



Matias Pyyhtiä

Revit BIT-tarkastustyökalun hyödyntäminen tietomalli- pohjaisessa suunnittelussa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

5.12.2023

Tiivistelmä

Tekijä:	Matias Pyyhtiä
Otsikko:	Revit BIT-tarkastustyökalun hyödyntäminen tietomallipohjaisessa suunnittelussa
Sivumäärä:	46 sivua
Aika:	5.12.2023
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Talotekniikka
Ammatillinen pääaine:	LVI-suunnittelu
Ohjaajat:	LVI-kehityspäällikkö Jouni Hurskainen Lehtori Aamos Lemström

Tässä insinööriyössä oli tarkoituksena tutkia Revitin parametrinen laaduntarkastuksen BIT Model Checker -tarkastustyökalun toiminnallisuutta ja käyttötarkoituksia. Tavoitteena oli luoda työkalulla toimiva tarkastussäännöstö, joka otetaan käyttöön Sweco Finland Oy:n tulevissa LVI:n Revit-projekteissa. Luotujen tarkastussääntöjen tavoitteena oli parantaa Revit-mallin parametrien koneellista luottavuutta ja luotettavuutta.

Insinööriyössä Revitin BIT Model Checker -tarkastustyökalua tutkittiin aineistojen avulla sekä hankkimalla työkalusta käyttökokemuksia luomalla tarkastussääntöjä. Tarkastustyökalun toimintaa ja tarkoitusta pohjustettiin tutkimalla tietomallinnuksen perusteita, standardeja sekä parametriseen tietosisältöön liittyviä hankkeita. Aiempaa Revit- ja tietomallinnusaiheista tutkimusta hyödynnettiin tutkittaessa työkalun käyttö-tarkoituksia.

Insinööriyön lopputuloksena syntyi tarkastussäännöstö parametrinen laadun parantamiseksi ja yhtenäistämiseksi. Kaikkia suunniteltuja tarkastussääntöjä ei ollut mahdollista luoda tarkastustyökalulla ja osaa suunnitelluista säännöistä jalostettiin insinööriyön aikana. Tuotetut tarkastussäännöt suorittavat koneellisia parametritarkastuksia, joita olisi manuaalisesti lähes mahdoton tehdä suurissa projekteissa. Tarkastussääntöjen luomisprosessia, käyttämistä sekä peruseräiteitä avataan insinööriyössä raporttimaisesti ja työn kirjallista osaa voidaan hyödyntää ohjeena luotaessa sääntöjä BIT-tarkastustyökalulla.

Avainsanat: tietomallinnus, Revit, parametri, tietosisältö, laatu

Abstract

Author: Matias Pyyhtiä
Title: Utilising Revit BIT inspection tool in BIM-based design
Number of Pages: 46 pages
Date: 5.12.2023

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

The goal of this thesis was to create a functional inspection code to be used in future HVAC Revit projects of the commissioning company, as well as to study the functionality and uses of the parametric quality checker BIT Model Checker in Revit. The final aim was to create checking rules to improve the machine readability and reliability of the Revit model parameters.

In the thesis, the Revit BIT Model Checker inspection tool was studied by using available data and by gaining user experience of the tool by creating various inspection rules. Furthermore, the basic principles and standards of data modelling and projects related to parametric data content were studied. Previous research on Revit and data modelling was used to investigate the tool's intended use.

The result of the thesis was an inspection code to improve and unify parametric quality. It was not possible to create all the planned inspection rules with the inspection tool and some of the planned rules were refined during the thesis. The produced inspection rules perform mechanical parametric inspections that would be almost impossible to perform manually in large projects. The thesis explained the basic principles, the process of creating and use of the inspection rules in a report format. The thesis can be used as a guide when creating inspection rules with the BIT inspection tool.

Keywords: BIM, Revit, parameter, data content, quality

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tietomallipohjainen suunnittelu	2
2.1	Tietomalli	2
2.2	Tietomallin hyödyntäminen suunnittelussa	3
2.2.1	Geometriamalli	4
2.2.2	Parametrinen tietosisältö	5
2.2.3	Tietomallin tiedonsiirto	7
2.3	Tietomallivaatimukset	8
2.3.1	YTV 2012	9
2.3.2	Tietomallivaatimusten tulevaisuus	10
3	Taloteknisessä suunnittelussa käytettävät ohjelmistot	11
3.1	LVI-suunnittelun ohjelmistoalustat	11
3.2	Autodesk Revit	12
3.2.1	Jaettu projektiympäristö ja Workset-työskentelyryhmät	13
3.2.2	Elementit ja Family-tuoteperheet	16
3.2.3	Parametrit	18
3.2.4	Space-tilaobjektit	19
3.2.5	BIM Interoperability Tools	20
3.3	MagiCAD for AutoCAD ja MagiCAD for Revit	22
3.4	Tietomallien tarkasteluohjelmistot	23
4	Tutkimuksen toteutus	23
5	Revit BIT Model Checker -tarkastustyökalun käyttö	24
5.1	Tarkastamisen tavoitteet	24
5.2	Revit BIT Model Checker -tarkastussääntöjen luominen	25
5.3	Tarkastussääntöjen käyttäminen	32
6	Kehitystyön tulokset ja päätelmät	34
6.1	Revit-linkkitiedostojen Workset-tarkastus	35
6.2	MC Product Variable 4 -tarkastus	36

6.3	Family-perheiden Workset-tarkastus	37
6.4	Space-ilmamäärätarkastus	38
6.5	Palvelualue-tarkastus	39
6.6	Positiotunnusten duplikaattitarkastus	40
6.7	Revit BIT-tarkastustyökalun mahdollisuudet ja jatkokehitys	40
7	Yhteenveto	41
	Lähteet	44

1 Johdanto

Tässä insinööriyössä on tavoitteena kehittää Revitin laaduntarkastuksessa käytettävään parametripohjaiseen BIT-tarkastustyökaluun erilaisia LVI-suunnittelussa hyödynnettäviä tarkastussääntöjä. Insinööriyössä avataan tietomallintamisen kehitystä parametrinen tietosisällön laadun parantamisen kannalta ja tietomallinnukseen liittyviä hankkeita sekä standardeja. Revitin toiminnasta ja erilaisista ominaisuuksista avataan tarkastussääntöjen kannalta olennaisia asioita. Insinööriyössä tutkitaan myös, miten tarkastustyökalua olisi mahdollista jatkossa hyödyntää erilaisissa parametrisissa tarkastuksissa.

Rakennushankkeiden tietomallinnus on ollut arkipäivää jo pitkään, ja pääasiassa se on tarkoittanut geometrisen tietomallin tarkastelua. Nykypäivänä tietomallinnus on kuitenkin siirtymässä vahvasti parametrinen tietosisällön käsittelyyn ja analysointiin. Tietosisällön tasoa ja vaatimuksia kehitetään aktiivisesti erilaisissa hankkeissa vakioinnin ja tietomallinnusohjeiden avulla. Uuden rakentamislain myötä tietomallien toimittaminen rakennuslupahakemuksen yhteydessä muuttuu pakolliseksi, ja tämä luultavasti kiihdyttää tietomallien tietosisällön analysoinnin tasoa sekä yhtenäistämistä. (1; 2; 3.)

BIT eli BIM Interoperability Tools on Revitin natiivisisältöön kuuluva parametrien tarkastustoimintaan keskittyvä välilehti. Tätä insinööriyötä tehdessä on hyödynnetty BIT-välilehden Model Checker -tarkastustyökalua. Sen tarkoituksena on automatisoida suunnitelmien parametrinen tarkastamista erilaisten säännösten avulla. Tavoitteena on saada tarkastussääntöjen avulla suoritettua tarkastuksia, jotka parantavat tietomallien parametrinen tiedon laatua ja luettavuutta. Tarkastussäännöillä tehdyn tarkastuksen luoma raportti listaa Revit-projektista löytyvien elementtien parametrinen tietosisällön puutteet sekä virheet ja mahdollistaa niiden korjaamisen selkeälukuisen listauksen avulla.

Insinööriyön tutkimusmenetelmänä on kvalitatiivinen dokumenttien analysointi. Tutkimusaineistona on käytetty olemassa olevia Revit-opetusmateriaaleja sekä aiempaa olemassa olevaa tutkimusmateriaalia tietomallinnuksesta ja Revitistä.

Tämän insinööriyön toimeksiantajana toimii Sweco Finland Oy. Insinööriyön tekemisessä on hyödynnetty tekijän omaa aiempaa työ- ja Revit-kokemusta Sweco Finland Oy:lla. Sweco on kansainvälinen rakennetun ympäristön ja teollisuuden konsultti- ja suunnittelupalveluita arkkitehtuuriin, infraan, talotekniikkaan, rakennetekniikkaan, teollisuuteen sekä liiketoiminnan konsultointiin ja projektinjohtoon tarjoava yritys. Sweco Finland Oy on osa kansainvälistä Sweco AB -konsernia.

2 Tietomallipohjainen suunnittelu

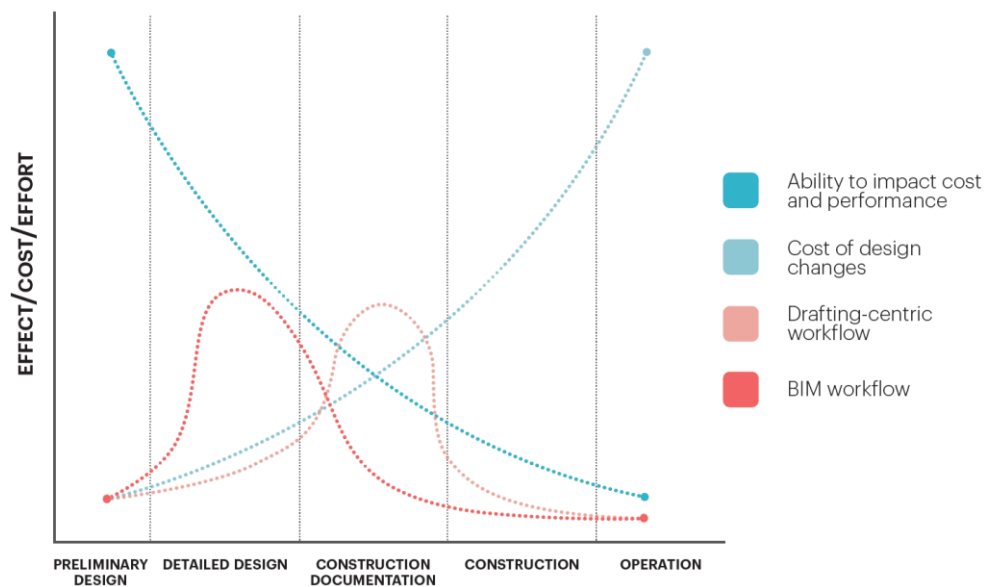
2.1 Tietomalli

Tietomallinnus eli Building Information Modelling (BIM) tarkoittaa rakennuksen kokonaisuuden virtuaalista mallintamista. Tietomallintamalla luodaan rakennuksesta virtuaalinen malli, josta voidaan lukea erilaista tietosisältöä ja geometriaa. Tietomalli voidaan jakaa kahteen osaan: geometriseen ja parametriseen. Laadukkaasta tietomallista voidaan lukea parametrissa tietosisältöä automatisoidusti, jolloin esimerkiksi määrälaskenta ja järjestelmien analysointi nopeutuu. Tietomallinnuksen avulla voidaan myös vähentää etukäteen rakennusaikaisia ongelmatilanteita, kuten suunniteltujen järjestelmien toimimattomuutta sekä tila-vausten puutteita. Esimerkiksi lämmitysjärjestelmien verkostolämpötilojen laskemisen aiheuttama putkikokojen kasvaminen uudisrakennuksissa korostaa tilantarpeen tarkastelun tärkeyttä, sillä tekniset tilat pyritään pitämään mahdollisimman pieninä ja huomaamattomina. (1; 2.)

Tietomallia on ideaalitulanteessa tarkoitus hyödyntää rakennuksen koko elinkaaren ajan eli suunnittelun alkuvaiheista sen huolto- ja ylläpitovaiheeseen. Tietomalliin voidaan myös haluttaessa lisätä eritasoista tietoa, kuten esimerkiksi

hankkeen aikataulu, kustannukset ja elinkaari, mutta tällaisten tietojen käyttö on Suomessa rakentamishankkeissa harvinaisempaa. (4.)

Tilaajien tavoitteet rakennusprojektien kustannusten ennustamiseen, tuottavuuteen ja rakennusajan ongelmattomuuteen luovat paineita suunnittelun laatuun sekä aikataulutukseen. Tietomallintaminen parantaa laadullisesti suunnitteluprosessia, kun pystytään tarkastelemaan toteutettavaa kohdetta virtuaalisesti eri tavoin. Suunnitteluvaiheessa huomattavat yhteensovitusongelmat on huomattavasti helpompi ja halvempi ratkaista kuin rakennusvaiheessa. Kuvassa 1 on havainnollistettu tietomallin hyödyntämisen yhteyttä muutostöiden luomaan vaivaan ja kustannuksiin eri rakennusvaiheissa. (2, s. 37, 116.)



Kuva 1. Tietomallintamisen merkitys rakennusprojektin eri vaiheissa (1).

2.2 Tietomallin hyödyntäminen suunnittelussa

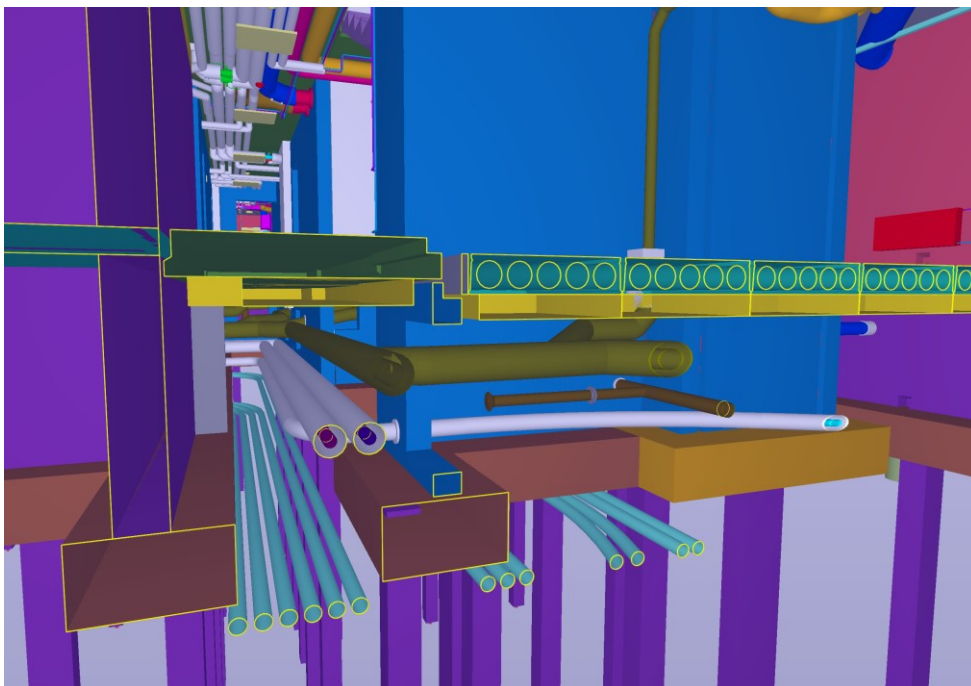
Tietomallia voidaan hyödyntää suunnittelutyössä monilla eri tavoilla. Geometriamallin hyödyntäminen sekä tietomallin tiedonsiirto ja IFC-standardi ovat oleellisia asioita tietomallintamisessa. BIT-tarkastustyökalun kannalta oleellisin tietomallin sisältö on parametrinen tietosisältö.

2.2.1 Geometriamalli

Tietomallia luotaessa kaikkien projektin suunnittelualojen suunnitelmista tuotetaan kolmiulotteinen geometriamalli, jota voidaan tarkastella tietomallien tarkasteluohjelmistoilla. Tietomallinnettavissa projekteissa tietomallista pyritään saamaan mahdollisimman todellisuutta vastaavan näköinen, ja sinne mallinnetaan lähes kaikki mitä rakennus tulee oikeasti sisältämään todellisessa mittasuhteessa. Geometriamalli voi olla pelkästään objektien geometriaa visualisoiva malli, mutta yleisesti se sisältää myös parametrissa tietosisältöä, joka on luettavissa kolmiulotteisesta mallista. (1; 5.)

Kolmiulotteisen geometriamallin suurimpia hyötyjä on suunnitelmien visualisoinnin helpottama yhteensovittaminen. Tietomalleja voidaan tarkastella suunnittelualakohtaisesti, ja esimerkiksi LVI-geometriamallista voidaan tarkastella löytyykö alajärjestelmien välillä törmäyksiä. Taloteknisen suunnittelun tietomallinnus toteutetaan arkkitehtimallin mukaisesti, jotta jo aikaisissa suunnitteluvaiheissa voidaan huomata mahdollisia tilanpuutteita. Tietomallissa voidaan järjestelmien lisäksi esittää myös laitteiston tilavarauksia, huoltoalueita ja läpivientien reikävarauksia. (5.)

Suunnittelualojen välinen yhteensovitus on oleellinen osa projektin tietomallin laadun tarkastamisessa. Yhdistelmämallin avulla voidaan tarkistaa, että eri suunnittelualojen järjestelmät sopivat yhteen arkkitehtimallissa ja ovat todellisuudessa toteutettavissa. Yhdistelmämallissa yhteensovitetaan arkkitehti- ja rakennemallia sekä kaikkien taloteknisten suunnittelualojen malleja. Kuvassa 2 on asuinkerrostalon yhdistelmämallista ryömintätilallisen alapohjan sisältämää talotekniikkaa.



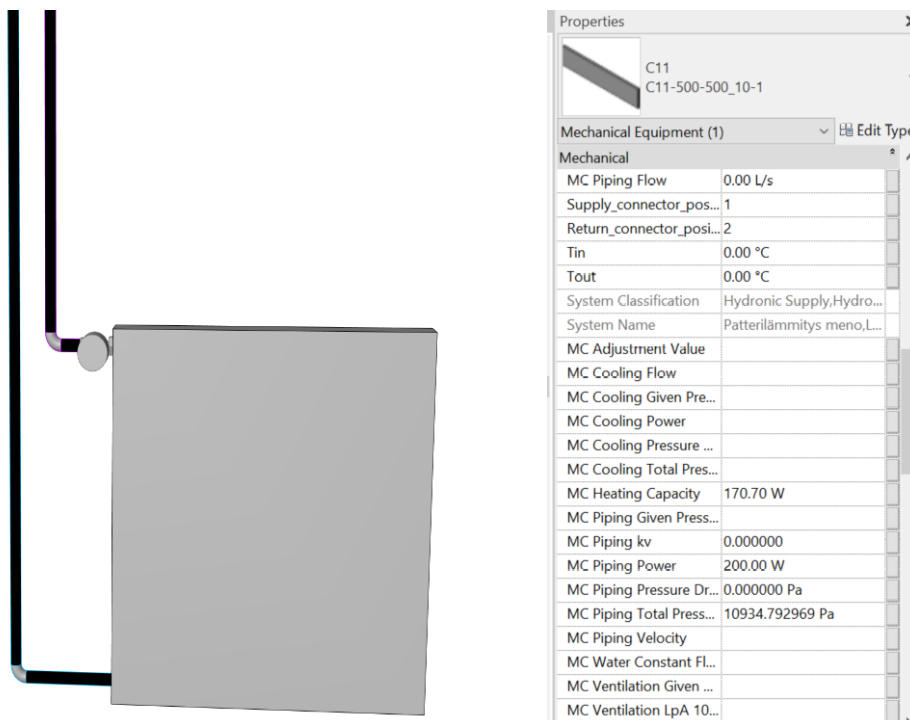
Kuva 2. Kerrostalon yhdistelmämalli (6).

2.2.2 Parametrinen tietosisältö

Entiteetti on olemassa oleva elementti, joka voi tietomallissa olla objekti, parametri tai mitä tahansa muuta. Parametrit ovat tietomallissa olevien elementtien tietosisältöä. Entiteeteille määritellään niiden tietotyypin mukaan sallitut arvot eli enumeraatiot. Kun parametrille määritellään enumeraatio, on mahdollista asettaa raja-arvoja, kuten esimerkiksi virtauksen nopeuden rajoitus putkimitoitusta tehdessä. Parametreja on paljon erilaisia, ja esimerkiksi suunnitteluohjelmistoilla on omia natiiviparametreja, jotka saattavat olla kovakoodattuja, eli niitä ei ole mahdollista muokata. Suunnitteluohjelmistojen laajennukset, kuten taloteknisessä suunnittelussa kovassa käytössä oleva MagiCAD, luovat ja käyttävät omia parametrejaan. Tätä insinööriyötä varten tehdyissä tarkastussäännöissä hyödynnetään sekä Revitin että MagiCADin parametreja. (7.)

Tietomalleissa esiintyvät parametrit voidaan jakaa kahteen kategoriaan, tyyppi-parametreihin ja instanssiparametreihin. Tyyppiparametrit määräytyvät objektityypin mukaan, kuten esimerkiksi patterimallin geometriset mitat. Objektiparametrit ovat objektikohtaisia, kuten esimerkiksi patterin lämmitysteho ja virtaama.

Parametri tarkoittaa objektille määritettyä ominaisuutta, joka sisältää jonkun tietyn arvon. Objektien sisältämiä tietoja voidaan hyödyntää tietomallinnuksen avulla esimerkiksi määrälaskentaan ja erilaisten analyysien tekemiseen. Objektilla voi olla satoja erilaisia parametreja. Kuvassa 3 on havainnollistettu lämmityspatterin 3D-objekti tietomallissa ja sen sisältämää parametrin tietosisältöä.



Kuva 3. Lämmityspatterin 3D-objekti ja sen sisältämä parametrinen tietosisältö.

Tietomallin parametrinen tietosisällön taso on ollut hyvin vaihtelevaa, koska siihen on ollut ainoastaan ohjeita mutta ei määräyksiä. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 toimivat ohjeena nykyiselle tietomallintamiselle, ja niissä listataan, mikälaista tietosisältöä eri järjestelmien on sisällettävä. Kuvassa 4 on YTV 2012 sisältämä listaus talotekniikan komponenttien tietomallintamisen vaatimuksista eri suunnitteluvaiheissa. Tarkempaa vakiointia tietosisällön parametreille YTV 2012 ei määrittele, jolloin tietomallien yhtenäisyys ja näin ollen tiedon luettavuus jää heikoksi. Jotta parametrisesta tiedosta saataisiin kaikki hyöty irti, on parametreille oltava tiedon käsittelyä mahdollistavaa vakiointia. Tietomallin laadussa pyritään siihen, että objekteista voidaan lukea mahdollisimman helposti ja luotettavasti mikä se on, missä se sijaitsee ja paljonko sitä on. Esimerkiksi kuvassa

3 olevan lämmityspatterin 3D-objektista voidaan manuaalisesti tunnistaa sen olevan lämmityspatteri, mutta koneellisesti luettuna tieto on luettava vakioidulta parametrilta, joka kertoo objektin olevan lämmityspatteri. Jos tietosisältöä ei vakioida millään tavalla, siitä ei ole mahdollista saada luotettavasti koneluettavaa.

(3.)

Komponentti / tehtävä	Yleissuunnittelu				Toteutussuunnittelu			
	2D	BIM	Geometrian tarkkuustaso	Tietosisältö	2D	BIM	Geometrian tarkkuustaso	Tietosisältö pääverkostojen ja järjestelmien osalta
Putkistot								
Varoventtiilit					x			DN-koko, tunnus (esim. VV1)
Paisunta-astiat					x	x	Yli 100 dm ³ säiliöt mallinnetaan	Tilavuus
Lämmönsiirtimet					x	x		Teho tai tilavuusvirta, painehäviö
Lämmönjakokeskus	x	x	Esitetään arvioitu tilavaraus		x	x	Ulkomitat valitun komponentin mukaiset	Liittyvien verkostojen teho, tai tilavuusvirtaus ja painehäviö
Vedenjäähdytyskone	x	x	Esitetään arvioitu tilavaraus		x	x	Ulkomitat valitun laitteen mukaiset	Liittyvien verkostojen teho, tai tilavuusvirtaus ja painehäviö
Vesikatolle tai julkisivuun tulevat laitteet ja komponentit	x	x	Esitetään arvioitu tilavaraus		x	x	Ulkomitat valitun laitteen tai komponentin mukaiset	Tunnus
Muut pääkonekot	x	x	Esitetään arvioitu tilavaraus		x	x		Tunnus
Nestetankit					x	x	Yli 100dm ³ tankit mallinnetaan	Tilavuus
Jakotukit					x	x		Tunnus

Kuva 4. YTV 2012 Tietomallinnettavien komponenttien tietosisällön taso (8).

2.2.3 Tietomallin tiedonsiirto

Suunnittelualoja ja -ohjelmistoja on useita, mikä aiheuttaa ongelman, kun halutaan yhteensovittaa suunnitelmia. Tietomallien tiedonsiirto eri suunnittelualojen ja ohjelmistojen välillä tapahtuu IFC-tiedonsiirtostandardin (Industry Foundation Classes) avulla (9). Yleisesti suunnitteluohjelmistoista löytyy IFC-vienti-toiminto, joka kääntää suunnitelmat IFC-standardin mukaiseen tiedostomuotoon suunnitteluohjelmistosta riippumatta. IFC-tiedostomuotoon käännettyä tietomallia voidaan tarkastella siihen suunnitelluilla ohjelmistoilla.

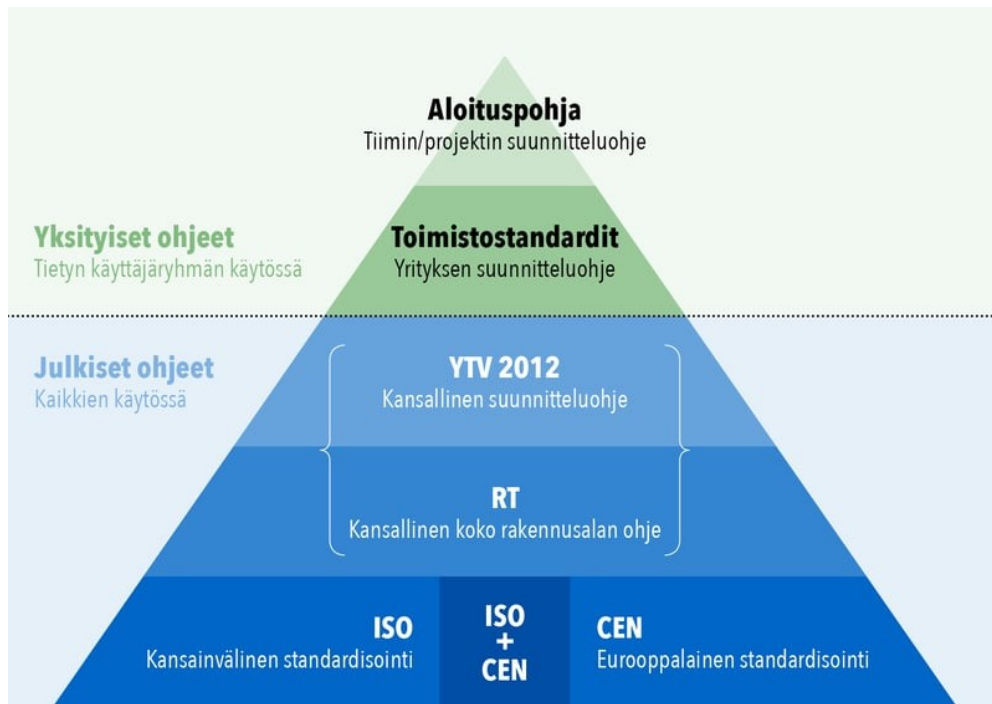
IFC-malli perustuu yksittäisten laitteistojen osien tietomallintamisena parametrista tietoa sisältäviksi objekteiksi, kuten esimerkiksi pumppujen, puhaltimien, venttiilien jne. Suunnitelmat on tietomallinnettava ohjelmistolla, joka on tarkkuudeltaan ja laadultaan vähintään tietomallivaatimuksien mukainen. IFC-standardista on vuosien varrella tullut uusia versioita, ja uusimpana niistä on IFC 4.3 -versio, joka julkaistiin syyskuussa 2023 (9). LVI-suunnittelun tietomallinnuksessa käytetään usein IFC 2x3 -versiota, mutta siitä ollaan siirtymässä uudempaan IFC 4 -versioon. Uuden rakentamislain myötä tietomallin toimittaminen

rakennuslupahakemuksen yhteydessä muuttuu pakolliseksi, ja kyseisen tietomallin on oltava IFC 4 -versiota (3, s. 6).

2.3 Tietomallivaatimukset

Rakentamishankkeiden tietomallinnusta on tehty jo 2000-luvun alusta, ja se on nykyisissä hankkeissa todella yleistä. Perinteinen tietomallinnus on kolmiulotteisen tietomallin kääntämistä ja sen tarkastelua. Tietomallinnus on kuitenkin siirtymässä geometriamallin tarkastelusta parametrinen tietosisällön käsittelyyn. Jotta konelukuinen tietosisällön käsittely olisi mahdollista, on parametrien vakiointi oltava ennalta määritetyn tietorakenteen mukaista. Ilman minkäänlaista vakiointia on koneluettu tieto epäluotettavaa ja pirstaleista, koska ei voida varmistua kuin käsin tarkastamalla, onko luettu tieto sitä mitä halutaan. (3; 4.)

Tietomallivaatimuksia on eri tasoisia, ja ne voidaan jakaa kahteen osaan: julkisiin ja yksityisiin ohjeisiin. Julkiset ohjeet ovat kaikkien käytössä olevia yleisiä ohjeita ja suosituksia. Yksityiset ohjeet ovat yritys- tai projektikohtaisia ohjeistuksia ja käytäntöjä. Kuvassa 5 eri tasot on havainnollistettu pyramidin muodossa. Alimmassa lohossa ovat kansainväliset ISO- ja CEN-standardit. Ne eivät vaikuta itse mallintamiseen vaan ottavat kantaa rakennuksia ja infrarakenteita koskevan tiedonhallinnan organisoinnin yhtenäistämiseen. Kansallisen tason suunnitteluohjeet ja vaatimukset ovat huomattavasti kansainvälisiä standardeja yksityiskohtaisempia ja ottavat kantaa yleisiin toteutustapoihin. Kansallisella tasolla määritellään nykyään parametrissa vakiointia koneluettavuuden takia. Ylimpänä olevat yksityiset ohjeet eli yritys- ja projektitason ohjeistukset ovat tasoista kaikista tarkimmat ja vaativimmat. Yritystasolla on yleisesti muihin tasoihin verrattuna tarkemmat ohjeistukset tietomallinnuksen toteuttamiseen ja parametrinen tietosisällön syöttämiseen. (3; 4; 10.)



Kuva 5. Tietomalliohjeiden eri tasot (11).

2.3.1 YTV 2012

YTV 2012 eli Yleiset tietomallivaatimukset 2012 on tilaajaorganisaatioiden laatima 14-osainen julkaisusarja, jossa esitetään tietomallinnuksen teknisiä vaatimuksia sekä suosituksia ja ohjeita. Se on Suomessa käytettävä paikallinen soveltamisohje, joka nojaa aikansa kansainvälisiin tietomallinnus standardeihin. (8.)

Talotekniseen suunnitteluun kohdistuva neljäs osa määrittää eri suunnitteluvaiheiden mallinnuksen tason ja sisällön vähimmäisvaatimukset. Se ohjeistaa enimmäkseen geometriseen mallinnukseen liittyviä asioita, kuten taloteknisten tuotteiden vastaavuudesta todellisiin tuotteisiin. YTV 2012 ottaa kantaa taloteknisten tuotteiden tietosisältöön ainoastaan pintapuolisella tasolla. Tietosisällön määrittely rajoittuu esimerkiksi tilavuuden ja tehon syöttämiseen objektille. Parametrissa vakiointia ei mainita millään tavalla, jolloin konelueuttavuus on mahdollista. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 ovat näin ollen pahasti vanhentuneet nykyisen tietomallinnuksen mahdollisuuksiin nähden. (8.)

2.3.2 Tietomallivaatimusten tulevaisuus

Suomessa on käynnissä useita eri hankkeita, joissa tietomallin tietosisällön luettavuutta parannetaan vakioinnin ja ohjeistuksien avulla. Suurimpia vaikuttajia ovat velvoittavuutensa vuoksi uusi rakentamislaki ja siihen liittyvä Rava3Pro -hanke. Uuden rakentamislain mukaan rakennuslupahakemukseen on liitettävä rakennuksen tietomalli. Tietomallin on oltava Rava3Pro -hankkeen tietorakenteen mukainen, jotta sitä voidaan lukea Rakennusvalvonnassa koneellisesti. (3; 12.)

Rava3Pro -hankkeessa esitetään muun muassa kansallisia koodistoja, joiden tarkoituksena on luoda parametreille vakiointia ja kategorisoida laitteet riittävän tarkasti kansallisiin tarpeisiin. Kansallisen koodiston avulla voidaan tunnistaa esimerkiksi, että objekti on ilmanvaihdon säätölaite ja kategorioinnin avulla tarkennetaan sen olevan ilmamääräsäädin. Kuvassa 6 on erilaisten ilmapirtasäätimien Rava3Pro-hankkeen mukaiset kansalliset tuotekoodit. Hankkeessa luodaan myös koneluettavia tarkastussääntöjä IFC-malleille lupakäsittelyn automaattisen luettavuuden tueksi, jolla varmistetaan, että parametrinen tietosisällön taso on vaaditulla tasolla. (3; 12.)

Esimerkki:

<i>Komponentin pääryhmä</i>	PUTKISTOLAITTEET
<i>Komponentin alaryhmä</i>	VENTTIILIT - ESISÄÄDETTÄVÄT
<i>Komponentin koodi</i>	T-LVI-03-01-001
<i>Komponentin yleisnimi</i>	Linjasäätöventtiili
<i>Komponentin yleistunnus</i>	LSV

T-LVI-07-03	ILMAVIRTASÄÄTIMET JA -PELLIT	
T-LVI-07-03-001	Säätöpelti	SP
T-LVI-07-03-002	Moottoripelti	FZ
T-LVI-07-03-003	Ilmamääräsäädin	IMS
T-LVI-07-03-004	Vakioilmamääräsäädin	VVS
T-LVI-07-03-005	Vakiopainesäädin ilmalle	VPS
T-LVI-07-03-006	Paineentasauspelti	PTP
T-LVI-07-03-007	Perhospelti	PEP
T-LVI-07-03-999	MUU - Ilmapirtasäätimet ja -pellit	<i>ei tunnusta</i>

Kuva 6. Rava3Pro-tuotekoodisto (3).

Hankeohjelma RYTV on BuildingSMART Finlandin jäsenistön toteuttama kokonaisuus tietomallinnusohjeita ja -suosituksia. Hankkeessa on tarkoituksena osittain uudistaa ja vakioida tietomallintamistapoja nykyhetken vaatimusten tasoiksi. Hankkeen projekteista luodaan käytäntökuvauksiin perustuvat tietomallintamisohjeet, joiden avulla niistä pääsee hyötymään koko ala. Jäsenistö koostuu rakentamisen ammattilaisista ja kehityshankkeet toteutetaan ulkopuolisen rahoituksen avulla. Esimerkkinä RYTV-hankkeesta voidaan mainita Tekniikka-kannatusten suunnitteluohje, jossa mm. Sweco on mukana käsikirjoittajana sekä asiantuntijaroolissa. (13.)

3 Taloteknisessä suunnittelussa käytettävät ohjelmistot

Taloteknisessä suunnittelussa käytetään useita erilaisia ohjelmistoalustoja, ohjelmistolaajennuksia sekä tietomallien tarkasteluohjelmistoja. BIT-tarkastustyökalu on Revit-natiiviominaisuus, jonka toiminnan parempaa ymmärtämistä varten on syvennyttävä Revitin eri ominaisuuksiin tarkemmin. Revitistä avataan sen ominaisuuksia ja käytettävyyttä sekä aiheita, jotka liittyvät oleellisesti BIT-tarkastustyökalulla luotuihin tarkastussääntöihin.

3.1 LVI-suunnittelun ohjelmistoalustat

Suunnitteluohjelmistoja on nykyään erittäin laaja valikoima tarjolla, ja eri suunnittelualat valitsevat ohjelmistojen ominaisuuksien mukaan itselleen sopivimman. Suomessa suosituimpia ohjelmistoalustoja taloteknisessä suunnittelussa ovat yleisesti Autodeskin AutoCAD ja Revit sekä Cadmaticin CADS. Autodeskin ohjelmistoalustat eroavat toisistaan käyttöliittymältään sekä ominaisuuksiltaan jonkun verran, mutta tuotetut talotekniset 2D-suunnitelmat ovat PDF-muodossa hyvin samanlaisia.

Lyhyesti kerrottuna Revit on tietomallipohjaiseen suunnitteluun, 3D-näkymiin sekä yhdistettyyn projektiympäristöön ja yhteiseen tietokantaan pohjautuva ohjelmistoalusta. AutoCAD taas on CAD-suunnitteluun, 2D-näkymiin ja kerroskohotuksiin tasokuvaan painottuva ohjelmistoalusta. CADS on myös CAD-pohjainen

suunnitteluohjelmisto hieman suppeammilla ominaisuuksilla, mutta se on erityisesti pienempien suunnitteluyritysten suosiossa helppokäyttöisyytensä vuoksi. (4; 14.)

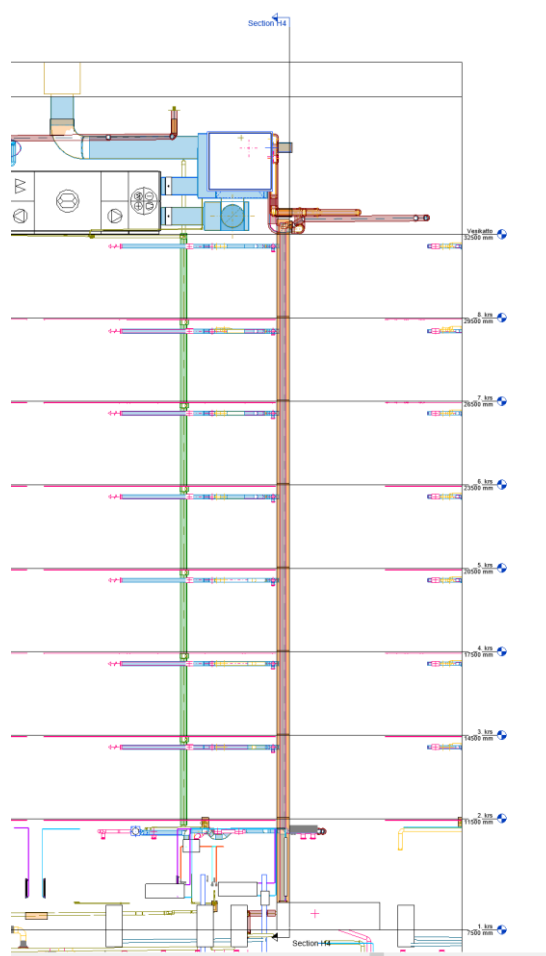
3.2 Autodesk Revit

Revit on Autodeskin tietomallinnukseen perustuva suunnitteluohjelmisto, joka erikoistuu suunnittelualojen yhdistettyyn projektiympäristöön ja erilaisiin näkymiin (17). Revitin on pitkään odotettu olevan seuraaja AutoCADille sen edistyneiden automaattisten toiminnallisuuksien ja tietomallinnusominaisuuksien takia, mutta siirtymäaika on venynyt. Yksi suurimmista syistä käyttöönoton venymiselle on Revit-ohjelmiston suuri muokkaustarve yrityskohtaiseen käyttöön sopivaksi. Revit suunnitteluympäristön muokkaaminen yrityskohtaisia suunnittelu tapoja tukevaksi on erittäin aikaa vievää kehitystyötä ja vaatii suuria investointeja. Granlund Oy ja Sweco Finland Oy julkaisivat syksyllä 2023 omat Revit-mallipohjansa asiakkaidensa julkiseen käyttöön ilmaiseksi. Tämä vauhdittaa Revit-siirtymää, koska suunnitteluympäristöt ovat nyt myös muiden toimijoiden ulottuvissa ilman mittavaa yrityskohtaista kehitystyötä. (4; 15; 16).

Revit ohjelmistona ei myöskään ole monelle talotekniikkasuunnittelijalle tuttu, koska sitä ei opeteta taloteknisten suunnittelualojen koulutuksissa. Moni suunnittelija on tottunut AutoCADin yksinkertaisuuteen ja on vastahakoinen muuttamaan totuttuja työskentelytapoja. Kokonaan uuden ja erilaisen ohjelmistoalustan opettelu vaatii ponnistelua, mutta se mahdollistaa edistyksellisten toimintojen hyödyntämisen ja pitkällä aikavälillä suunnittelun eri työvaiheiden automatisoinnin. (4.)

Suurin ero AutoCADiin on, että projektia ei ole pilkottu esimerkiksi kerroskohtaisiin tasokuviin ja alajärjestelmien omiin tiedostoihin. Revitissä projektit ovat kokonaan tai isompiin lohkoihin jaettuna samassa tiedostossa, jaetussa projektiympäristössä. Käytännössä jokaisessa näkymässä Revit-projektin tietomalli on kokonaan auki mutta rajatusti näkyvillä, jolloin tehdyt muutokset päivittyvät tietomalliin ja siten jokaiseen näkymään. Revitissä on parametrinen muutosmoottori,

jonka avulla Revit koordinoi eri näkymissä tehtyjä muutoksia jokaiseen projektissa olevaan näkymään samanaikaisesti. Leikkausnäkymissä siirretyt nousuputket siirtyvät kaikkien kerroksien eri näkymissä, mikä nopeuttaa esimerkiksi hormimuutosten tekemistä. Kuvassa 7 näkyvä vesikatolle nouseva kanava voidaan leikkausnäkyvässä siirtää, jolloin se siirtyy kerroskohtaisissa näkymissä samanaikaisesti. Vastaava siirto on AutoCADissa työlästä tehdä kerroskohtaisten tiedostojen takia. (14; 17.)

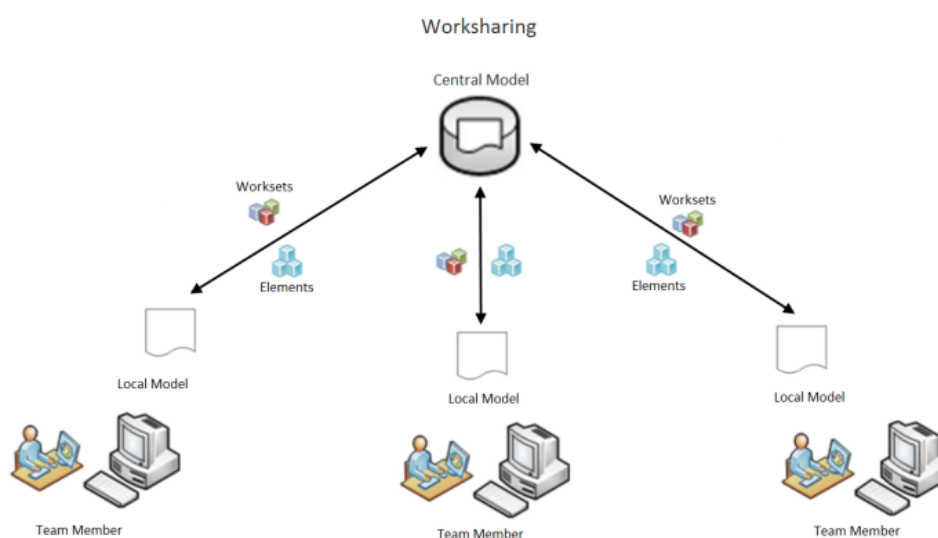


Kuva 7. Revit-projektin kerrostalorakennuksen leikkausnäkyvä (6).

3.2.1 Jaettu projektiympäristö ja Workset-työskentelyryhmät

Revitin jaettu projektiympäristö (Worksharing) perustuu Autodeskin pilvipalveluun, jossa olevaa mallinnustiedostoa synkronoidaan käyttäjien välillä. ACC eli Autodesk Construction Cloud on pilvipohjainen tiedostonhallinta palvelu, jota

käytetään hyödyksi esimerkiksi Revit-projektien synkronoinnissa. Kun Revit-projektin tietomalli synkronoidaan pilvipalveluun, on mahdollista usean suunnittelijan työskennellä samanaikaisesti samassa tiedostossa. Kun projektiin tehdään muutoksia, suoritetaan synkronointi, joka päivittää muutokset lokaalista tietomallista pilveen ja tuo ne muiden suunnittelijoiden näkyville. Kuvassa 8 on havainnollistettu samanaikaisen työskentelyn logiikkaa. Kuvassa oleva Central Model eli keskusmalli on vanhentunut tapa toteuttaa Revitin jaettua projektitympäristöä. (4; 18.)



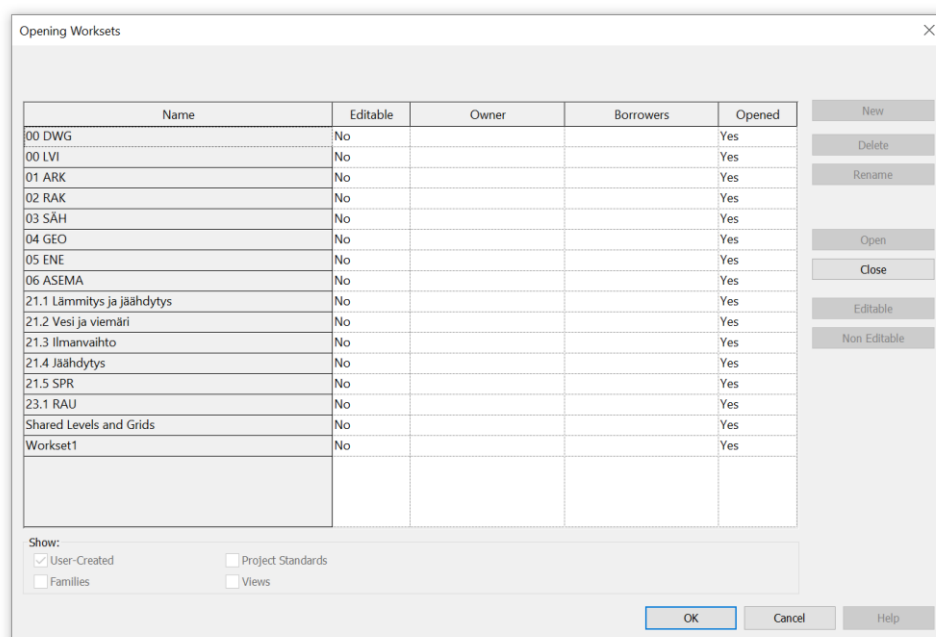
Kuva 8. Revitin jaetun projektitympäristön toiminta (18).

Suunnittelussa voidaan käyttää hyödyksi Revitin Workset-työskentelyryhmiä, jolloin esimerkiksi jokainen suunnitteluala tai alajärjestelmä on jaettu omalle Workset-ryhmälle. Revitiä voi käyttää myös ilman Workset-ryhmien käyttöä. Workset-ryhmät voidaan määrittää yrityskohtaisesti erilaisiksi, ja Swecolla on päätetty hyödyntää Workset-ryhmittelyä paremman mallin hallinnan vuoksi. (4; 19.)

Workset-ryhmät jaettaessa alajärjestelmille, on tärkeää, että suunnittelutyötä Revitillä tehdessä käytetään oikeaa Workset-ryhmää, jotta elementit asettuvat oikealle ryhmälle. Jos elementit ovat väärällä Workset-ryhmällä saattaa samanaikaisessa suunnittelussa aiheutua ongelmia elementtien lukittumisen kanssa,

eivätkä muut samanaikaisesti projektilla työskentelevät voi muokata lukittuja elementtejä. Elementtien Workset-ryhmät voidaan tarkistaa ja muuttaa Revitin Properties asetusikkunasta Workset-parametrissa. Tässä insinööriyössä luodaan tarkastussääntö Workset-parametrin tarkastamiseen. (19.)

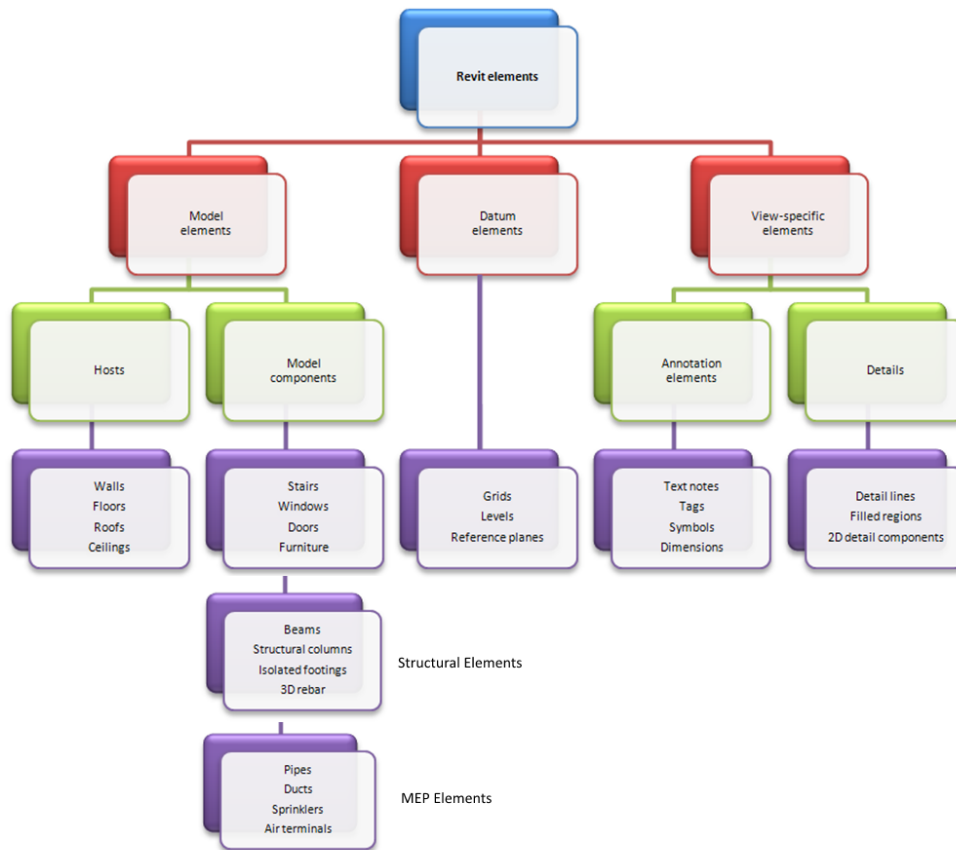
Kuvassa 9 on Revit-projektia avattaessa aukeava ikkuna, jossa valitaan käytettävä Workset-ryhmä, sekä valitsijan asema. Käyttäjän asema voi olla Owner tai Borrower. Valittaessa Owner-asema lukitaan koko Workset-ryhmä itselleen, jolloin muut eivät pääse samanaikaisesti muokkaamaan ryhmän elementtejä. Jos halutaan muokata vain osia Workset-ryhmän elementeistä, ei tarvitse alkuvalikossa valita mitään. Mallin avautuessa voi sitä alkaa muokkaamaan, jolloin Borrower-asema aktivoituu automaattisesti Workset-ryhmälle, jonka elementtejä muokkaa. Jos Owner-asemassa oleva on lukinnut Workset-ryhmän elementit itselleen, on mahdollista pyytää Revitin kautta lupaa muokata tiettyjä elementtejä. (4; 20.)



Kuva 9. Revit-projektin Workset-ryhmän valintavalikko.

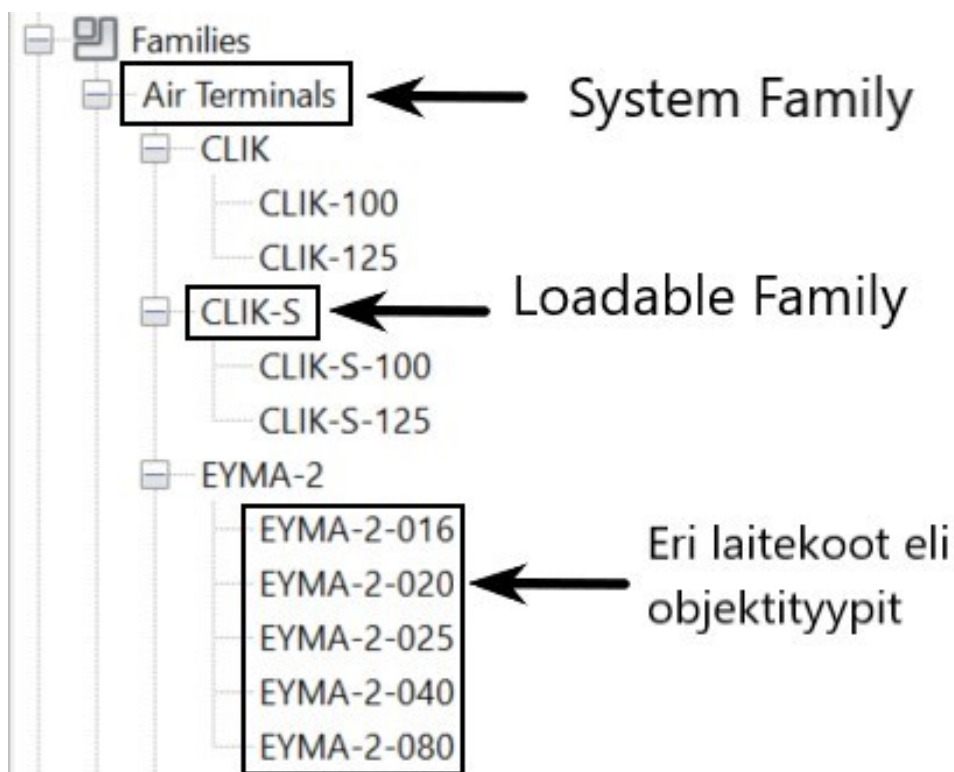
3.2.2 Elementit ja Family-tuoteperheet

Revit-projekti sisältää paljon erilaisia elementtejä ja niiden jaottelun ymmärtäminen on oleellista tarkastussääntöjen luomisessa. Elementit voidaan jakaa kolmeen ryhmään: Model-, Datum- ja View-specific -elementit. Kuvassa 10 on havainnollistettu elementtien jako. Model-elementit ovat tietomallinnettavia objekteja, joista rakennus koostuu. Model-elementit jakautuvat kahteen kategoriaan, jotka ovat Host- ja Model-komponentit. Host-komponentteja ovat päärakenteet esimerkiksi seinät ja katot, joihin voidaan lisätä ovia, ikkunoita tai muita komponentteja. Model-komponentit ovat tietomalliin mallinnettavat komponentit, kuten putket, kanavat ja päätelaitteet. Datum-elementit ovat projektin kannalta tärkeää yleistä tietosisältöä, kuten esimerkiksi tasoja sekä kerroksia. Datum-elementtejä ei näy tietomallissa, mutta ne ovat erittäin tärkeitä suunnittelutyön onnistumisen kannalta. View-specific-elementit ovat näkymäkohtaisia tekstejä, tunnuksia, symboleita, viivatyypppejä ja muita visuaalisia elementtejä. Näkymäkohtaiset elementit mahdollistavat erilaisten tulostusnäkyvien luomisen ilman että mallinnusnäkyvästä poistetaan mitään merkintöjä. Esimerkiksi tulostenäkyvässä ei haluta näkyviin 3D-putkia tai mallinnusnäkyvään tehtyjä muistiinpanoja. (21.)



Kuva 10. Revitin elementtien jako (21).

Kaikki Revit-mallissa olevat elementit ovat osa tuoteperhettä (Family). Tuoteperheet jakautuvat kolmeen eri tyyppiin: System Family, Loadable Family ja In-Place Family. Kuvassa 11 havainnollistetaan Family-tyypit Revitin projektivalikossa. System Family -perheet ovat Revitin ennalta määritettyjä peruselementtejä kuten Air Terminals, kanavat ja seinät. Myös projektiympäristön asetukset, kuten kerrostasot ja erilaiset näkymät, kuuluvat System Family -perheisiin. Loadable Family -perheet ovat projektille ladattavia ulkoisia RFA-tiedostoja. RFA on Family-tuoteperheiden tiedostomuoto. Loadable Family on kaikista käytetyin tuoteperhetyyppi, sillä sen tuotteet voidaan itse ladata ja valita projektiin. Siihen kuuluvat esimerkiksi venttiilit, patterit ja valaisimet. In-Place Family -perheeseen voidaan luoda ladattavista elementeistä geometrisesti tai parametrisesti eroavia elementtejä projektikohtaisten tarpeiden mukaan. In-Place Family -perhettä käytetään vähiten sen yksityiskohtaisten muokkausmahdollisuuksien takia. (22.)



Kuva 11. Family-tuoteperheet havainnollistettu Revit-projektiselaimessa.

3.2.3 Parametrit

Tämän insinööriyön aiheena oleva BIT-tarkastustyökalu tarkastaa parametrissa tietosisältöä, joten erilaisten Revit-parametrityyppien ymmärtäminen on oleellista tarkastussääntöjen tekemisessä. Revitin parametrit jakautuvat kahteen eri luokkaan: tyyppiparametreihin (Type) ja objektikohtaisiin parametreihin (Instance). Tyyppiparametrit ovat objektityypin mukaan määräytyviä parametreja, ja objektikohtaiset parametrit ovat nimensä mukaisesti vain tietyn yksittäisen objektin parametreja. (23.)

Kun Revitissä halutaan muokata jotain parametria, on oleellista tietää, mitä tyyppiä kyseinen parametri on. Jos halutaan muokata objektikohtaista parametria kuten esimerkiksi päätelaitteen ilmamäärää, muokataan se objektikohtaisista asetuksista (Properties). Jos taas halutaan muokata tyyppiparametria, ei objektikohtainen muokkaus ole suositeltavaa. Tyyppiparametrien muokkaus tapahtuu Dataset-asetustiedoston kautta, jolloin parametrin muokkaus tapahtuu jokaiselle

objektityypin objektille. Dataset on MagiCAD for Revit -ohjelmistolaajennuksen laitteiden parametrissa tietosisältöä hallinnoiva asetustiedosto. Se on verrattavissa MagiCAD for AutoCAD -ohjelmistolaajennuksessa käytettävään projekti-tiedostoon. (24.)

Revitissä on mahdollista luoda esimerkiksi erilaisia parametripohjaisia analyysinäkymiä, joissa elementit värjäytyvät asetettujen raja-arvojen mukaisesti. Analyysinäkymissä voidaan tarkastella mitä vain parametria, joka sisältää numeerisen arvon. On mahdollista esimerkiksi tarkastella virtausnopeutta ja värjätä putkia vihreästä punaiseen määritettyjen rajojen mukaan.

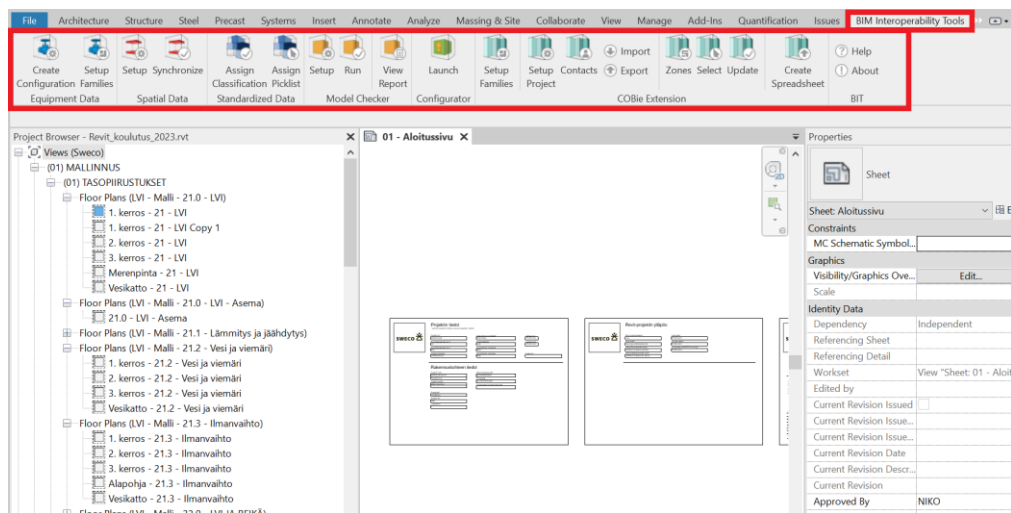
3.2.4 Space-tilaobjektit

Revit-projektiin voidaan luoda arkkitehtimallin mukaisesti erilaisia tiloja, jotta niiden tilavuutta ja ominaisuuksia voidaan tarkastella tilakohtaisesti. Revitin tilaobjekti eli Space sisältää tietoa esimerkiksi tilan mittasuhteista, lämpöhäviöistä, jäähdytystarpeesta ja ilmamääristä. Tilat voidaan myös lisätä palvelualueisiin esimerkiksi ilmanvaihtokoneelle tai lämmitysjärjestelmälle. Palvelualueenäkymissä voidaan tarkastella mitkä järjestelmät palvelevat mitäkin tiloja. Palvelualue määritysten avulla voidaan tarkastaa esimerkiksi ilmanvaihtokoneen ilmamäärät tai lämmitysjärjestelmän lämmitystehot. Myös palvelualuekaavion luominen on mahdollista määritysten avulla helposti. (25.)

Spacelle voidaan lisätä paljon erilaista taloteknistä mitoitustietoa, kuten esimerkiksi ilmanvaihdon ilmamäärät, jäähdytys- ja lämmitystarpeet ja valaistustehot. Tätä tietosisältöä voidaan lukea tilaobjekteista koneellisesti ja Swecon LVI-kehitystiimi on luonut edistyneitä dynamokoodauksia, joiden avulla voidaan esimerkiksi tekstittää suunnitelmat automatisoidusti elementtien tyyppiparametrien mukaisesti. Swecon laitepositiointi Revitissä tapahtuu myös tilaobjektien numerointia hyödyntäen. (4; 6.)

3.2.5 BIM Interoperability Tools

Revitin BIM Interoperability Tools (BIT) -välilehti sisältää erilaisia työkaluja tietomallin parametriseen tietosisällön käsittelyyn. Sen tarkoituksena on vähentää manuaalista tietomallin tarkastustyötä sekä parantaa Revit-projektin tehokkuutta ja laatua (26). Kuvassa 12 on havainnollistettu BIT-välilehden sijainti ja sisältö Revitissä.



Kuva 12. Revit BIM Interoperability Tools -välilehti.

BIT-työkaluja ovat:

- Standardized Data Tool, jonka avulla voidaan lisätä elementeille erilaisia määrittäviä koodistoja
- COBie Extension, jonka avulla voidaan tallentaa ja viedä COBie-tietoa (Construction Operations Building Information Exchange) tietomallista eteenpäin
- Equipment Data Tool, jonka avulla voidaan luoda alakategorioita laitteiden tuoteperheisiin ja muokata luotujen alakategorioiden parametreja

- Spatial Data Tool, jonka avulla voidaan luoda ja muokata lisäparametreja Revit tiloille
- Model Checker, jonka avulla voidaan käyttää Autodeskin valmiita parametrisia tarkastussäännöstöjä tai luoda uusia ja muokata olemassa olevia säännöstöjä.

Model Checker -tarkastustyökalu

Tässä insinööriyössä tutkitaan Model Checker -tarkastustyökalun käyttötarkoituksia ja mahdollisuuksia. Model Checker -työkalu mahdollistaa parametrisen tietosisällön laadun varmistamisen tarkastussääntöjen vaatimusten mukaiseksi. Tarkastussäännöillä voidaan tarkastaa lähes mitä tahansa parametreja ja niitä on mahdollista muokata yrityskohtaisten Template-mallipohjien mukaisiksi. Model Checker -tarkastustyökalun etuna on, että parametriset tarkastukset voidaan toteuttaa suoraan suunnitteluohjelmiston sisäisesti. IFC-mallia ei siis tarvitse tuottaa ja avata erillisessä sovelluksessa, vaan tarkastus tehdään BIT-välilehdeltä Revitin sisäisesti. Tarkastuksen luomasta raportista päästään suoraan käsi virheellisiin parametreihin, jolloin niitä on nopea ja helppo korjata. (27.)

Tarkastussäännöt luodaan Model Checker Configurator -työkalussa tarkastussettiin (Checkset). Tarkastussetti voi sisältää yhden tai useamman tarkastussäännön ja yleensä tarkastussetit jaotellaan saman tyyliä tarkistuksia tekeviin tarkastussäännöstöihin. Model Checker -tarkastussetit ovat XML-pohjaisia (Extensible Markup Language) tiedostoja. Kuvassa 13 on havainnollistettu tarkastussetin XML-pohjaisen rakenteen koostumusta. Rakente on Model Checker Configurator -työkalussa visualisoitu yksinkertaistetusti, mutta koostumus on sama. (28.)

Document		<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
Root	Start-Tag	<MCSettings>
Element	Start-Tag	<Heading>
		<Section>
		< Section>
		<Check>
	Start-Tag / End Tag	<Filter..../>
		<Filter..../>
		<Filter..../>
	End-Tag	</Check>
</Section>		
</Section>		
</Heading>		
Root	End-Tag	</MCSettings>

Kuva 13. Tarkastussäännön XML-rakenne (28).

3.3 MagiCAD for AutoCAD ja MagiCAD for Revit

Taloteknisen suunnittelun piirtämisessä ja tietomallinnuksessa käytetään Suomessa yleisesti MagiCAD-ohjelmistoa. MagiCAD on talotekniikan suunnitteluun keskittyvä laajennusohjelmisto, ja siitä on kehitetty omat versiot AutoCAD-, Revit sekä BricsCAD-ohjelmistotalustoille. MagiCAD mahdollistaa taloteknisten järjestelmien laadukkaan tietomallinnuksen. Suurimpana hyötynä ovat verkostolaskentaominaisuudet, joihin sisältyvät mitoitus, tasapainotus ja äänilaskenta. MagiCAD tarjoaa työkalut esimerkiksi ilmanvaihdon, lämmityksen, sprinklereiden ja sähköjärjestelmien suunnitteluun. Myös lämpöhäviöiden tarkka laskeminen ja rakennusten yksinkertainen mallintaminen on mahdollista MagiCAD Room -työkalun avulla MagiCAD for AutoCADissa. MagiCAD Cloud on pilvipohjainen tuotekirjasto, jossa on tuhansia laitevalmistajien lisäämiä todenmukaisia tuotemalleja. MagiCADin kautta luodut talotekniset suunnitelmat voidaan kääntää helposti IFC-vienti toiminnolla parametrasta tietoa sisältäväksi IFC-malliksi. (29.)

3.4 Tietomallien tarkasteluohjelmistot

Tietomallien tarkastelua tehdään yleisesti erillisellä siihen tarkoitettulla tarkasteluohjelmistoilla, joita ovat esimerkiksi Solibri, Navisworks, SimpleBIM ja XBimXplorer. Ohjelmistoilla voidaan tarkastella kolmiulotteista geometriamallia samalla, kun suunnittelua tehdään ja visualisoida suunnittelukokonaisuus helpommin ymmärrettäväksi. Törmäystarkastelu on tietomallinnettavissa projekteissa oleellisessa osassa ja sitä voidaan suorittaa eri tavoin. Esimerkiksi Solibrissa voidaan käyttää tarkastusvälilehdeltä löytyvää tarkastussäännöstöä, joka tarkastaa parametripohjaisesti eri objektien törmäyksiä. Myös parametrinen tietosisällön tarkastelu ja analysointi on ohjelmistoilla mahdollista, ja se toteutetaan tarkastussäännösten avulla. (4; 30.)

Tietomallien tarkasteluohjelmistoja varten on suunnitelmista tuotettava IFC-malli, jota ohjelmisto pystyy lukemaan. Revit on tietomallipohjainen suunnitteluohjelmistoalusta, jolla voidaan suorittaa kolmiulotteista törmäystarkastelua suoraan suunnitteluohjelmistossa. Tarkastelua varten ei tarvitse kääntää IFC-mallia tai käyttää toista sovellusta. Tässä insinööriyössä hyödynnetään Revitin BIT-tarkastustyökalua, jolla on mahdollista suorittaa parametrisia tarkastuksia ilman IFC-mallia ja suoraan Revit suunnitteluohjelmistossa.

4 Tutkimuksen toteutus

Tässä insinööriyössä tutkitaan Revitin BIT Model Checker -tarkastustyökalun käyttöä sekä käyttötarkoituksia. Kehitystyössä luodaan useita Revit-projektien parametrista laatua parantavia tarkastussääntöjä. Kehityshankkeen toimeksianto tuli Sweco Finland Oy:n LVI-kehitystiimiltä. Tarkastussääntöjen aiheet ovat Sweco Finland Oy:n LVI-kehitystiimin toimesta ideoitu ja aiempia Revit-projekteja toteuttaessa todettu tarpeellisiksi parametrinen laadun parantamiseksi.

Tutkimus keskittyy BIT-tarkastustyökalun käytettävyyteen ja tarkastussääntöjen luomiseen. Käyttökokemukset työkalusta hankitaan luomalla useita

tarkastussääntöjä sen avulla. Kehitystyötä pohjustetaan tietomallinnuksen teorialla ja parametrinen tietosisällön kehittämisen perusteilla. Insinööriyössä käytetään tutkimusmenetelminä kvalitatiivisia menetelmiä, kuten erilaisten aineistojen sekä ohjelmistojen käyttökokemusten analysointia. Tutkimusaineistoina on käytetty esimerkiksi Autodeskin oppimateriaaleja ja aiempaa olemassa olevaa Revit- sekä tietomallinnusaiheista tutkimusta.

Sweco Finland Oy:n ohjaajan LVI-kehityspäällikkö Jouni Hurskaisen ja kehitysinsinööri Aleksi Blomsterin laajaa Revit ja tietomallinnuskokemusta on hyödynnetty tarkastustyökalun käytön ja parametrinen tietosisällön hyötyjen tutkimisessa. Tarkastussääntöjen luomisprosessi on kehitysinsinööri Blomsterin kanssa käyty läpi, ja hän on tarkastanut tuotetut tarkastussäännöt. Tarkastussääntöjen luomisessa insinööriyön tekijä on hyödyntänyt omaa aiempaa kokemustaan Revitin käyttämisestä työelämässä sekä ammattikorkeakoulututkimuksen ohjelmointikurssien tuomaa ymmärrystä tarkastustyökalun koodin toiminnasta.

5 Revit BIT Model Checker -tarkastustyökalun käyttö

5.1 Tarkastamisen tavoitteet

Suunnittelutyössä olennainen osa työn laadun ja yhtenäisyyden varmistamista on tarkastustyön suorittaminen. Swecolla suunnittelutyössä suoritetaan omatarkastuksia suunnittelijan toimesta, sekä projektin ulkopuolisen henkilön suorittama sisäinen tarkastus. Tässä insinööriyössä käsiteltävä BIT-tarkastustyökalu on omatarkastukseen tarkoitettu työkalu, joka keskittyy parametrinen tietosisällön laatuun.

Tätä insinööriyötä varten on luotu Revitin BIT-tarkastustyökalulla tarkastussääntöjä, joilla on mahdollista tarkastaa Revit-projektien yhtenäisyyden ja toiminnan kannalta oleellisia parametreja. Kehitystyön toimeksiantajan Sweco Finland Oy:n LVI-kehitystiimi on määritellyt tarkastussääntöjen aiheet hyödyntäen aiempien Revit-hankkeiden luomaa osaamista sekä olemassa olevien tietomallien parametrinen tietosisällön kehittämishankkeiden perusteella. Tavoitteena on

saada tarkastussäännösten avulla parannettua Revit-projektien parametriseen tietosisällön laatua ja koneellista luettavuutta. Yhdessä Revit-projektissa voi olla tuhansia elementtejä ja yksittäisellä elementillä kymmeniä parametreja. Tarkastussäännöt ovat toiminnaltaan yksinkertaisia, mutta helpottavat manuaalisesti lähes mahdotonta tarkastusprosessia.

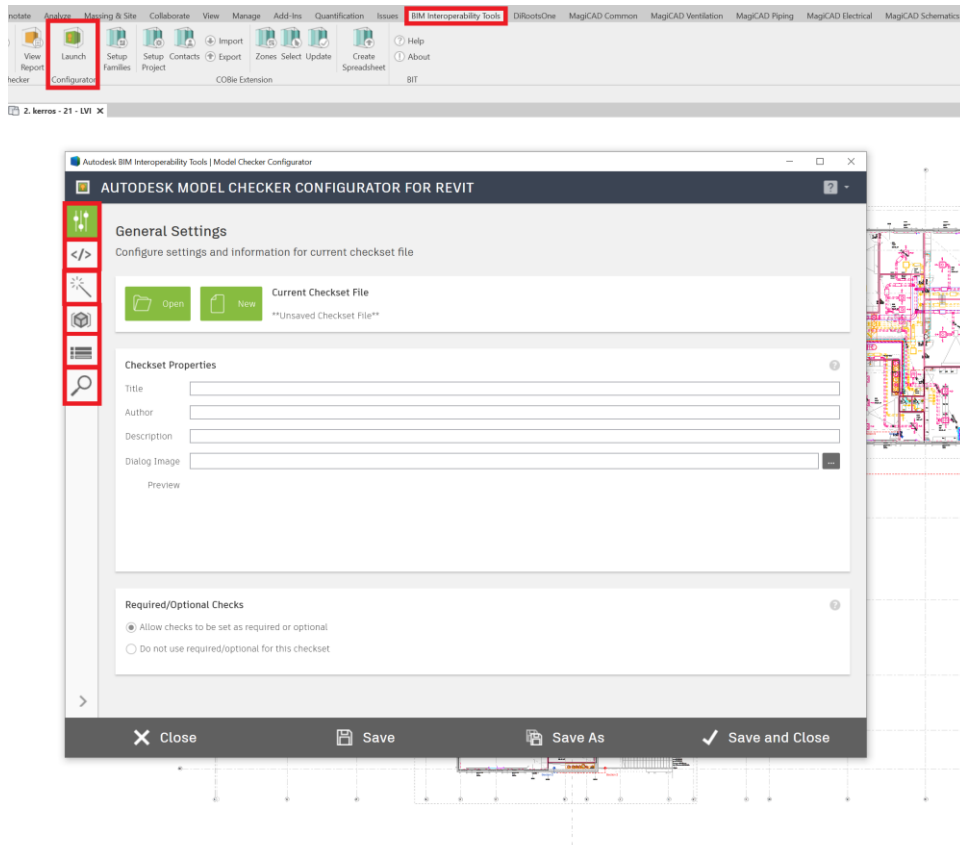
5.2 Revit BIT Model Checker -tarkastussääntöjen luominen

Tarkastussääntöjä on mahdollista luoda loputtomasti erilaisia, mutta tähän insinööriyöhön on rajattu Swecon LVI-kehitystiimin ideoimat yleishyödylliset tarkastussäännöt. Jatkokehitystä varten tutkitaan tarkastustyökalun erilaisia toiminnallisuuksia.

Revitin BIT Model Checker -tarkastustyökalulla tarkastussääntöjen luominen aloitetaan siirtymällä Revitin BIM Interoperability Tools -välilehdelle ja valitsemalla Configurator-osiosta Launch. Kuvassa 14 on havainnollistettu Launch-painikkeen sijainti BIT-välilehdellä sekä konfiguraattorin (Configurator) eri valikot. Konfiguraattorin päävalikko aukeaa omaan ikkunaansa ja sitä voidaan käyttää täysin irrallisena Revitistä. Konfiguraattorissa on kuusi eri päävalikkoa, joiden kautta on mahdollista luoda sääntöjä ja muokata eri tavoilla niiden tarkastustoimintoja sekä tarkastusten tulosten esitystapaa. (31.)

General Settings

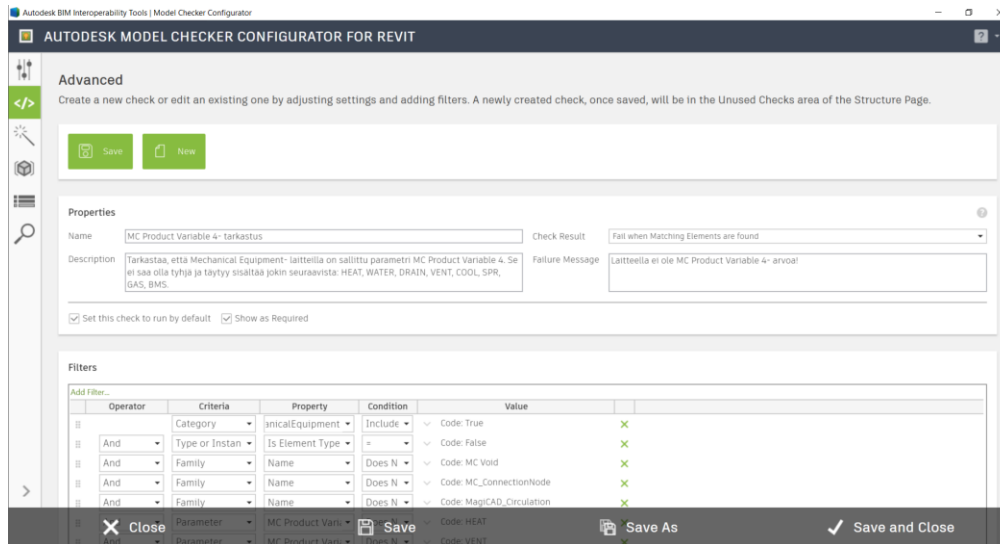
Konfiguraattorin ensimmäisessä yleiset asetukset -valikossa (General Settings) voidaan avata olemassa oleva tai luoda kokonaan uusi Checkset eli tarkastussetti, johon voidaan koota useita erilaisia tarkastussääntöjä. Tarkastussetin otsikointia ja muita yleistietoja on mahdollista päivittää tässä valikossa. Valikon ikkunan alareunassa voi asettaa valinnan siitä, onko tarkastussetti pakollinen vai valinnainen. Autodesk tarjoaa ilmaisia tarkastusettejä, joita on mahdollista avata Open -painiketta painamalla Public Library -otsikon alta. (31.)



Kuva 14. Configurator sijainti BIT-välilehdellä ja Model Checker -päävalikko.

Advanced Check Builder

Advanced Check Builder on manuaalisessa tarkastussääntöjen luomisessa konfiguraattorin eniten käytetty valikko. Kuvassa 15 näkyvässä Advanced Check Builder -valikossa on mahdollista luoda ja muokata tarkastussääntöjä yksityiskohtaisesti haluttujen kriteerien mukaisiksi. Valikon yläosassa voidaan lisätä yksittäiselle tarkastussäännölle nimi ja kuvaus sekä määrittää, miten tarkastuksen tulokset halutaan listata raportissa. Tarkastuksen tulokset voidaan listata esimerkiksi siten, että tarkastussäännön kriteereitä vastaavat elementit listataan ja lasketaan raporttiin. Riippuen siitä mitä halutaan tarkastaa ja miten tarkastus halutaan suorittaa, on mahdollista asettaa erilaisia virheilmoituksia, joiden avulla tarkastussäännön käyttäjä ymmärtää raporttia paremmin tarkastuksen epäonnistuessa. (31.)



Kuva 15. Advanced Check Builder -valikko.

Tarkastussäännön tarkastustoimintojen luominen tapahtuu valikon alemmasta osiosta Filters -otsikon alta. Add filter -painiketta painamalla voidaan luoda suodatinrivejä, joiden muodostamalla koodilla tarkastussäännöt toimivat. Valikon alareunassa sijaitsevaan Preview -osioon muodostuu koodia tarkasteltavaksi suodatinriveille syötettyjen tietojen perusteella. Suodattimet toimivat ehtopohjaisesti, joten tarkastussääntöjen luominen Advanced Check Builder -valikossa vaatii hieman loogisten operaattoreiden perusteiden ymmärtämistä. (31.)

Suodatinrivien täyttäminen tapahtuu kuvasuunnassa vasemmalta oikealle ja aloitetaan valitsemalla looginen operaattori (Operator). Operaattoreina käytettävissä on AND, OR ja EXCLUDE. Operaattorin valinta on hyvin sääntökohtaista, mutta tätä insinööriyötä tehdessä AND-operaattori osoittautui kaikista yksinkertaisimmaksi ja ongelmattomimmaksi operaattoreista. Kuvassa 16 on esimerkki tarkastussäännöstä, jossa on hyödynnetty AND-operaattoria ja ketjutettu monta suodatinriviä yhdeksi säännöksi. (31.)

Filters

Add Filter...

	Operator	Criteria	Property	Condition	Value
		Category	OST_MechanicalEquipment	Included	Code: True
	And	Type or Instance	Is Element Type	=	Code: False
	And	Family	Name	Does Not Contain	Code: MC Void
	And	Family	Name	Does Not Contain	Code: MC_ConnectionNode
	And	Family	Name	Does Not Contain	Code: MagiCAD_Circulation
	And	Parameter	MC Product Variable 4	Does Not Contain	Code: HEAT
	And	Parameter	MC Product Variable 4	Does Not Contain	Code: VENT
	And	Parameter	MC Product Variable 4	Does Not Contain	Code: WATER
	And	Parameter	MC Product Variable 4	Does Not Contain	Code: DRAIN
	And	Parameter	MC Product Variable 4	Does Not Contain	Code: COOL
	And	Parameter	MC Product Variable 4	Does Not Contain	Code: SPR
	And	Parameter	MC Product Variable 4	Does Not Contain	Code: GAS
	And	Parameter	MC Product Variable 4	Does Not Contain	Code: BMS

Preview (Category OST_MechanicalEquipment Included Code: True AND Type or Instance Is Element Type = Code: False AND Family Name Does Not Contain Code: MC Void AND Family Name Does Not Contain Code: MC_ConnectionNode AND Family Name Does Not Contain Code: MagiCAD_Circulation AND Parameter MC Product Variable 4 Does Not Contain Code: HEAT AND Parameter MC Product Variable 4 Does Not Contain Code: VENT AND Parameter MC Product Variable 4 Does Not Contain Code: WATER AND Parameter MC Product Variable 4 Does Not Contain Code: DRAIN AND Parameter MC Product Variable 4 Does Not Contain Code: COOL AND Parameter MC Product Variable 4 Does Not Contain Code: SPR AND Parameter MC Product Variable 4 Does Not Contain Code: GAS AND Parameter MC Product Variable 4 Does Not Contain Code: BMS)

Kuva 16. Tarkastussäännön suodatinrivit Advanced Check Builder -valikossa.

Operaattorin valinnan jälkeen siirrytään kriteerin (Criteria) mukaisen ominaisuuden (Property) valintaan. Kriteereitä on monta erilaista vaihtoehtoa, sillä tarkastussäännöillä voidaan tarkastella mitä tahansa Revitin sisältämää entiteettiä. Tämän insinööriyön tarkastussääntöjä tehdessä yleisimmät kriteerit olivat esimerkiksi Parameter, Category ja Family. Kun kriteeri on valittu, voidaan valita kriteerin piiriin kuuluva ominaisuus (Property). Ominaisuuskentän alasvetovalikosta on mahdollista selata Revitin erilaisia parametreja. Alasvetovalikko ei kuitenkaan tarjoa kaikkia mahdollisia vaihtoehtoja, vaan esimerkiksi MagiCADin omia parametreja käyttäessä on kirjoitettava parametrin nimi täsmälleen siten kuin se on listattu Revitin objektiikohtaisissa ominaisuusasetuksissa. Esimerkiksi kuvassa 16 on valittu suodatinrivin kriteeriksi parametri ja kirjoitettu ominaisuuskenttään tarkasteltava MagiCAD-parametri MC Product Variable 4. (31.)

Jos kriteerinä käytetään Category-arvoa, on huomioitava, että Model Checker -konfiguraattori vaatii ominaisuuskenttään kategorian API-nimen. API tulee sanoista Application Programming Interface eli se tarkoittaa sovellusohjelmointirajapintaa, jonka avulla konfiguraattori ja Revit voivat kommunikoida keskenään. Esimerkkitapauksessa käytetty Mechanical Equipment -kategoria on API-nimeltään OST_MechanicalEquipment. Revitin API-nimien selvittämisen tueksi on esimerkiksi erilaisia julkisia Excel-listauksia, mutta tätä insinööriyötä tehdessä

hyödynnettiin eniten Revit Lookup -lisäosaa. Revit Lookup on Revitiin ladattava lisäosa, jolla on mahdollista tutkia eri elementtien tietokantoja sekä parametreja (32).

Ehdon (Condition) ja arvon (Value) valinta riippuu hyvin paljon siitä, mitä on valittu edeltävissä kohdissa. Ehdoksi voidaan valita esimerkiksi yhtäsuuruus (=) ja epäyhtälö (<) tai moniulotteisempia vaihtoehtoja, kuten Does Not Contain ja Matches Parameter. Arvona voi olla esimerkiksi numeerinen arvo tai parametri, jota verrataan toiseen. Esimerkiksi kuvassa 16 olevassa tarkastussäännössä on käytetty AND-operaattoria ja ehtona Does Not Contain, jolloin tarkastussääntö listaa elementtejä, joiden kriteerin mukaiset parametrit eivät vastaa annettua arvoa (Value). (31.)

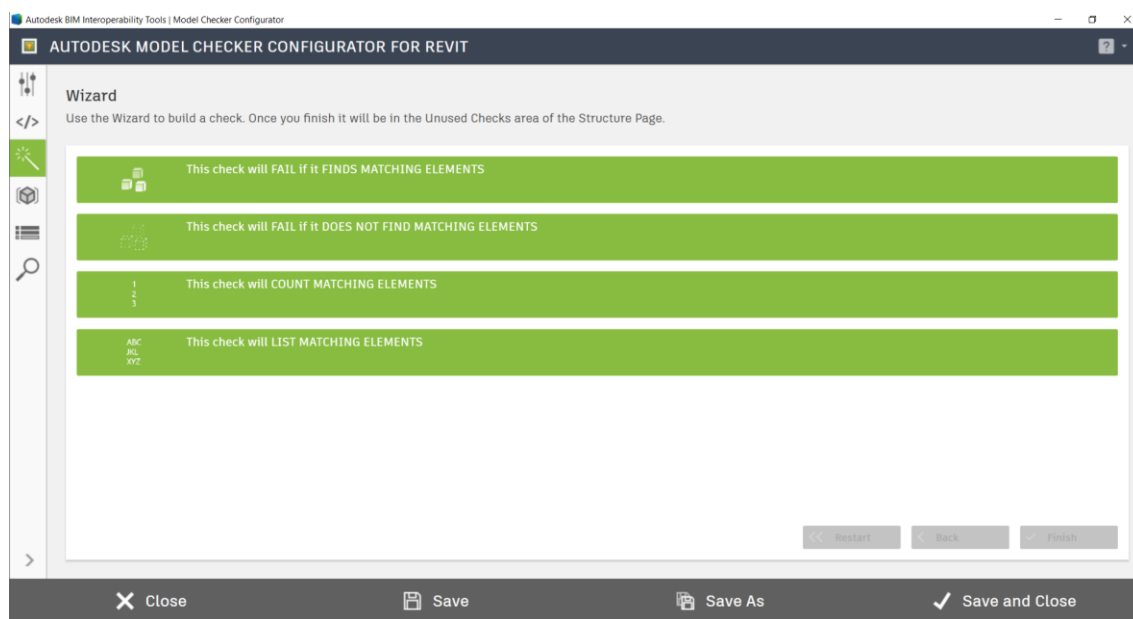
Tarkastussääntöä luodessa on hyvä aluksi rajata, millaisia elementtejä tarkastuksessa halutaan käsitellä. Esimerkiksi kuvan 16 tarkastussäännössä on suodatinriveillä valittu tarkasteltaviksi elementeiksi kategoria Mechanical Equipment eli mekaaniset laitteet. Säännöstä on myös rajattu pois muutamia Family-tuoteperheitä, kuten reikävaraukset, joita ei haluta mukaan tarkastukseen. Kriteerillä Type or Instance ja sille asetetulla arvolla False voidaan rajata tarkastuksesta pois kaikki sellaiset elementit, joita löytyy ainoastaan projektiasetuksista mutta ei tietomallista. Parametri-kriteerille on asetettu esimerkkitarkastussäännössä ehto Does Not Include ja arvoksi sallittu parametrin sisältämä arvo. Näin tarkastussääntö listaa sellaiset mekaaniset laitteet, jotka eivät sisällä mitään sallituista parametreille määritetyistä arvoista. Tarkastussäännön ollessa valmis voidaan se lisätä tarkastussetin rakenteeseen painamalla Add -painiketta, jolloin tarkastussääntö siirtyy Checkset Structure and Organization -valikon Unused Checks -osioon. (31.)

Wizard Check Builder

Tarkastussääntöjä on mahdollista luoda Advanced Check Builder -valikon lisäksi myös Wizard Check Builder -valikkoa käyttäen. Wizard Check Builder -valikko kysyy erilaisia kysymyksiä säännön perusteista ja luo niiden perusteella tarkastussäännön suodatinrivit automaattisesti. Wizard Check Builder -valikolla

yksinkertaisten sääntöjen luominen on aluksi helpompaa, ja sen avulla luoduilla tarkastussäännöillä voi olla apua luomisprosessin ymmärtämisessä. Tämän insinööriyön tarkastussääntöjä luodessa tätä valikkoa ei juurikaan hyödynnetty.

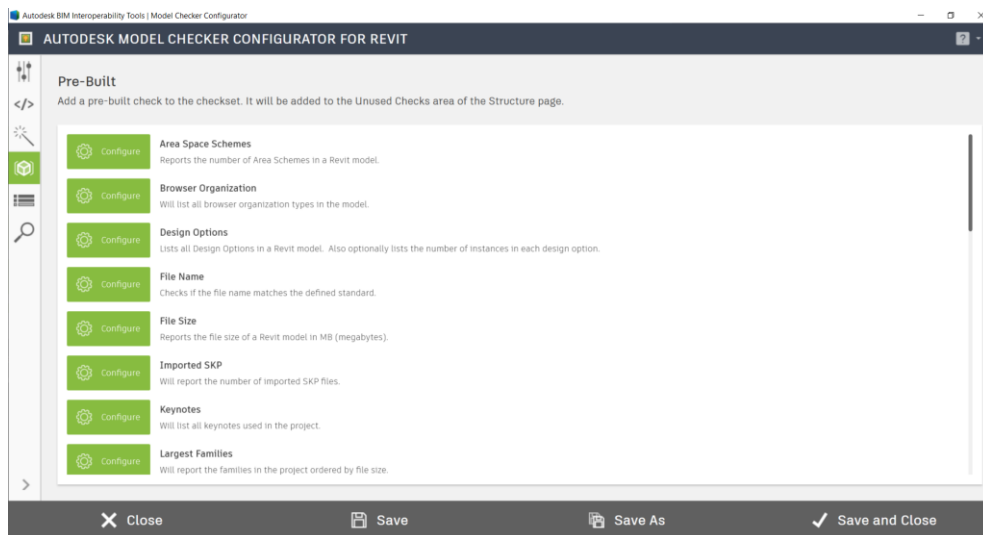
Valikon avatessa näkyvissä ovat kuvan 17 mukaiset neljä vaihtoehtoa tarkastussäännön raportin eri listaustavoista. Listaustavat ovat täysin samat kuin Advanced Check Builder -valikon vaihtoehdot. Listaustavan valitsemisen jälkeen haarukoidaan, minkä tyyppisiä elementtejä tietomallista tarkastellaan. Vaihtoehdot on listattu eri alaotsikoiden alle, ja otsikoita painamalla aukeaa jatkovalikko, jossa tarkennetaan elementin valintaa. Jos valitaan esimerkiksi Model Elements, on jatkovalikossa mahdollista tarkentaa, halutaanko tarkastella arkkitehtielementtejä, MEP-elementtejä (Mechanical, Electrical, Piping) vai rakenteellisia elementtejä. Halutun tarkasteltavan elementtityypin valitsemisen jälkeen aukeaa laajempi listaus eri Family-ryhmistä, joista on mahdollista valita useampia. Kun tarkasteltavat elementit ja listaustapa on valittu, luodaan suodattimet tarkastussäännölle, jotka toimivat samalla tavalla kuin aiemmassa Advanced Check Builder -valikossa. Kun halutut suodattimet on lisätty, voidaan sääntö nimetä ja tallentaa. Suodattimet voi myös jättää valitsematta, jos halutaan ainoastaan tarkastaa ja listata, onko valittuja objekteja asetettu tietomalliin. (31.)



Kuva 17. Wizard Check Builder -valikko.

Pre-Built Checks

Pre-Built Checks -valikosta löytyy Autodeskin tarjoamia valmiita tarkastussääntöjä. Valmiit tarkastussäännöt ovat melko yksinkertaisia, mutta niitä ei ole mahdollista luoda Advanced Check Builder -valikossa tai Wizard Check Builder -valikossa. Sääntöjen aiheina on esimerkiksi erilaisia tiedostotarkastuksia, kuten kuvassa 18 kohdalla valikossa näkyy. Klikkaamalla tarkastussäännön kohdalla olevaa Configure -painiketta on säännölle mahdollista muuttaa nimeä ja kuvausta. Tämän jälkeen Add -painiketta painamalla lisätään sääntö seuraavan valikon Unused Checks -osioon, josta se voidaan lisätä tarkastussetin sääntöihin. (31.)



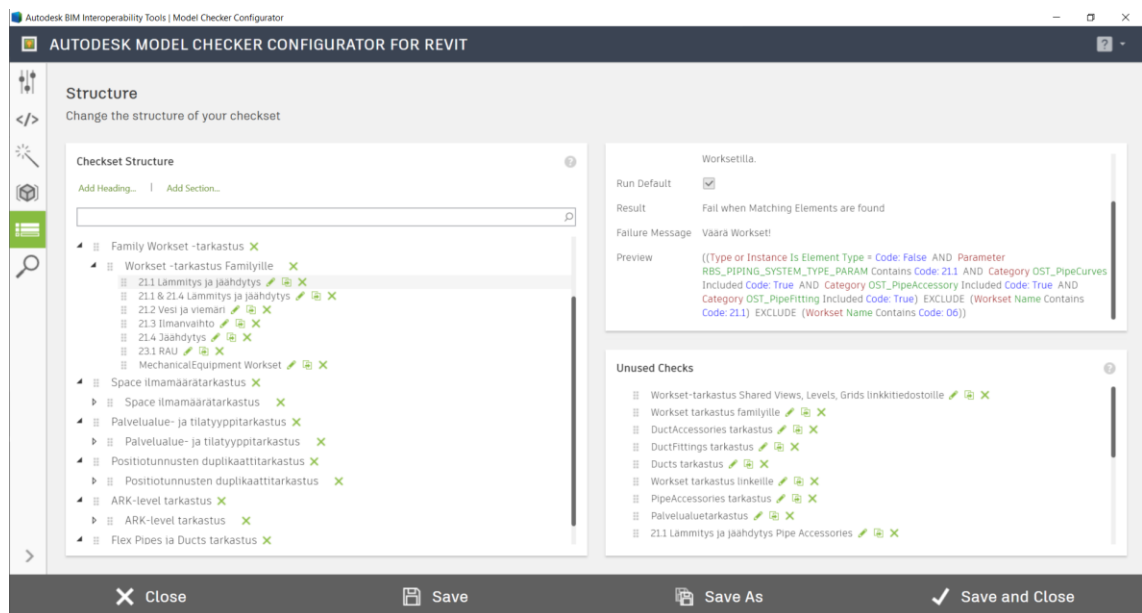
Kuva 18. Pre-Built Checks -valikko.

Checkset Structure and Organization

Checkset Structure and Organization -valikossa voidaan muokata ja tarkastella tarkastussetin rakennetta. Tarkastussetin rakennetta tyhjästä luodessa on huomattava, että pääotsikon (Heading) alla on oltava lohko (Section), jotta tarkastussääntö on mahdollista lisätä rakenteeseen. Esimerkiksi kuvassa 19 ylimmän tarkastussäännön pääotsikko on Family Workset -tarkastus ja sen alla olevaan saman nimiseen lohkoon voidaan lisätä tarkastussääntöjä. Pääotsikon alle on

mahdollista asettaa useita lohkoja ja jaotella sääntöjä. Tämän insinööriyön tarkastussäännöstössä on tehty jokaiselle säännölle oma pääotsikko ja lohko yksinkertaisuuden vuoksi. Tarkastussääntöjä ja niiden otsikoiteja on mahdollista muokata oikean ylänurkan muokkausosiosta. (31.)

Pre-Built Checks -valikossa lisätyt valmiit tarkastussäännöt sekä muissa valikoissa luodut tarkastussäännöt löytyvät tässä valikkonäkymässä oikeasta alareunasta Unused Checks -osiosta. Unused Checks -osiosta on mahdollista lisätä tarkastussääntöjä tarkastussetille siirtämällä lohkon (Section) alle. Tarkastussääntöjä on myös mahdollista muokata, kopioida tai poistaa kokonaan. (31.)

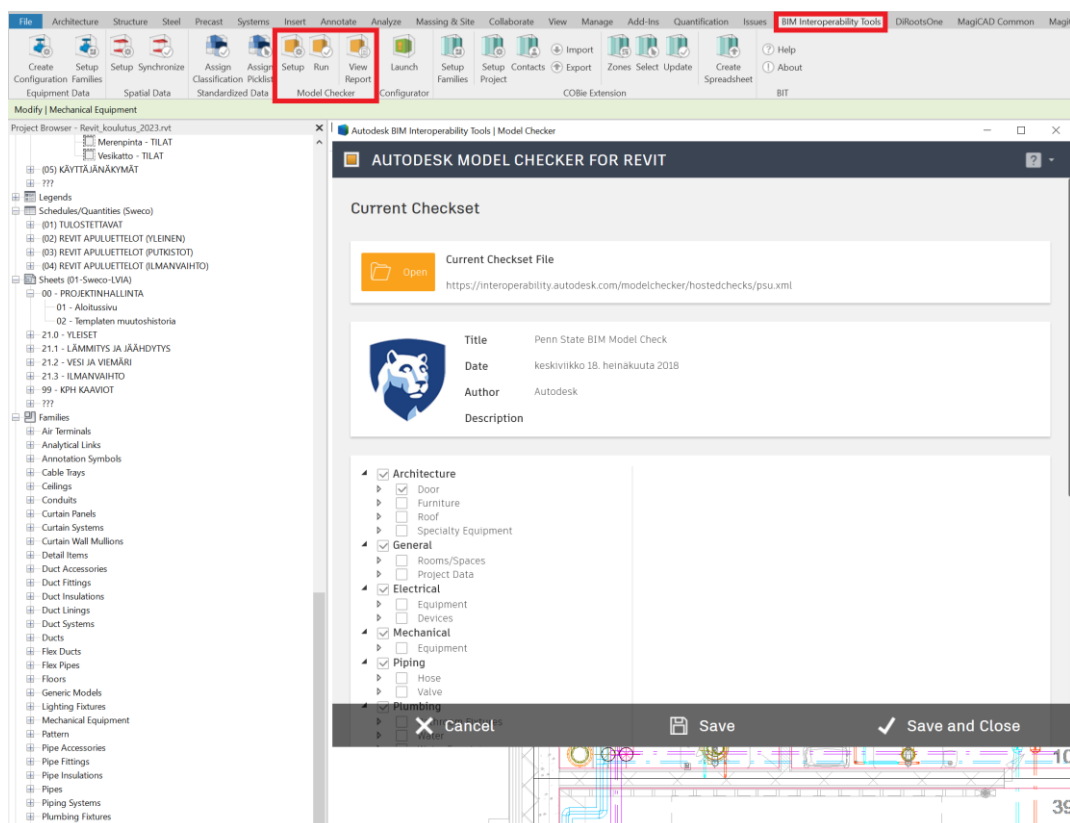


Kuva 19. Checkset Structure and Organization -valikko.

5.3 Tarkastussääntöjen käyttäminen

Kun tarkastussäännöt on luotu, voidaan niitä käyttää Revit-projektissa avaamalla tarkastussäännöstö BIM Interoperability Tools -välilehdeltä Model Checker -osiosta. Setup -valikosta valitaan tarkistussetti Open -nappia painamalla ja etsimällä Browse-kohdasta tietokoneen tiedostonhallinnasta. Tarkistussetin valitsemisen jälkeen voidaan valita halutut tarkastuksissa käytettävät tarkastussäännöt. Riippuen tarkastussetin rakenteesta löytyy tarkastussääntöjen

jaottelu pääotsikon alla listattuna tai sen alla olevan lohkon otsikkoa klikkaamalla. Esimerkiksi kuvassa 20 Architecture-tarkastussäännöstä on valittu Door-lohko ja muut on jätetty valitsematta. Valittaessa näin ei muiden lohkojen tarkastuksia tehdä, mikä voi nopeuttaa tarkastusprosessia raskaammassa tarkastuksissa. Save and Close -nappi tallentaa valinnat ja sulkee Setup -valikon. (27.)



Kuva 20. BIT-välilehden Model Checker -osio.

Tarkastusasetusten jälkeen valitaan Model Checker -osioista Run. Run-valikossa on mahdollista valita tarkastukseen haluttuja Revit-malleja sekä Revit Links -tiedostoja. Run Report -napista ohjelma ajaa tarkastuksen määritettyjen asetusten mukaan ja muodostaa niistä raportin. Raportti listaa tarkastussääntöjen asetusten mukaisesti tarkastuksen tulokset ja ilmoittaa tarkastuksen kokonaisuusprosentin. Kuvassa 21 on esimerkki tarkastuksen luomasta raportista. Tarkastuksen tulokset listataan raporttiin tarkastussäännöille valittujen listaustapojen mukaisesti. Listattuihin elementteihin pääsee raportista suoraan

käsiksi, eikä niitä tarvitse etsiä mallista manuaalisesti. Raportin voi tallentaa eri tavoilla ja siitä voi kääntää esimerkiksi Excel-tiedoston, joka listaa kaikki suoritettut tarkastukset ja listatut elementit. (27.)

The screenshot shows the Autodesk Model Checker for Revit interface. At the top, a 'Check Summary' indicates 29 checks, with 1 (14%) passing, 6 failing, 12 not running, and 10 not run. The report date is 8. marraskuuta 2023 - 22.06.35. The Revit Filepath is C:\Users\FIMPTA\Desktop\Opinnäytetyö\BIT-säännöt\Tarkastussäännosto.xml. A large '14%' is displayed in red.

The interface is divided into several sections:

- Workset- tarkastus Revit Links tiedostoille:** 11 Checks, 11 Count/List. Sub-section: Workset-tarkastus Revit-Links tiedostoille (11 Checks, 11 Count/List).
- MC Product Variable 4 -tarkastus:** 1 Checks, 0 (0%) Pass, 1 Fail. Description: Tarkastaa, että Mechanical Equipment- laitteilla on sallittu parametri MC Product Variable 4. Se ei saa olla tyhjä ja täytyy sisältää jokin seuraavista: HEAT, WATER, DRAIN, VENT, COOL, SPR, GAS, BMS. Sub-section: MC Product Variable 4 -tarkastus (1 Checks, 0 (0%) Pass, 1 Fail).
- Family Workset -tarkastus:** 7 Checks, 1 (17%) Pass, 5 Fail, 1 Count/List. Description: Tarkastaa eri Familyiden Worksetin System Typen vastaavuuden. Sub-section: Workset -tarkastus Familyille (7 Checks, 1 (17%) Pass, 5 Fail, 1 Count/List).

Two specific failed checks are highlighted:

- 21.1 Lämmitys ja jäähdytys - REQUIRED:** Tarkastaa ovatko System Type 21.1 Lämmitys ja jäähdytys elementit oikealla Worksetilla. Väärä Workset! Count: 1. A table below shows one failed element:

Category	Type	Name	Element ID
Pipes	Terasputki	Pipes - Terasputki	4361414
- 21.2 Vesi ja viemäri - REQUIRED:** Tarkastaa ovatko System Type 21.2 Vesi ja viemäri elementit oikealla Worksetilla.

At the bottom, there are buttons for 'Copy', 'HTML', 'Excel', and 'Close'.

Kuva 21. Tarkastuksen luoma raportti.

6 Kehitystyön tulokset ja päätelmät

Tässä insinööriyössä luotiin useita Revit BIT Model Checker -tarkastussääntöjä, joiden tavoitteena on parantaa Revit-projektien parametrinen laadun tasoa. Tarkastussääntöjen aiheet ovat Sweco Finland Oy LVI-kehitystiimin ideoimia, ja niitä on tarkennettu sekä jalostettu insinööriyötä tehdessä. Tarkastussäännöt otetaan käyttöön tulevilla Revit-projekteilla ja niitä hyödynnetään suunnittelijan tekemissä omatarkastuksissa parametrinen laadun parantamiseksi. Kaikkien suunniteltujen tarkastussääntöjen luominen ei ollut mahdollista Revitin BIT Model Checker -tarkastustyökalulla.

6.1 Revit-linkkitiedostojen Workset-tarkastus

Säännöllä voidaan tarkastaa Revit-projektiin yhdistettyjen Revit-linkkitiedostojen, kuten esimerkiksi arkkitehtipohjapiirustusten asetetut Workset-työskentelyryhmät. Tarkastussääntö listaa raportissa Workset-ryhmälle asetettujen linkkitiedostojen nimet sekä määrän ja esittää ne kuvan 22 mukaisesti. Tarkastus ei ota kantaa siihen, onko Revit-linkkitiedosto oikealla Workset-ryhmällä, sillä linkkitiedostosta ei ole mahdollista lukea luotettavasti, mitä suunnittelualaa se sisältää. Revit-linkkitiedostojen Workset -tarkastus on melko helppo tehdä manuaalisesti. Tarkastussääntö kuitenkin nopeuttaa ja selkeyttää tarkastamista listauksen avulla, jos linkkitiedostoja on useita.

Tarkastussäännön luomisessa ei kohdattu haasteita, sillä se on rakenteeltaan hyvin yksinkertainen. Tarkastussääntö on toteutettu luomalla jokaiselle Workset-ryhmälle oma tarkastussääntö, jonka toimintaperiaatteena on tarkastaa, mitä Revit-linkkitiedoston Workset-parametrilla lukee ja tehdä listaus sen mukaan. Tarkastussääntö on muuten samanlainen kuin toimeksiannossa sovittu, mutta raporttiin on kehitysvaiheessa lisätty kohta, jossa listataan kaikki mallin sisältämät linkkitiedostot. Tämä selkeyttää kokonaiskuvan ymmärtämistä ja helpottaa linkkitiedostojen asettamista oikealle Workset-ryhmälle, jos sitä ei ole vielä tehty.

Workset- tarkastus Revit Links tiedostoille 11 Checks, 11 Count/List
Tarkastaa millä Worksetillä Revit-linkki on.

Workset-tarkastus Revit-Links tiedostoille 11 Checks, 11 Count/List

Kaikki linkit - OPTIONAL
Listaa kaikki malliin linkatut tiedostot.
Count: 2

Name	Value
RVT Links : Type : 210356-RAK.ifc.RVT	Overla y
RVT Links : Type : ARK_Malli_2022.rvt	Overlay

00 DWG - REQUIRED
Listaa kaikki 00 DWG worksetille asetetut linkit

01 ARK - REQUIRED
Listaa kaikki 01 ARK worksetille asetetut linkit
Count: 1

Name
RVT Links : ARK_Malli_2022.rvt

02 RAK - REQUIRED
Listaa kaikki 02 RAK worksetille asetetut linkit
Count: 1

Name
RVT Links : 210356-RAK.ifc.RVT

Kuva 22. Revit-linkkitiedostojen Workset-tarkastuksen luoma raportti.

6.2 MC Product Variable 4 -tarkastus

Säännöllä voidaan tarkastaa, onko mekaaniselle laitteelle syötetty MC Product Variable 4 -parametrille sallittu arvo. Swecolla hyödynnetään erilaisia mekaanisille laitteille syötettäviä parametreja, jotka selkeyttävät, mihin järjestelmiin ja Revit-näkymiin ne kuuluvat. Mekaanisia laitteita ovat esimerkiksi lämpöpatterit ja ilmanvaihtokoneet. Revit Template-mallipohjaan on myös mahdollista määrittellä erilaisia asetuksia, jotka hyödyntävät juuri tätä parametria. Esimerkiksi lämpöpattereille voidaan asettaa tulostusnäkyssä yhtenäinen ulkonäkö muuttamalla patterin täyttöä sen mukaan, mikä arvo MC Product Variable 4 -parametrilla on.

Tarkastussäännön luomisessa ei kohdattu haasteita ja sen avulla opeteltiin tarkastussääntöjen luomisprosessia. Tarkastussäännön toimintaperiaate on tarkastaa, että MC Product Variable 4 -parametrilla on sallittu arvo. Jos arvo ei ole sallittu tai sitä ei ole, syntyy virheilmoitus ja listaus virheellisistä laitteista. Tarkastukseen on rajattu mekaaniset laitteet ja siitä on rajattu pois turhat Family-

perheet, kuten reikävaraukset, kiertopisteet ja teho-objektit. Tarkastussääntö on luotu toimeksiannon mukaan, eikä siihen tullut kehitysvaiheessa lisäyksiä.

6.3 Family-perheiden Workset-tarkastus

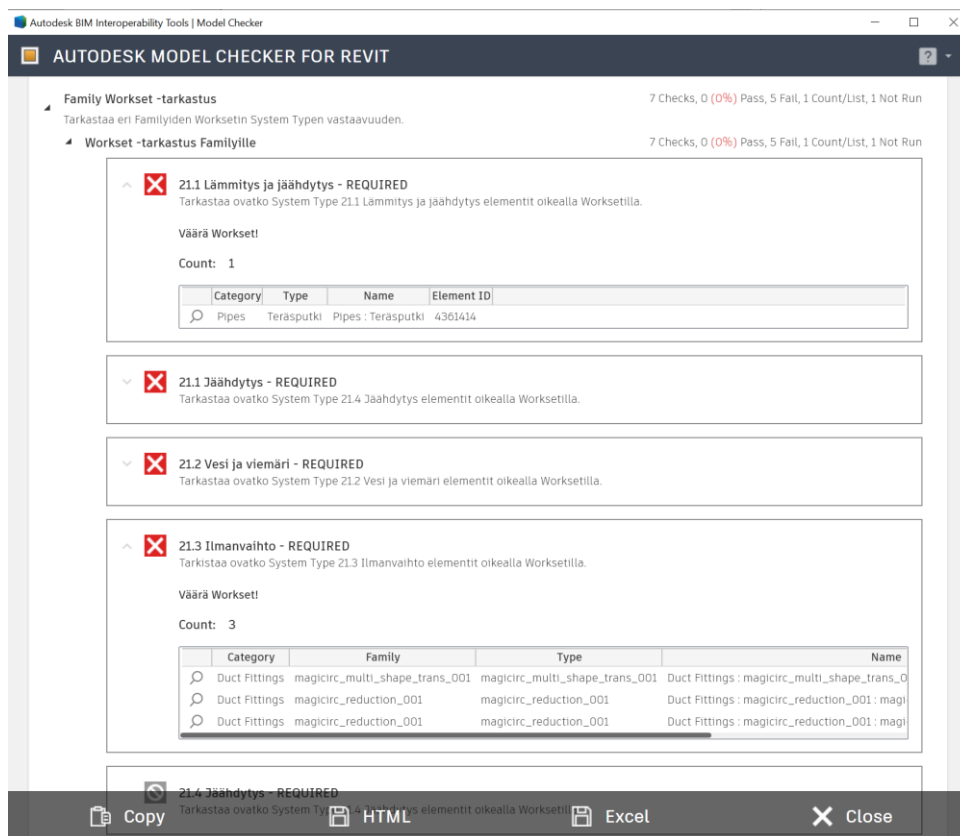
Säännöllä voidaan tarkastaa, onko eri järjestelmätyyppien elementit asetettu oikealle Workset-työskentelyryhmälle. Jokainen mallissa oleva MEP-elementti asettuu automaattisesti Family-tuoteperheen mukaiselle järjestelmätyypille, mutta Workset-ryhmä saattaa epähuomiossa asettua virheellisesti. Tarkastussäännön toimintaperiaatteena on lukea elementtien järjestelmätyyppiparametri ja verrata sitä asetettuun Workset-parametriin. Jos ne eroavat toisistaan, tulee raportissa virheilmoitus ja listaus virheellisistä elementeistä.

Tarkastussäännön luomisessa kohdattiin monenlaisia haasteita, sillä tämä sääntö on tarkastussäännöstön kaikista raskain ja monipuolisin. Revitin parametrit eivät aina löydy Model Checker -konfiguraattorityökalusta samalla nimellä, mikä osoittautui tässäkin tarkastussäännössä ongelmaksi. Tarkastussäännön koodissa käytettävä järjestelmätyypin parametrin löytämiseksi käytettiin avuksi Revit Lookup -lisäosaa. Tarkastussäännön eri tarkastuksissa on rajattu vain tiettyjen kategorioiden elementit, sillä jokaista järjestelmätyypin elementtiä tarkastaessa huononee raportin listauksen luettavuus huomattavasti. Esimerkiksi putkien keskiviivat ja eristeet muuttuvat putken Workset-ryhmän mukaan, jolloin listaukseen tulee mukaan turhia elementtejä. Ongelmaksi todettiin myös asemapiirustuksen putket, joiden erillinen asemapiirustus Workset-ryhmä on järjestelmätyypistä eroava. Tämä aiheutti virheilmoituksen useassa tarkastuksessa, ja ratkaisuna asemapiirustuksen Workset-ryhmä jätettiin huomioida kaikissa tarkastuksissa.

Tarkastussääntö on toteutettu toimintaperiaatteeltaan samalla tavalla kuin toimeksiannossa muutamilla lisäyksillä. Listauksesta tehtiin kuvan 23 mukaisesti järjestelmätyyppi kohtainen ja Swecon tietomalliohjeistuksen mukainen. Mekaanisille laitteille tehtiin oma tarkastus, jolla tarkastettiin, että laitteille on syötetty Workset-parametrille arvo. Toimeksiannossa tähän tarkastussääntöön

sisällytyt Flex Pipes ja Flex Ducts -tarkastus eriytettiin omaksi tarkastukseksi. Flex Pipes ja Flex Ducts -tarkastuksella voidaan tarkastaa Revit-mallista kyseisiä elementtejä. Swecon Revit-ohjeen mukaan näiden elementtien käyttö on rajoitettava tonttivesijohdon mallinnukseen.

Tarkastussäännön hyötynä on manuaalisesti mahdollittoman tarkastuksen suorittaminen helposti. Satojen tai tuhansien eri elementtien Workset-ryhmän ja järjestelmätyypin vertailu on valtava työmäärä ja epäluotettavaa manuaalisesti tehtynä. Koneellinen tarkastus on luotettava ja raportin listauksesta korjaaminen helppoa.



Kuva 23. Family-perheiden Workset-tarkastuksen luoma raportti.

6.4 Space-ilmamäärätarkastus

Säännön toimintaperiaatteena on tarkastaa Revitin Space-tilaobjekteille suunniteltujen ilmamäärien vastaavuus toteutuvaan ilmamäärään. Space-tilaobjektille

on mahdollista syöttää tilan ilmamäärät, joita voidaan hyödyntää suunnittelussa. Space-tilaobjekti lukee sen sisällä olevien päätelaitteiden ilmamääriä ja laskee ne omaksi toteutuvan ilmamäärän parametriksi. Tarkastussääntö vertaa näiden arvojen vastaavuutta keskenään ja luo virheilmoituksen, jos ne eivät täsmää.

Tarkastussääntöä luodessa kohdattiin suuria haasteita ilmamäärien vertailun koodin luomisessa. Tarkastussäännön toimintaperiaatetta suorittavan suodatinvivon ehtona käytettiin Matches Parameter -ehtoa. Se vertaa kahta parametria keskenään ja tarkastaa, onko niissä sama arvo. Ehto ei toiminut ilmamäärien vertailussa, sillä ne ovat yksikössä litraa sekunnissa. Testivaiheessa kokeiltiin verrata tilaobjektin kokonaislukuna syötettyjä arvoja, joiden kanssa vertailu toimi. Tämän puutteen takia tarkastussäännön peruseriaate jäi uupumaan eikä sitä saatu toteutettua. Tarkastussäännön hyöty olisi ollut merkittävä, sillä Space-tilaobjektien ilmamäärien koneellinen tarkastaminen nopeuttaisi manuaalista työtä suuresti.

6.5 Palvelualue tarkastus

Säännöllä voidaan tarkastaa Revit-mallin Space-tilaobjektien palvelualue määrittämiä. Space-tilaobjekteille voidaan määrittää ilmanvaihto-, jäähdytys- ja lämmitys-palvelualue, jolloin niiden tietosisältöä voidaan hyödyntää eri tavoin koneellisesti. Tarkastussäännön toimintaperiaate on tarkastaa, että eri palvelualueiden parametrilla on jokin arvo. Jos mitään arvoa ei ole syötetty, lisätään tilaobjekti listaukseen. Tarkastussäännön luomisessa haasteena oli selvittää, mitä parametria halutaan tarkastella ja miten sitä hyödynnetään. Ilmanvaihto-palvelualueen parametri löytyi Revit Lookup -lisäosan avulla. Lämmitys- ja jäähdytys-palvelualueiden parametrit ovat Swecon luomia, ja niiden käyttämisessä ei ollut ongelmia. Tarkastussäännön hyötynä on helposti luettava listaus Space-tilaobjekteista, joita ei ole asetettu eri palvelualueille.

6.6 Positiotunnusten duplikaattitarkastus

Säännöllä voidaan tarkastaa, löytyykö Revit-mallista samalla positiotunnuksella useita laitteita. Laittepositiointi Revitissä Swecon ohjeistuksen mukaisesti tapahtuu SW Object ID -parametrille. SW Object ID -parametri on Swecon Template-mallipohjaan luotu lisäparametri. Tarkastussäännön toimintaperiaatteena on tarkastaa, mikä arvo on syötetty parametrille ja verrata sitä muiden laitteiden samaan parametriin. Jos joillain laitteilla on SW Object ID -parametrilla sama arvo, ne listataan raporttiin virheilmoituksen kera. Tarkastussääntö toteutettiin toimeksiannon mukaisesti, ja kehitysvaiheessa siihen ei tullut lisäyksiä.

6.7 Revit BIT-tarkastustyökalun mahdollisuudet ja jatkokehitys

Tarkastustyökalulla on mahdollista käsitellä kaikkia Revit-mallissa olevia elementtejä ja niiden parametreja. Kuitenkin niiden hyödyntäminen ja halutun tarkastussäännön luominen voi olla todella vaikeaa tai mahdotonta työkalun teknisten rajallisuuksien vuoksi. Tarkastustyökalun teknisiä rajoitteita voisi mahdollisesti kiertää luomalla uusia parametreja tai Dynamo-koodauksia jatkokehityksessä.

Tarkastustyökalulla on mahdollista luoda esimerkiksi materiaalien määrätarkastuksia, tilojen pinta-alan ja tilavuuden tarkastuksia, sekä erilaisia parametrien arvojen tarkastuksia. Uuden rakentamislain määräämä tietomallin parametrinen tietosisällön vakiointi luo tarvetta uusille tarkastussäännöille, joihin BIT-tarkastustyökalu on sopiva väline. Insinööriyön tutkimuksen aikana pohdittiin erilaisia jatkotutkimuksen mahdollisuuksia BIT-työkalun käyttöön, ja ideoinnin tuloksena syntyi neljä tarkastussääntöesimerkkiä. Ne kaikki toimisivat suunnittelijan tukena suunnitelmien laadun parantamisessa.

Tilaobjektien ilmamäärätarkastus

Tilaobjektien ilmamäärätarkastuksessa ideana olisi yhdistää tyyppitilalistanuksen ilmamäärävaatimukset Revit-malliin ja tarkastella BIT-työkalulla niiden

toteutumista. Tarkastus voitaisiin yhdistää tässä insinööriyössä kehitysvaiheeseen jääneeseen ilmamäärätarkastukseen.

Positiotunnusten tarkastus

Positiotunnusten tarkastuksessa ideana on tarkastaa positiotunnuksen parametria verrattuna laitteen tyyppiin. Jos ne eivät täsmää laitteen positiointiohjeistukseen, tapahtuu virheilmoitus. Tarkastus voitaisi jatkokehityksessä yhdistää tässä insinööriyössä kehitettyyn positiotunnusten duplikaattitarkastukseen.

Tasapainotuksen tarkastus

Tasapainotuksen tarkastus on esimerkki numeerisista tarkastuksista, joita BIT-työkalulla on mahdollista kehittää. Sen ideana voisi olla tarkastaa, onko tasapainotus suoritettu kaikille järjestelmille ja ovatko parametrit hyväksytyllä tasolla. Jos MagiCADin tasapainotusta ei ole suoritettu jäävät jotkin parametrit tyhjäksi, jolloin parametrien sisältöä voitaisiin tarkastaa helposti työkalun avulla.

Tekstityyppien tarkastus

Tekstityyppien tarkastuksessa voitaisiin tarkastaa tekstityyppien yhtenäisyyttä. Samanlaisten tekstien yhtenäisyys on tärkeää suunnitelmien laadun ja luettavuuden kannalta. Esimerkiksi linjasäätöventtiileillä voi olla usean tyylisiä tekstejä, ja tätä voitaisiin tarkastella säännön avulla.

7 Yhteenveto

Tässä insinööriyössä tutkittiin Revitin BIT Model Checker -tarkastustyökalun toiminnallisuutta sekä hyötyjä tietomallipohjaisen suunnittelun tukena. Tavoitteena oli luoda kokonaiskuva tarkastustyökalun ominaisuuksista ja mahdollisuuksista sekä luoda tietomallin parametrilla laatua parantava tarkastussäännöstö.

Oleellisena asiana tarkastussäännöstön kannalta on tietää, miksi parametrinen tietosisällön vakiointia tehdään. Insinööriyössä luotiin kokonaiskuva tietomallin parametrinen tietosisällön käsittelystä sekä käynnissä olevista kehityshankkeista. Tarkastustyökalulla luotiin useita tarkastussääntöjä, joiden avulla saatiin käyttökokemuksia työkalun tutkimusta varten. BIT Model Checker -tarkastustyökalusta ei löydy Autodeskin omien verkkoaineistojen lisäksi paljoakaan muuta materiaalia tai tutkimusta. Tämän insinööriyön avulla lukija saa kokonaiskuvan työkalun toiminnasta ja ominaisuuksista.

Model Checker -tarkastustyökalu on kätevä apuväline parametriseen tarkasteluun Revitin sisäisesti. Työkalulla on mahdollista luoda erilaisia parametrista tietosisältöä käsitteleviä tarkastuksia. Tarkastustyökalulla voi toteuttaa käytännössä loputtomasti erilaisia monimutkaisiakin tarkastuksia, mutta niiden työstäminen toimivaksi voi olla hankalaa työkalun teknisten rajoitteiden takia. Tarkastustyökalu on ominaisuuksiltaan osittain kömpelö, ja sääntöjen luominen vaatii paljon yrityksen ja erehdyksen kautta oppimista.

Kaikkien insinööriyön toimeksiannossa suunniteltujen tarkastussääntöjen toteuttaminen ei ollut mahdollista. Esimerkiksi Space-tilaobjektien ilmamäärätarkastus ei onnistunut, koska tarkastustyökalu ei osannut verrata kahta arvoa, jotka olivat yksikössä litraa sekunnissa. Kokonaislukujen välinen vertailu onnistui testivaiheessa, mutta tarkastustyökalu ei osannut verrata sen monimutkaisempia arvoja keskenään. Teknisiä rajoituksia voisi olla mahdollista kiertää esimerkiksi käyttämällä kustomoituja lisäparametreja hyödyksi tai hyödyntämällä Dynamo-koodauksia.

Insinööriyön tavoitteisiin päästiin vain osittain, sillä muutamaa haluttua tarkastussääntöä ei ollut mahdollista toteuttaa teknisten rajoitteiden takia. Muilta osin tarkastustyökalun tutkimus ja toimeksiannon kehitystyö olivat onnistuneita. Insinööriyön lopputuloksena syntyi Revit-mallin elementtien parametreja tarkastava säännöstö, jota tullaan hyödyntämään Sweco Finland Oy:n tulevilla LVI Revit-projekteilla. Tarkastussääntöjen luomisprosessi, käyttäminen ja toimintaperiaatteet selitetään insinööriyössä raporttimaisesti, ja insinööriyötä voidaan

hyödyntää ohjeena BIT-tarkastustyökalua käyttäessä. Tarkastussäännöstö helpottaa Revit-mallin parametrissa omatarkastusta ja yhtenäistää sekä parantaa tietosisällön laatua. Parametrinen vakiointi on tärkeää tietosisällön koneluetavuuden luotettavuuden kannalta. Vakioinnin oikeellisuutta tarkastaessa voidaan hyödyntää tarkastustyökalun säännöstöä ja varmistaa koneellisen tarkastuksen raportista helposti virhetilanteet.

Lähteet

- 1 Building Information Modelling. Verkkoaineisto. MagiCAD. <<https://www.magicad.com/fi/bim/>>. Luettu 7.8.2023.
- 2 Eastman, Chuck; Teicholz, Paul; Sacks, Rafalen & Liston, Kathleen. 2008. A guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- 3 Lausuntoaaineisto, LVI-tietosisältö. Verkkoaineisto. RAVA3Pro-hanke. <<http://rava3pro.fi/>>. 18.9.2023. Luettu 20.10.2023.
- 4 Hurskainen, Jouni. 2023. LVI-kehityspäällikkö, Sweco Finland Oy, Helsinki. Keskustelu 20.10.2023.
- 5 Mäki, Tarja; Paavola, Sami; Kerosuo Hannele & Miettinen, Reijo. 2012. Tietomallintamisen käytöt rakentamisessa. Verkkoaineisto. KONSEPTI – Toimintakonseptin uudistajien verkkolehti, 7 (1-2), 1-19. <<https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/374ec1ab-d2f0-4abe-b63b-32d22a3f8d55/content>>. 30.5.2012. Luettu 7.8.2023.
- 6 Projektit. 2023. Yrityksen sisäinen aineisto. Sweco Finland Oy.
- 7 IFC Data Types. Verkkoaineisto. Graphisoft. <https://help.graphisoft.com/AC/24/int/_AC24_Help/115_IFC/115_IFC-47.htm>. Luettu 20.10.2023.
- 8 Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 4, Talotekninen suunnittelu. Verkkoaineisto. BuildingSMART Finland. <<https://drive.buildingsmart.fi/s/S2p59nX27yZ2LzM>>. 27.3.2012. Luettu 7.8.2023.
- 9 Industry Foundation Classes (IFC). Verkkoaineisto. BuildingSMART International. <<https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/>>. Luettu 18.7.2023.
- 10 Smart Building näyttää tietä älykkäässä kiinteistötekniologiassa. 2021. Verkkoaineisto. YIT. <<https://www.yit.fi/ytimessa/smart-building-nayttaa-tieta-alykkaassa-kiinteistoteknologiassa>>. 5.10.2023. Luettu 20.10.2023.
- 11 Pietilä, Ville. 2021. Tietomallinnuksen tärkein ISO-standardi suomenneetaan – mitä se tarkoittaa? Verkkoaineisto. Nordic BIM Group. <<https://www.nordicbim.com/fi/bimblogi/tietomallinnuksen-t%C3%A4rkein-iso-standardi-suomenneetaan-mit%C3%A4-se-tarkoittaa>>. 10.6.2021. Luettu 7.8.2023.

- 12 Heikkonen, Heikki. 2023. Rakennusvalvonnan työtä halutaan automatisoida mallintamisen ja digitalisaation avulla. Verkkoaineisto. Rakennuslehti. <<https://www.rakennuslehti.fi/2023/02/rakennusvalvonnan-tyota-halu-taan-automatisoida-mallintamisen-ja-digitalisaation-avulla/>>. 15.2.2023. Luettu 20.10.2023.
- 13 RYTV-hankeohjelman projektit. BuildingSMART Finland. Verkkoaineisto. <<https://www.buildingsmart.fi/rytv-hankeohjelman-projektit#scrollTop=0>>. Luettu. 20.10.2023.
- 14 Revit vs. AutoCAD: What's the difference? Verkkoaineisto. Autodesk. <<https://www.autodesk.com/solutions/revit-vs-autocad>>. Luettu 7.8.2023.
- 15 Talotekniikka Next -seminaari 29.9.2023. 2023. <<https://www.youtube.com/watch?v=QTMvQAoF-hY>>. Katsottu 20.10.2023.
- 16 Revit-natiiviedostojen luovuttaminen asiakkaalle. 2023. Yrityksen sisäinen aineisto. Sweco Finland Oy.
- 17 About Revit. Verkkoaineisto. Autodesk. <<https://help.autodesk.com/view/RVT/2022/ENU/?guid=GUID-D8835F8E-1330-4DBC-8A55-AF5941056C58>>. Luettu 7.8.2023.
- 18 About Worksharing. Verkkoaineisto. Autodesk. <<https://help.autodesk.com/view/RVT/2022/ENU/?guid=GUID-0FC44807-DF06-4516-905A-4100281AC486>>. Luettu 7.8.2023.
- 19 Worksets. Verkkoaineisto. Autodesk. <<https://help.autodesk.com/view/RVT/2022/ENU/?guid=GUID-FDAA51E3-7703-4965-B09E-E61A92CD0E5A>>. Luettu 7.8.2023.
- 20 Borrow Elements. Verkkoaineisto. Autodesk. <<https://help.autodesk.com/view/RVT/2022/ENU/?guid=GUID-27E3B22D-79D3-44F5-A630-6E5F614585B4>>. Luettu. 20.10.2023.
- 21 About Element Behavior in Revit. Verkkoaineisto. Autodesk. <<https://help.autodesk.com/view/RVT/2022/ENU/?guid=GUID-5BFA499A-5ACA-4069-852C-9B60C9DE6708>>. Luettu 20.10.2023.
- 22 Revit Families: A Step-By-Step Introduction. Verkkoaineisto. Autodesk. <<https://www.autodesk.com/autodesk-university/article/Revit-Families-Step-Step-Introduction-2018>>. Luettu 7.8.2023.
- 23 About Element Properties. Verkkoaineisto. Autodesk. <<https://help.autodesk.com/view/RVT/2022/ENU/?guid=GUID-1B5B5C2E-072F-4349-9C70-D88204F9145D>>. Luettu 7.8.2023.

- 24 Dataset. Verkkoaineisto. MagiCAD. <https://help.magicad.com/mcrev/2018-UR-3/EN/1_2_dataset.html>. Luettu 20.10.2023.
- 25 About Spaces. Verkkoaineisto. Autodesk. <<https://help.autodesk.com/view/RVT/2022/ENU/?guid=GUID-B876A6F6-4091-40CA-ADCD-AA5D0EFC5EE3>>. Luettu 20.10.2023.
- 26 Smolker, David. 2022. Revit 2023: Keep model performance in view with BIM Interoperability Tools. Verkkoaineisto. Autodesk. <<https://blogs.autodesk.com/aec/2022/05/27/revit-2023-release-spotlight-keep-model-performance-in-view-with-bim-interoperability-tools/>>. 27.5.2022. Luettu 7.8.2023.
- 27 Model Checker for Revit. Verkkoaineisto. Autodesk. <https://help.autodesk.com/view/AIT4RVT/ENU/?guid=InteroperabilityToolsForRevit_040mcxr_0404mcxr_html>. Luettu 7.8.2023.
- 28 XML Schema and Definitions. 2020. Verkkoaineisto. Autodesk. <<https://interoperability.autodesk.com/modelcheckerconfigurator.php>>. 5.7.2020. Luettu 7.8.2023.
- 29 Mitä MagiCAD tarjoaa LVIS suunnitteluun? Verkkoaineisto. MagiCAD. <<https://www.magicad.com/fi/mita-magicad-tarjoaa-lvis-suunnitteluun/>>. Luettu 7.8.2023.
- 30 Tietomallikoordinointi. Verkkoaineisto. Solibri. <<https://www.solibri.com/fi/tietomallikoordinointi>>. Luettu 20.10.2023.
- 31 Model Checker Configurator. Verkkoaineisto. Autodesk. <https://help.autodesk.com/view/AIT4RVT/ENU/?guid=InteroperabilityToolsForRevit_050mcxc_html>. Luettu 7.8.2023.
- 32 Tammik, Jeremy. 2023. Revit 2024 and RevitLookup 2024. Verkkoaineisto. The Building Coder. <<https://thebuildingcoder.typepad.com/blog/2023/04/revit-2024-and-revitlookup-2024.html>>. 8.4.2023. Luettu 20.10.2023.