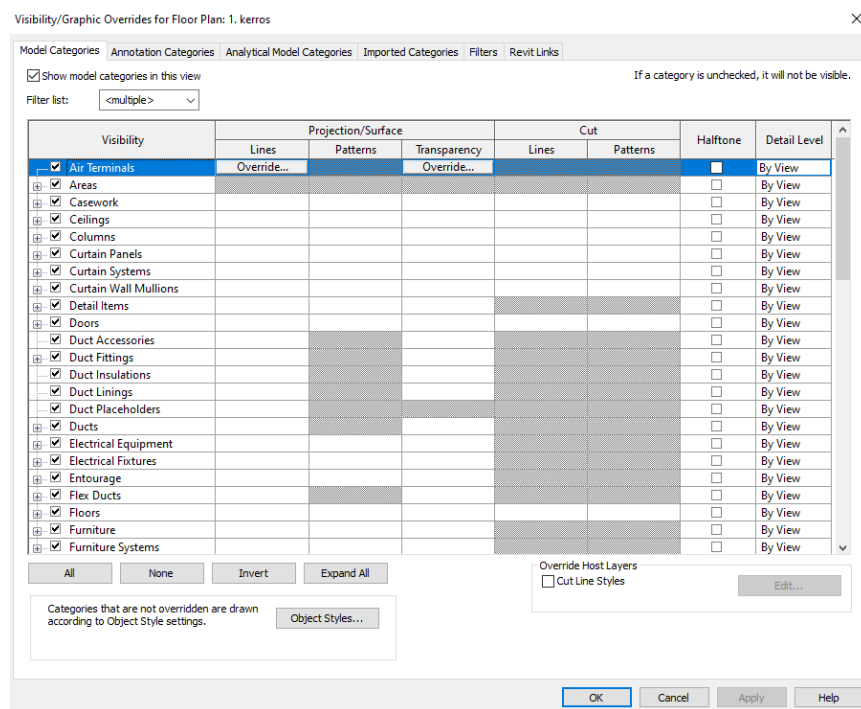
Näkymäasetukset muutetaan Visibility/Graphics -valikosta. Valikko löytyy välilehdeltä View. Tämän lisäksi näkymäasetuksia voi muuttaa View-templaten

avulla, jos ne ovat määritetty projektille. Yleensä ne ovat luotu suunnittelusektorin mukaan, ettei samassa tasonäkymässä näkyisi kaikki LVI-tekniikka päällekkäin. Esimerkiksi ilmanvaihtojärjestelmälle, lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmälle sekä vesi- ja viemärijärjestelmälle on hyvä luoda omat View templatet. Jos View templatet ovat määritetty projektille, niin auki olevan tasonäkymän View template voidaan vaihtaa Properties-valikosta. Muussa tapauksessa näkymäasetukset on vaihdettava Visibility/Graphics -valikosta.



Kuva 60. View-template ja Visibility/Graphics

Kuvassa 60 on esitys View Templates -ja Visibility/Graphics -toiminnosta. Toiminnoilla voidaan muuttaa auki olevan näkymän näkymäasetuksia.



Kuva 61. Visibility/Graphics -valikko

Kuvassa 61 on Visibility/Graphics -toiminnon asetusvalikosta havainnekuva. Valikossa saadaan säädettyä tietomalliobjektien näkymäasetuksia.

## 5 YHTEENVETO

Tutkimuksessa hankittu tieto tietomallintamisesta ja rakennusälystä vaikutti olevan ajantasaista. Tutkimuksen taustatieto helpotti Revit-ohjelman ja tilaobjektien hahmottamista. Tiedon luotettavuudelle hankittiin pohjaa useasta eri paikasta ja uutta tietoa pyrittiin saamaan mahdollisimman tuoreista lähteistä. Revit-tilaobjekteja käsittelevät lähteet olivat luotettavia, koska ne olivat pääasiassa peräisin Revit 2021 version Autodesk WWW-dokumenteista. Tilaobjektien teoriaosuutta käytiin läpi myös käytännönläheisesti. Teoriaosuuden joista toimintoa ei suoritettu käytännössä.

Tutkimuksen aihealue perustui yhteen ohjelmaan ja sen käyttöliittymän toimintoon eli tilaobjektiin. Kokonaisuutena Revitin käyttö oli helppoa mutta alkuun pääseminen suhteellisen vaativaa. Revit-ohjelma on hyvin monipuolinen, ja sen kokonaisuuden ymmärtäminen vaatii teorian lisäksi paljon käytännönläheistä opettelua. Revit-ohjelmaan sisältyy paljon toimintoja, joilla voidaan muokata koko ohjelman käytettävyyttä. Käytännössä se on tuote, jota käyttäjä voi itse kehittää omaan suuntaan.

Tilaajan yhteyshenkilö toimi merkittävänä tukena Revit-ohjelmaan liittyvissä asioissa. Hänen kanssaan käytiin tutkimuksen eri vaiheita läpi sopivin väliajoin. Tutkimuksen aikana käytiin keskustelua uusista ilmenneistä asioista liittyen Revit-ohjelmaan ja tilaobjekteihin. Keskusteluiden pohjalta muokattiin tutkimuksen rakennetta tutkimuksen aikana.

### 5.1 Tietomallintaminen ja rakennusäly

Tietomallintaminen on suuri kehittyvä asia liittyen rakennussuunnitteluun. Sillä saadaan luotua rakennuksesta hyvin todenmukainen 3D-malli, jota voidaan tarkastella moniulotteisesti. Eri ulottuvuuksien ansiosta voidaan huomata puutteita ja lisätarpeita ennen varsinaista rakentamista. Tulevaisuuteen pohjautuvalla suunnittelulla saadaan vähennettyä mahdollisia virheitä ja sen myötä laskettua projektien kokonaiskustannuksia. Säästöjen lisäksi rakennuksista saadaan pitkälle aikavälille toimintavarmoja ja turvallisia käyttökohteita ihmisille sekä rakennuksen ulkopuoliselle ympäristölle. Ympäristövaikutuksen huomioiminen on tärkeä asia, koska se on ihmisten absoluuttinen toimintaympäristö ja rakennuksien toimintavarmuus perustuu pääasiassa ympäristön toimintaan.

Yksinkertaistettuna rakennus on konkreettinen geometria, joka erottaa ympäristöstä erillisen alueen geometrian sisäpuolelle. Alueen tarkoitus on olla fyysisiltä ominaisuuksiltaan vakio tai valittujen raja-arvojen sisällä riippumatta, mitä tapahtuu rakennusgeometrian ulko- tai sisäpuolella hetkellisesti.

Rakennuksen olosuhteiden hallitseminen vaatii energiaa. Energian tuottaminen kuormittaa ympäristöä riippuen siitä, kuinka se tuotetaan. Yleinen tapa on ollut käyttää fossiilisia polttoaineita, eli maapallolle varastoitunutta energiaa. Varastoituneen energian käyttäminen kuormittaa ympäristöä monin eri tavoin. Tärkeä tavoite on kehittää tekniikkaa siten, että fossiilisia polttoaineita ei tarvitsi käyttää. Rakennuksien osalta se tarkoittaa energiankäytön optimointia mahdollisimman tehokkaaksi olemassa olevan tekniikan mukaan. Optimoimalla energiankäyttöä energiankulutus ja ympäristön kuormitus alenee. Tietomallinnuksella on siis tarkoitus mallintaa edellä mainitun kaltainen kokonaisuus rakennuksesta huomioiden kaikki mahdollinen liittyen rakennuksen sisä- ja ulkopuoliseen ympäristöön.

Rakennusäly on pääasiassa tiedon keräämistä eri lähteistä ja niiden yhteen soveltamista ohjelmoitavan logiikan avulla. Tieto kerätään sensoreilla, internetin välityksellä ja käyttäjäpalautteella. Kerätty tieto vietään ohjelmoidulle logiikalle, mikä säättää taloteknistä laitteistoa laskettujen tuloksien ja määritettyjen raja-arvojen mukaan. Esimerkiksi rakennuksen lämpöenergian tarve täytyy laskea hetkellisesti sisä- ja ympäristötietojen mukaan valitulle aikavälille ja siirtää tämä tieto energian siirtoon. Energian siirto tapahtuu rakennuksen ja lämpöenergiaa omaavan/tuottavan systeemin välillä.

Käytännössä rakennuksen sisäisiä fyysisiä ominaisuuksia joudutaan hallitsemaan jatkuvasti. Ominaisuuksilla on aina omat hetkelliset arvot, joita tarkastelemalla ja soveltamalla käytäntöön saadaan luotua rakennuksen käyttäjille optimaalisimmat olosuhteet. Nykypäivänä olosuhteiden optimointia parannetaan ohjelmoinnissa ennustavalla tekniikalla. Ennustettavuus perustuu koetun asian hyödyntämiseen nykyhetkessä tulevaisuutta varten. Ennustavuuden tarkkuudelle on kuitenkin omat rajansa. Tästä syystä ennustettavuus toimii pääasiassa keskiarvoellisissa lukemissa. Keskiarvojen tarkkuus riippuu hyvin pitkälle tarkastelualojen suuruudesta ja tietojen monipuolisuudesta.



## 5.2 Johtopäätökset tilaobjektien mallintamisesta

Tilaobjekteille voidaan luoda Room Bounding -geometria kolmella eri tavalla. Yksi tapa on käyttää arkkitehdin luomaa geometriaa ja korjata siitä mahdolliset puutteet. Toinen tapa on luoda koko geometria Revitin Space Separator -toiminnolla, ja kolmas tapa on luoda geometria toisella ohjelmalla ja tuoda se Revit-tietomalliin erillisenä tietomallina.

Jos arkkitehti luo tietomallin, jossa on paljon tai kaikki Room Bounding -komponentit sekä huoneobjektit, niin silloin tämä on optimaalisin tapa luoda tilaobjektit. Yksinkertaisen prosessin lisäksi kaikista arkkitehdin tekemistä muutoksista välittyy tieto, kun linkitetyn arkkitehtitietomallin päivittää. Tieto välittyy tilaobjektin virheilmoituksena, kun johonkin Room Bounding -komponenttiin tai rakenne-elementtiin on tullut muutos. Arkkitehdin Room Bounding -geometrian käytännöllisyys on siis riippuvainen arkkitehdin luomasta laadusta. Arkkitehdin Room Bounding -komponentit ovat yksittäisiä rakenne-elementtejä ja niiden epätoiminta voi johtua useista eri syistä. TATE-suunnittelija voi korjata komponentteja rajoitetuin mahdollisuuksin ja/tai lisätä uusia komponentteja Space Separator -toiminnolla jälkeinpäin. Korjailut ja lisäykset kuitenkin kuluttavat suunnittelun suoritustehokkuutta.

Tilaobjektien paras luomistapa riippuu myös siitä, kuinka tilaobjekteja halutaan käyttää sekä millä tavalla saadaan luotettavinta tietoa. Selventäen tilaobjekteille voidaan laskea tietoa Revitin omalla laskentatyökalulla tai käyttää MagiCAD for AutoCAD -ohjelman tuottamaa energiatietoa. Tämä AutoCAD-pohjainen tieto tuodaan myöhemmin toisella tavalla tilaobjekteille. Tästä syystä aihe olisi syytä viedä energiamallintamisen puolelle, jotta näiden kahden tavan tuottamia tuloksia voisi verrata keskenään. Esimerkiksi olisi hyvä selvittää laskentaparametrien toteutus tilaobjekteille, kuten lämmitystehontarve. Näin siitä prosessista olisi mahdollista huomata tekijöitä, jotka vaikuttavat tuloksien täsmällisyyteen. Toinen eroavaisuus saattaa liittyä siihen, että toisella ohjelmalla saadaan monipuolisempaa tietoa. Energia-analytiikkaa voidaan myös mahdollisesti laskea ja tuoda tilaobjekteille muillakin tavoilla kuin pelkästään näillä kahdella edellä mainitulla tavalla. Tutkimuksen aikana selvisi myös, että tällä hetkellä Revitissä ei voida muuttaa yksilökohtaisesti ulko- ja sisäseinien parametrejä laskentaa varten, kuten lämmönläpäisykerrointa (U-arvo), mikä on

energia-analyysissä tulostarkkuuden osalta negatiivinen asia. Esimerkiksi, jos rakennuksessa on kaista paksumpaa väestösuojan seinää, niin sitä ei voida erottaa tavanomaisesta ulkoseinästä. Tällöin energia-analyysin tulokset ovat todennäköisesti hieman ylimitoitettut. Ylimitoituksen suuruus olisi hyvä varmistaa jatkotutkimuksella, mutta poikkeavat seinät ovat hyvin rakennuskohtaisia, joten selvitys jäisi todennäköisesti keskiarvolliseksi.

Tutkimuksessa käytettyjen ja testattujen arkkitehtitietomallien huonerajaukset olivat hyvin puutteellisia, joten suositeltavaa olisi luoda Room Bounding -geometria kokonaan Space Separator -toiminnolla tai MagiCAD for AutoCAD -ohjelmalla. Tällä hetkellä MagiCAD for AutoCAD -ohjelma on energia-analyysin osalta käyttövarmoin tapa. On siis parempi käyttää toimintatapaa, joka on käyttövarma. Käyttövarmuus johtuu siitä, että se on vähemmän riippuvainen ulkoisista tekijöistä ja tuloksien tarkkuus vastaa keskimääräisesti todellisuutta. Huomioitavaa on se, että MagiCAD for AutoCAD tarvitsee AutoCAD-lisenssin toimiakseen, mikä mahdollisesti tarkoittaa lisäkustannuksia.

Tilaobjektit saadaan nimettyä Space Naming -toiminnon avulla, jos tilaobjektin kohdalla on huoneobjekti. Huoneobjektit tulevat linkitetyn Room Bounding -geometrian kautta. Yleensä huoneobjektien hyödynnettävyys korreloi Room Bounding -geometrian kanssa, koska huoneobjektit luodaan Room Bounding -geometrian mukaan. Jos arkkitehdin Room Bounding -geometria on virheellinen, niin silloin todennäköisesti ovat myös huoneobjektit.

Yleisesti kehityksen osalta prosessista olisi hyvä karsia mahdollisimman paljon ylimääräisiä vaiheita, jotta virheen mahdollisuus pienenty ja suoritustehokkuus paranee. Jos tilaobjekteihin voidaan laskea taloteknistä tietoa yhtä tarkasti kuin AutoCAD-pohjaisessa ohjelmassa, niin tilaobjektit on paras toteuttaa kokonaan Revitin sisäisesti. Tilaobjektien uudelleen luominen AutoCAD:ssä luo suuremman riskin virheille, koska yleensä virheeseen johtavia tilanteita esiintyy enemmän prosessissa, jossa on enemmän vaiheita. Virheen todennäköisyyttä prosessissa voidaan vähentää eri tekniikoilla ja lisätoiminnoilla mutta silloin koko toiminnon suoritustehokkuus mahdollisesti alenee lisätoimintojen seurauksesta. Prosessi olisi hyvä optimoida yhden ohjelman alle, kunhan lopputulos on laadultaan yhtä hyvä tai parempi verrattuna toiseen toteutusmalliin.

Tilaobjekteja voidaan käyttää tiedon esittämiseen, kuten huonenumeroiden/niemien, ilmapvirtamäärien, neliömäärien, tilavuuksien ja niin edelleen. Tilaobjektien perimmäinen tarkoitus on mahdollistaa tiedon tallentaminen rajatuille alueille, tiedon esittäminen visuaalisesti sekä mahdollistaa tiedon jatkokäyttäminen energia-analyyseissä. Revitissä kaikkia näitä prosesseja/toimintoja voidaan kehittää monipuolisesti käyttäjäkohtaisesti luomalla tietoaalustalle valmiita asetuksia tai malleja. On hyvä huomata, että Revitiä kehitetään jatkuvasti myös Autodeskin toimesta. Tilaobjekteihin vaikuttavat asiat ja toimintatavat saattavat muuttua tulevaisuudessa. Muutokseen mukautuminen edellyttää vahvasti sitä, että esimerkiksi tilaobjektien osalta ymmärretään niiden koko käyttötarkoitus.

Kiteytettynä tilaobjekteihin liittyvät ongelmat johtuvat pääasiassa virheellisestä/puutteellisesta Room Bounding -geometriasta, tietomallien virheellisistä korkeusasemista ja virheellisistä parametreista/asetuksista, kuten Phase-parametristä. Tilaobjektin on oltava alueen sisällä, joka on rajattu täysin objekteilla, jotka sisältävät Room Bounding -parametrin. Näitä objekteja voidaan kutsua Room Bounding -komponenteiksi. Jos tilaobjektia ei ole rajattu Room Bounding -komponenteilla, niin tilaobjektin neliö -ja kuutiomäärä ei vastaa todellisuutta/arkkitehdin määrittelemiä kokoja. Revit-ohjelma antaa useista ongelmatilanteista ilmoituksen. Ilmoitus ei kerro suoraa syytä ongelmalle, mutta sen perusteella voidaan valita mahdolliset ratkaisuvaihtoehdot. Ongelmatilanteita voi olla myös muita, joita ei ole tutkimuksessa huomattu, mutta todennäköisesti ne ovat kuitenkin hyvin samankaltaisia kuin mitä tutkimuksessa on käyty läpi.

### **5.3 Kehitysmahdollisuudet tilaobjektien käyttöön**

Tilaobjektien yksi käyttötarkoitus on tiedon esittäminen visuaalisesti. Edellä on mainittu, että tilaobjekteille voidaan määrittää väriparametrit, jotka perustuvat johonkin toiseen parametriin. Tätä konseptia kutsutaan värimalliksi. Kaikki tilaobjektit saadaan värjätymään kertoimen mukaan, joka perustuu toiseen parametriin, kuten lämmitystehontarpeeseen tai tuloilmavirran määrään. Tällöin värit saadaan painotettua sitä mukaan, mitä suuremmaksi kerroin/parametri kasvaa. Esimerkiksi yhdellä tilaobjektilla on tuloilmavirranmäärä 8 l/s ja toisella 12

l/s, silloin 12 l/s omaavalla tilaobjektilla on vahvempi värisävy kuin 8 l/s omaavalla tilaobjektilla. Nämä värimallit voidaan myös laittaa näkymäkohtaisiksi eli ilmanvaihtojärjestelmänäkymässä tilaobjektit värjäytyvät ilmanvaihtoon perustuvan parametrin mukaan ja lämmitysjärjestelmänäkymässä lämmitykseen perustuvan parametrin mukaan.

Toinen kehityksen kohde on luoda tilaobjekteille valmiita laskentaprofiileja, eli tilatyyppejä (Space Types). Tämä on käytännöllinen silloin, kun tilaobjekteille lasketaan parametrin tieto Revit-ohjelmalla. Tutkimuksessa kävi ilmi, että tällä hetkellä on parempi tuoda tietoa toisen ohjelman kautta Revitiin. Se on kuitenkin vaihtoehtoista ja lisätutkimuksien myötä voi ilmetä, että Revitillä on aivan yhtä pätevää suorittaa laskentaa kuin jollain toisella ohjelmalla. Silloin profiilit olisi hyvä luoda valmiiksi tietoaalustalle. Samoin myös rakennustyyppien profiilit. Oletusarvona on kuitenkin käytössä rakennustyyppien osalta Conceptual Type -asetukset, joten rakennustyyppiprofiilien luominen riippuu siitä, että halutaanko käyttää kokonaan vai osittain Conceptual Type -asetuksia. Näitä asetuksia ei kuitenkaan tutkimuksessa käyty läpi, joten niihin olisi hyvä perehtyä lisää.

Kolmas kehityksen mahdollisuus kohdistuu tilaobjektien Project-parametreihin. Revitissä on mahdollista luoda tilaobjekteille uusia Project-parametrejä, joten tätä ominaisuutta olisi hyvä hyödyntää. Esimerkiksi Revitissä ei ole itsessään tällä hetkellä äänenvoimakkuuden laskentatyökalua, mutta MagiCAD for Revit -lisäohjelmassa on tämä työkalu. Tällöin tilaobjekteille voidaan luoda Project-parametri siten, että se vastaanottaa tiedon Shared-parametriltä. Toimintaperiaate on viitteellinen, mutta todennäköisesti Shared-parametri toimii väylänä laskentatyökalun ja tilaobjektin Project-parametrin välillä. Uuden Project-parametrin myötä tilaobjektille voidaan luoda myös uusia värimalleja tai esittää uutta tietoa 2D-kuvassa.

Kuten kolmannesta kehitysmahdollisuudesta huomaa, niin tilaobjektien käyttötarkoitusta on mahdollista laajentaa hyvin monipuolisesti. Kehitysmahdollisuudet eivät siis riipu pelkästään Revit-ohjelmasta, vaan uutta kehitettävää on mahdollista löytää myös muista lisäohjelmista, joilla on yhteensopivuus Revit-ohjelmaan.

## LÄHTEET

1. TheNBS. What is Building Information Modelling (BIM). WWW-dokumentti. 2019. Saatavissa: <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-building-information-modelling-bim> [viitattu 28.10.2020].
2. Autodesk. What are the benefits of BIM. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <https://www.autodesk.com/solutions/bim/benefits-of-bim> [viitattu 3.12.2020].
3. HMC Architects. Building Information Modeling Benefits for Architecture and Construction. WWW-dokumentti. 2019. Saatavissa: <https://hmcarchitects.com/news/building-information-modeling-benefits-for-architecture-and-construction-2019-06-05/> [viitattu 3.12.2020].
4. Sampaio, A. Enhancing BIM Methodology with VR Technology. Online-book. 2017. Saatavissa: <https://www.intechopen.com/books/state-of-the-art-virtual-reality-and-augmented-reality-knowhow/enhancing-bim-methodology-with-vr-technology> [viitattu 26.01.2021].
5. Iotforall. 3 Ways AI is Making Building Smarter. Artikkele. WWW-dokumentti. 2018. Saatavissa: <https://www.ietfforall.com/ai-for-smart-buildings> [viitattu 6.12.2020].
6. Toivanen, L. IoT-integraatioalustat. Raportti ja selvitys. Markkinointi- ja viestintäpalvelut. Centria-ammattikorkeakoulu. 2017.
7. Institute for Business Value (IBV). Building intelligence into buildings. Integrating artificial intelligence into building ecosystems. Raportti. WWW-dokumentti. 2018. Saatavissa: <https://www.ibv.com/thought-leadership/institute-business-value/report/buildingintelligence> [viitattu 6.12.2020].
8. Techopedia. End-to-End Solution (E2ES). WWW-dokumentti. 2019. Saatavissa: <https://www.techopedia.com/definition/19057/end-to-end-solution-e2es> [viitattu 2.1.2021].
9. The Engineering Design. Blogi. WWW-dokumentti. 2016. Saatavissa: <https://www.theengineeringdesign.com/bim-advantages-for-hvac-drafting-businesses/> [viitattu 7.12.2020].
10. Revit Recess. Blogi. WWW-dokumentti. 2016. Saatavissa: <http://revit-recess.blogspot.com/2016/01/the-history-behind-revit.html> [viitattu 15.12.2020].
11. Somani N. Are Revit and BM same? Distinguishing between BIM and Revit. Artikkele. WWW-dokumentti. 2019. Saatavissa:

<https://knowledge.autodesk.com/search-result/caas/simplecontent/content/are-revit-and-bim-same-E2-80-A6-distinguishing-between-bim-and-revit.html> [viitattu 15.12.2020].

12. Autodesk. About Revit. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: [https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/getting-started/caas/CloudHelp/cloudhelp/2020/ENU/Revit-GetStarted/files/GUID-D8835F8E-1330-4DBC-8A55-AF5941056C58-htm.html?us\\_oa=akn-us&us\\_si=1d9ec373-3713-47e2-8e0d-bec903d76ac8&us\\_st=about%20revit](https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/getting-started/caas/CloudHelp/cloudhelp/2020/ENU/Revit-GetStarted/files/GUID-D8835F8E-1330-4DBC-8A55-AF5941056C58-htm.html?us_oa=akn-us&us_si=1d9ec373-3713-47e2-8e0d-bec903d76ac8&us_st=about%20revit) [viitattu 21.12.2020].

13. Autodesk. Revit VS. AutoCAD. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <https://www.autodesk.com/solutions/revit-vs-autocad> [Viitattu: 15.12.2020].

14. Autodesk. Revit Families. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2021/ENU/?guid=GUID-4EBB97AD-C7B6-4828-91EB-BC0E99B81E43> [viitattu 22.01.2021].

15. Autodesk. About Parameters. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/ENU/Revit-Model/files/GUID-AEBA08ED-BDF1-4E59-825A-BF9E4A871CF5-htm.html> [viitattu 23.11.2020].

16. Autodesk. About Tags. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/ENU/Revit-DocumentPresent/files/GUID-7B146150-CC34-456E-9AE1-7D736FA9DE36-htm.html> [viitattu 19.12.2020].

17. Autodesk. About Room-Bounding Elements. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/ENU/Revit-ArchDesign/files/GUID-241430FC-8084-43A1-AA3A-681B2883B0FC-htm.html> [viitattu 28.10.2020].

18. Autodesk. About Spaces. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/ENU/Revit-MEPEng/files/GUID-B876A6F6-4091-40CA-ADCD-AA5D0EFC5EE3-htm.html?st=spaces> [Viitattu: 28.10.2020].

19. Autodesk. About Linked Models. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/ENU/Revit-Collaborate/files/GUID-2F5D69C7-A934-481F-A0EF-D1324577F5E1-htm.html> [Viitattu: 19.12.2020].

20. BuildingSmart. Industry Foundation Classes (IFC) – An Introduction. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc> [Viitattu: 21.12.2020].
21. Autodesk. About When to Link Models. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/ENU/Revit-Collaborate/files/GUID-656915ED-63D7-4DD8-A198-15E83E8CFBD1-htm.html> [Viitattu: 29.10.2020].
22. Autodesk. About Phase-Specific Rooms and Linked Models. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/ENU/Revit-ArchDesign/files/GUID-316D02A8-574B-48FB-8F06-6A560B5134FB-htm.html> [Viitattu: 29.10.2020].
23. Autodesk. About Space Creation During Project Upgrade. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2021/ENU/?guid=GUID-4D4D094E-0A76-4180-BB08-CE8232B52DD1> [Viitattu: 2.1.2021].
24. Autodesk. About Zones. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/ENU/Revit-MEPEng/files/GUID-6106DD15-E604-452F-9B7C-9B73BF7CD0C8-htm.html?st=zones> [Viitattu: 28.10.2020].
25. Autodesk. Using Spaces in Revit. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/troubleshooting/caas/simplecontent/content/using-spaces-revit.html?st=spaces> [Viitattu: 28.10.2020].
26. Autodesk. About Volume Computations. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2021/ENU/?guid=GUID-32EEA5DC-381A-4BCF-A898-F15E98BFC63F> [Viitattu: 2.1.2021].
27. Autodesk. Place Spaces for Plenums. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2021/ENU/?guid=GUID-772FA58A-BE6F-490D-8991-95AD3A9FB42C> [Viitattu: 2.1.2021].
28. Autodesk. Roombook, Areabook, and Buildingbook Extensions for Revit. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2021/ENU/?guid=GUID-1282780A-9701-4B06-B6DF-C8C23B7EB9DA> [viitattu 30.01.2021].
29. Autodesk. Room Boundaries. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa:

- <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/ENU/Revit-ArchDesign/files/GUID-C7338362-6D35-471B-90B0-6A893534FFE2-htm.html> [viitattu 28.12.2020].
30. Autodesk. Control the Visibility of Room Separation Lines. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/ENU/Revit-ArchDesign/files/GUID-59C944ED-6935-41CB-8A48-E085116E6323-htm.html> [viitattu 28.12.2020].
31. Autodesk. Make and Element Room Bounding. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/ENU/Revit-ArchDesign/files/GUID-65968961-7D56-4D17-8F92-565D2C7CCB2D-htm.html> [viitattu 28.12.2020].
32. Autodesk. Create a Room. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2021/ENU/?guid=GUID-B3420A54-A9BC-4AEE-A07C-CD7A9DC782FB> [viitattu 30.01.2021].
33. Autodesk. Using IFC Files. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ENU/Revit-Model/files/GUID-C61C2E42-0561-48C9-8459-3EAC10EC8E16-htm.html> [viitattu 27.12.2020].
34. Autodesk. Link One Model to Another. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ENU/Revit-Collaborate/files/GUID-3D79F9CC-005B-4C4D-9F47-60CEAAE65638-htm.html> [viitattu 26.12.2020].
35. Autodesk. Positioning for Imports and Links. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ENU/Revit-Model/files/GUID-C922A152-0A30-4E27-BED2-BCE9FF2E5E30-htm.html> [viitattu 26.12.2020].
36. Autodesk. Multi-Discipline Coordination. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/Revit-Collaborate/files/GUID-6324F0AF-48A7-4669-B1F7-D0B37440A29C-htm.html> [viitattu 28.12.2020].
37. Autodesk. Interference Checking. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/Revit-Collaborate/files/GUID-890A9FE0-EFF4-4CFB-9E81-B0DE1A132BEC->



[htm.html#WSFACF1429558A55DE1C9437D10288F74F10-7FEC](#) [viitattu 28.12.2020].

38. Autodesk. What is Navisworks?. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/navisworks-products/learn-explore/caas/sfdarticles/sfdarticles/What-is-Navisworks.html> [viitattu 28.12.2020].

39. Autodesk. Use Room Boundaries in a Linked Model. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/ENU/Revit-ArchDesign/files/GUID-64AF3A48-C121-4F26-B0BF-CDF93B389F75-htm.html> [viitattu 29.12.2020].

40. Autodesk. Make Spaces Visible. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2021/ENU/?guid=GUID-50238038-48DA-40EC-9A6C-DEEA6B5517E3> [viitattu 12.01.2021].

41. Autodesk. About Spaces in the System Browser. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2021/ENU/?guid=GUID-C7E02E67-40EF-40B3-829E-825D6216D54E> [viitattu 12.01.2021].

42. Autodesk. Draw Space Separation Lines. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2021/ENU/?guid=GUID-4AC8ECBD-A203-4F1A-A758-DD74E0DB5E22> [viitattu 13.01.2021].

43. Autodesk. Control the Visibility of Space Separation Lines. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2021/ENU/?guid=GUID-874B6D9C-A86A-45B7-A811-04335EDE71FC> [viitattu 13.01.2021].

44. Autodesk. Place Spaces up to the Ceiling. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ENU/Revit-Model/files/GUID-E9333E15-7D85-43E5-A5BF-53A3615D4BE0-htm.html> [viitattu 16.12.2020].

45. Autodesk. Properties Palette. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2021/ENU/?guid=GUID-A764EA7A-FE26-469B-857C-F3A70812FC34> [viitattu 13.01.2021].

46. Autodesk. Use Drag Controls to Redefine the Vertical Extent of a Space. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2021/ENU/?guid=GUID-344AF645-5336-4A80-8EE2-118310BC8E17> [viitattu 13.01.2021].

47. Autodesk. Modify Space Properties to Redefine the Vertical Extent of a Space. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2021/ENU/?guid=GUID-A5F76705-4B35-47E1-B3CF-F199AD67EF3A> [viitattu 13.01.2021].
48. Autodesk. About Dividing Spaces. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2021/ENU/?guid=GUID-797DFDF1-5BA4-42C8-93A8-720B0D8025F2> [viitattu 15.01.2021].
49. Autodesk. Combine Spaces. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2021/ENU/?guid=GUID-E4D21E03-FFBA-409D-A281-DB4542EFDC77> [viitattu 15.01.2021].
50. Autodesk. Move Spaces. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2021/ENU/?guid=GUID-47461754-17E4-4DDF-9E78-AB3E0A4C8820> [viitattu 17.01.2021].
51. Autodesk. About Removing Spaces. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2021/ENU/?guid=GUID-EAA44C9F-B1A5-4A4A-A6C5-E21B8DDAC966> [viitattu 17.01.2021].
52. Autodesk. Modify Space Properties. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2021/ENU/?guid=GUID-D1BD4EE7-4645-485D-A2CF-1F07B4886B50> [viitattu 17.01.2021].
53. Autodesk. Create a Schedule or Quantity. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2021/ENU/?guid=GUID-6D4DBBDA-3611-40CD-9A45-BE40EB07188A> [viitattu 18.01.2021]
54. Autodesk. Hide Unplaced Spaces in a Space Schedule. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2021/ENU/?guid=GUID-28DBED12-DC9B-48CA-AF53-033716F40106> [viitattu 18.01.2021].
55. Autodesk. Assign Space Names from the Architectural Model to the MEP Model. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2021/ENU/?guid=GUID-8EC27F94-BFDC-42D1-B3B8-7FA750F4F39A> [viitattu 19.01.2021].
56. Autodesk. Color Schemes. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2021/ENU/?guid=GUID-4809E31D-8385-4EB9-89C2-B58D7FB25B00> [viitattu 21.01.2021].
57. Autodesk. Create a Zone. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2021/ENU/?guid=GUID-CAA4F54C-5B4D-4796-B9AB-9C39F7F605A4> [viitattu 23.01.2021].

58. Autodesk. Account for the Volume of Cavities, Shafts, and Chases. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2021/ENU/?guid=GUID-116D3BBB-8437-43BE-9A15-6637A34E650D> [viitattu 11.01.2021].
59. Autodesk. Resolve the Volume of Cavities, Shafts, and Chases. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2021/ENU/?guid=GUID-7C1D2A80-EB2D-40AD-A57F-1D8BBDEDF6EA> [viitattu 12.01.2021].
60. Autodesk. About Default Building Type and Space Type Parameters. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/ENU/Revit-MEPEng/files/GUID-3B6C28D7-DC90-4354-B10E-905E8F128DD5-htm.html> [viitattu 28.12.2020]
61. Autodesk. Specify Default Space Type Settings. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/ENU/Revit-MEPEng/files/GUID-D7553C35-CE8E-4CE5-B2D6-4605D4E61B77-htm.html> [viitattu 2.1.2021].
62. Autodesk. Specify Default Building Type Settings. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/ENU/Revit-MEPEng/files/GUID-1BB7D1BA-8DDA-4A6D-95AD-C8B6DCB0C908-htm.html> [viitattu 2.1.2021].
63. Autodesk. Unable to See a Linked Model in a Host View. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2021/ENU/?guid=GUID-5721C02F-7A83-44D4-A093-2041F97C7341> [viitattu 17.01.2021].
64. Autodesk. Room walls that are non-bounding act like bounding in Revit. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/sfdarticles/sfdarticles/Revit-non-room-bounding-walls-act-like-they-are-room-bounding.html?st=Areas%20and%20computation> [viitattu 17.01.2021].
65. Autodesk. Room bounding parameter for beams. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/sfdarticles/sfdarticles/Room-bounding-parameter-for-beams.html?st=Areas%20and%20computation> [viitattu 17.01.2021].

66. Autodesk. Room Is Not Enclosed. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2020/ENU/Revit-Troubleshooting/files/GUID-1AEDF540-7CB3-4CAB-885A-ACDF70154312-htm.html> [viitattu 17.01.2021].
67. Autodesk. Troubleshooting Space Visibility with a Compound Ceiling. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2021/ENU/?guid=GUID-5699FF98-F480-451E-A44D-F7973584B2D5> [viitattu 18.01.2021].
68. Autodesk. Space names not linking correctly to Room names in linked architect model. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <https://forums.autodesk.com/t5/revit-mep-forum/space-names-not-linking-correctly-to-room-names-in-linked/td-p/7275176> [viitattu 23.01.2021].
69. Hurskainen. J. Haastattelu. Ongelmatilanne. 19.03.2021.
70. Autodesk. About Sharing Room/Space Information Between Disciplines. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2021/ENU/?guid=GUID-C58613B6-1792-4273-8F92-0309ABBF2CE8> [viitattu 19.01.2021].