



Joonas Tiitta

Vakioitujen IFC-mallien visuaalinen laadunvarmistus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

15.10.2023

Tiivistelmä

Tekijä: Joonas Tiitta
Otsikko: Vakioitujen IFC-mallien visuaalinen laadunvarmistus
Sivumäärä: 38 sivua + 2 liitettä
Aika: 15.10.2023

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: talotekniikka
Ammatillinen pääaine: LVI-suunnittelu
Ohjaajat: kehitysjohtaja Tero Järvinen
lehtori Timo Värinen

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda työkalu, jolla LVI-tietomallien laadunvarmistusta saataisiin nopeutettua. Työssä haluttiin keskittyä vakioitujen tietosisällön tarkastamiseen. Valmiiseen työkaluun pitäisi pystyä syöttämään eri projektien tietomallien tietosisällöt ja tarkastamaan ne työkalun avulla, kunhan ne on luotu samalla vakioitulla tavalla. Työkalun on tarkoitus kertoa visuaalisesti, mitkä tietomalliobjektien tiedot ovat hyväksyttävien arvojen sisällä ja mitkä eivät.

Opinnäytetyössä tutustuttiin tietomallien käytön menneisyyteen, nykytilanteeseen ja tulevaisuuteen. Tietomallien laadunvarmistusta tutkittiin YTV-2012 -hankkeen näkökulmasta. Opinnäytetyön aikana toteutettiin kyselytutkimus, jotta LVI-suunnittelijoiden näkemyksiä laadunvarmistuksen tärkeistä asioista. Kyselytutkimuksen tulokset toimivat pohjana työn aikana luodulle LVI-tietomallien laadunvarmistusta parantavalle työkalulle.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi LVI-tietomallien laadunvarmistusta nopeuttava ja tukeva työkalu, joka rakennettiin Microsoftin Power BI -ohjelmaan. Työkalu keskittyy tietomallien tietosisällön oikeudellisuuteen ja tietomalliobjektien tärkeät tekniset tiedot on ehdollisen muotoilun avulla tuotu esille. Ehdollisen muotoilun raja-arvot hyväksyttävistä ja virheellisistä arvoista tulevat Suomen lainsäädännöstä ja energiatehokkuuden kannalta hyvistä suunnitteluratkaisuista.

Avainsanat: BIM, Excel, IFC, laadunvarmistus, Power BI, Solibri

Abstract

Author: Joonas Tiitta
Title: Visual Quality Control of Standardized IFC Models
Number of Pages: 38 pages + 2 appendices
Date: 15 October 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Building Services Engineering
Professional Major: HVAC Design
Supervisors: Tero Järvinen, Development Director
Timo Värinen, Senior Lecturer

The purpose of this final year project was to create a tool that would improve the quality control of HVAC related building information models. The thesis focused on the quality control of standardized information within building information models.

The usage of building information models was studied. The history, present and the presumed future might look like for building information models in Finland were looked into. Quality control of building information models was studied within the framework of a project called YTV2012. A survey was also conducted to get an insight of the important things in quality control of building information models from HVAC designers. The results of the survey formed the basis of the tool created during the project.

The final year project resulted in a completed tool which makes the quality control of HVAC related building information models easier and faster. The easy-to-use tool was created within the Microsoft Power BI program. The tool is focused on the data inside the building information. Filtering data of the building information model objects is simple within the tool and the conditional formatting tells the user if the data related to the objects is correct. The correct value ranges of the conditional formatting are based on the Finnish law and energy efficient design choices.

Keywords: BIM, Excel, IFC, quality control, Power BI, Solibri

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tietomallien tietosisällön vakiointiin pyrkivät hankkeet	3
2.1	Yleiset tietomallivaatimukset 2012	3
2.2	Yleiset tietomallivaatimukset 2020	4
2.3	RAVA2 ja RAVA3Pro	5
3	Tietomallien laadunvarmistus	5
4	Tutkimusmenetelmät	10
4.1	Kvantitatiivinen tutkimus	10
4.2	Kvalitatiivinen tutkimus	10
4.3	Valittu tutkimusmenetelmä	10
5	Kyselytutkimus	11
5.1	Kyselytutkimuksen toteutus	11
5.2	Kyselytutkimuksen tulokset	12
6	Käytetyt ohjelmistot	14
6.1	Solibri	14
6.2	Microsoft Excel	14
6.3	Microsoft Power BI	15
6.4	Tracer V3	17
7	Työkalun luonti	18
7.1	Power BI:tä edeltävät vaiheet	19
7.2	Työkalu Power BI:ssä	22
8	Yhteenveto	35
	Lähteet	37

Liitteet

Liite 1: Kyselylomake

Liite 2: Kyselytutkimuksen yhteenveto

Lyhenteet

GUID: Globally unique identifier. Tietomallissa olevan objektin yksilöllinen tunnistus.

IFC: Industry Foundation Classes. Rakennusosalalla käytettävä tiedonsiirto. Perustuu avoimeen ja kansainväliseen ISO 16739-1:2018-standardiin. Siirtää vain 3D-geometriaa ja parametrejä.

LVI: Lämpö, vesi ja ilmastointi.

TATE: Talotekniikka.

YTV2012: *Yleiset Tietomallivaatimukset 2012.*

YTV2020: Yleiset Tietomallivaatimukset 2020.

1 Johdanto

Rakennusten tietomallintamisella tavoitellaan suunnittelun, rakentamisen ja ylläpidon laadun parantamista. Hyvin tehty tietomalli palvelee rakennushankkeen johtoa, urakoitsijoita ja valmiin rakennuksen käyttäjää ylläpidossa. Tietomallista voidaan laskea esimerkiksi kustannuksia ja hiilidioksidipäästöjä tai tehdä tekniikan törmäilytarkastelua. [Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Esittely 2012: 2.]

Hyvän tehdyllä tietomallilla saadaan poistettua rakentamisvaiheen aikaisia ongelmia, kun suunnitelmat on yhteensovitettuja ja törmäystarkastelut on tehty. Näin pystytään esimerkiksi varmistamaan tekniikan mahtuvuus niille tarkoitettuihin kuiluihin, alakattoihin ja teknisiin tiloihin. Näin urakoitsijalle jää myös enemmän aikaa työskentelyyn, kun asennettavan tekniikan reitit ja paikat on jo mietitty etukäteen.

Rakennusallalla on jo pitkään ollut tarve saada tietomallien maailmaa ja tietosisältö yhtenäistettyä koneluettavaan muotoon. Kehitystyö tämän suhteen on ollut hidasta ja kehitystyö on jäänyt alan sisäisille työryhmille ja hankkeille. Tietomallien tietosisällölle ei ole tällä Suomessa mitään valtakunnallisesti seurattavaa lakia tai standardia. Tähän on nyt kuitenkin tulossa muutos, kun eduskunta hyväksyi 1.3.2023 uuden rakentamislain, joka astuu voimaan heti vuoden 2025 alussa. [Eduskunta hyväksyi rakentamisen päästöjä pienentävät ja digitalisointia edistävät lait 2023.]

Tulevaisuudessa tietomalli tulee mukaan rakennushankkeeseen jo hyvin varhaisessa vaiheessa. Uusi laki velvoittaa suunnittelijoita toimittamaan rakentamista koskevat rakennussuunnitelmat ja erityissuunnitelmat rakennusvalvonnalle tietomallimuotoisina tai muuten koneluettavassa muodossa. Tämä koskee sekä uudisrakentamista, että korjaus- ja muutostöitä. [Rakentamislaki 2023: § 61.]

Opinnäytetyön toteutetaan toimeksiantona Granlund Oy:lle. Opinnäytetyön tavoitteena on luoda työkalu Microsoft Power BI:hin, joka nopeuttaa LVI-

suunnitelmien laadunvarmistusta. LVI-järjestelmien tarkastamiseen luodaan tarkastusnäkyviä, joissa tietomallin tietoa saadaan helposti näkyviin ja piiloon eri järjestelmien ja kiinteistön kerroksien välillä. Tarkastusnäkymissä järjestelmien osia ja niiden tietoja pystytään korostamaan. Valmis työkalu tulee saataville Granlund Oy:n henkilöstölle ja se tukee Granlund Oy:n laadunvarmistus ja laatu-järjestelmää. Työkalun on tarkoitus toimia kaikkien LVI-tietomallien kanssa, jotka on luotu vakioidulla tietosisällöllä.

Opinnäytetyö toteutetaan kyselytutkimuksena ja tutkimus kohdistetaan Granlund Oy:n LVI-suunnittelijoille ja projektipäälliköille. Kyselytutkimuksen tarkoituksena on antaa henkilöstölle mahdollisuus vaikuttaa työkalun ominaisuuksiin ja millaisia tarkastusnäkyviä haluttaisiin nähdä ja käyttää. Kyselytutkimus lähetetään Granlundin kaikkiin toimipisteisiin ympäri Suomen ja näistä vastauksista kootaan yhteenveto liitteeksi. Työn aikana tutustutaan myös tietomallien laadunvarmistukseen YTV2012-ohjeistuksen pohjalta.

Opinnäytetyössä keskitytään vain talotekniseen näkökulmaan, joten arkkitehti-, rakenne-, automaatio- ja sähkömallien tarkastelu rajataan työstä pois ja keskitytään vain tietomallien LVI-puoleen. Rajaus on tehty sen takia, että opinnäytetyö ei kasvaisi liian suureksi. Rajaukseen vaikuttaa myös tekijän oma työnkuva ja tutkinto-ohjelma.

Opinnäytetyön toimeksiantajalla on huomattu tarve käsitellä tietomalleja koneluettavasti. Tietosisällöltään vakioidut IFC-mallit mahdollistavat skaalautuvat ratkaisut tietomallien tarkastamiseen esimerkiksi Power BI:n kautta tai jonkun muun business intelligence -ohjelmiston kautta. Tulevaisuudessa yritykset ja kunnat voisivat käsitellä ja tarkastaa tietomalleja paljon helpommin ja nopeammin, kunhan kansalliset standardit tietomallien tietosisällöstä on luotu. Tämä edellyttää tietomallien tietosisällön vakiointia ja tietomallien tarkastussääntöjen vakiointia ja standardisointia.

2 Tietomallien tietosisällön vakiointiin pyrkivät hankkeet

2.1 Yleiset tietomallivaatimukset 2012

YTV2012 oli ensimmäinen kokoelma ohjeita Suomessa, jotka käsittelivät tietomallivaatimuksia. Se koostuu 14 eri osasta ja ne käsittelevät eri suunnittelualat, rakennusvaiheet ja tekniset analyysit. YTV2012 käsittelee myös tietomallien hyödyntämistä rakennusvalvonnassa ja antaa ohjeita tietomallinnushankkeen johtamiseen. [Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Esittely 2012: 2.]

YTV2012-mallinnusvaatimuksissa esitetään vähimmäisvaatimukset tietomallille ja sen tietosisällölle. Näitä vaatimuksia noudatetaan, kun projektissa on päätetty käytettävän YTV2012 mukaista ohjeistusta. Vähimmäisvaatimusten lisäksi voidaan esittää lisävaatimuksia hankekohtaisesti. [Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 1 Yleinen osuus 2012: 2.] YTV2012-ohjeistusta ja vähimmäisvaatimuksia noudattamalla pystytään tietomallista tarkastamaan LVI:n osalta reikävaraukset, tilavaraukset ja tekemään risteilytarkastus muiden suunnittelualojen kanssa yhdistelmämallia hyödyntäen [Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 4 Talotekninen suunnittelu 2012: 11].

YTV2012 loi hyvän pohjan tietomallien ja niiden tietosisällön kehittämiseksi. Se on edelleen laajasti käytössä oleva ohjeistus siitä, miten tietomalleja tehdään ja miten niitä käytetään. Ongelmana YTV2012-ohjeistuksen käytössä on, että nämä ohjeet eivät ole Suomen laissa mitenkään määrättyjä vaan niitä sovelletaan hankekohtaisesti. Hankekohtaisista ohjeistuksista pitäisi päästä valtakunnalliseen standardiin. YTV2012 myöntää myös ongelman, että sen ohjeistuksen avulla ei ole mahdollista tuottaa tulevaisuudessa valtakunnallisesti viranomais-ten vaatimia suunnitelmia ja dokumentteja, koska tietomallintamisen käytännöt ja ohjeet ovat vaihdelleet hankkeittain. [Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 1 Yleinen osuus 2012: 6].

YTV2012-ohjeistuksen ongelma koneluettavuuden kannalta on se, että vuonna 2012 ei ollut vielä mitään sovittuja sääntöjä esimerkiksi LVI-laitteiden nimille ja positioille. Laitteiden nimeämiskäytännöt ja ohjeistukset on voinut hankkeessa

määritellä tilaaja tai kyseisen suunnittelualan insinööritoimisto. Nämä käytännöt ja ohjeet ovat sitten vaihdelleet rakennushankkeiden välillä riippuen tilaajasta ja suunnittelijoista. Koneluettavuuden saavuttamiseksi tarvittaisiin se, että kaikki LVI-laitteiden ja muiden laitteiden nimet ja positiot olisivat samanlaisia kaikissa rakennushankkeissa. [Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 4 Talotekninen suunnittelu 2012: 4.]

2.2 Yleiset tietomallivaatimukset 2020

Hyvin tehty tietomalli sisältää vakiomuotoista tietosisältöä sijainneissa, jotka on sille ennalta annettu. Talotekniikkasuunnittelussa Suomessa ei ole tietosisältöä vakioitu riittävästi, vaikka IFC-mallit ovat olleet käytössä jo pitkään. Tietomallien käyttö oli ennen keskittynyt pitkälti vain geometrian mallintamiseen ja törmäys-tarkasteluihin. Määrälaskentaa ja aikataulutusta ei pystytty vielä tekemään skaalautuvasti tietomallien tietosisältöjen vaihdellessa vaan ne on aina pitänyt selvittää hankekohtaisesti. [Järvenpää 2021.]

YTV2020-hankeessa luotiin tietomallien tietosisällön vaatimuksia ja ne täydensivät YTV2012-ohjeistusta ja tukivat maankäyttö- ja rakennuslain uutta versiota [YTV2020 Talotekniikan ja rakennesuunnittelun nimistöjen koekäyttöä jatketaan keväälle 2022]. Hanke oli iso askel kohti koneluettavuutta, koska sen aikana luotiin TATE-yleisnimistö. Yleisnimistössä on esitetty vakioidusti kaikkien LVI-järjestelmien osat ja laitteet ja niiden tietokentät ja -sisällöt. LVI-järjestelmien lisäksi TATE-yleisnimistöstä löytyvät rakennusautomaatio- ja sähköjärjestelmät. Nimistön avulla saadaan tuotettua koneluettavuutta tukevia LVI-objekteja vakioidulla tietosisällöllä. Hankkeen tuloksien avulla päästään tulevaisuudessa toivottavasti tilanteeseen, jossa Suomessa tuotetut tietomallit ovat tietosisällöltään samanlaisia riippumatta siitä millä ohjelmistolla ne on tuotettu tai kuka ne on tuottanut. [Järvenpää 2021.]

2.3 RAVA2 ja RAVA3Pro

RAVA2-kehityshanke oli rakennusvalvonnan tarpeisiin tietomalleja tutkiva hanke. Hankkeessa määriteltiin kansallisesti rakennusvalvonnassa käytettävien tietomallien vaatimukset. Hankkeen lopputuloksena luotiin ominaisuusjoukko- taulukot. Näissä taulukoissa on esitetty tietokentät IFC-mallin rakenteessa sekä niihin syötettävien tietojen vaatimukset. [RAVA2 -kehityshankkeen julkinen lausuntokierros on käynnistynyt 2021.]

RAVA3pro on tällä hetkellä käynnissä oleva Helsingin kaupungin vetämä 23 eri kunnan kehityshanke rakennusvalvonnan sähköisen lupaprosessin kehittämiseen. Hankkeessa on myös mukana ympäristö- ja valtiovarainministeriö. Kehityshanke alkoi vuoden 2021 syyskuussa ja loppuu vuoden 2023 lokakuussa. RAVA3pro-hankkeessa tutkitaan mitkä rakennuslupaprosessin vaiheet voitaisiin automatisoida lupakäsittelyn nopeuttamiseksi ja luoda kansalliset tulkinnat säännöille. Hankkeen aikana luodaan myös kansallinen standarditarkastussäännöstö. [RAVA3Pro 2021.]

3 Tietomallien laadunvarmistus

Tietomallien laadunvarmistusta käsitellään opinnäytetyössä YTV2012-ohjeiden pohjalta, koska koko Suomessa käyttöönotettua ohjetta ei ole vielä luotu. Ohjeistukset vaihtelevat tällä hetkellä projektien välillä. Tietomallien laadunvarmistuksella tarkoitetaan IFC-mallien avulla tapahtuvaa laadunvarmistusta. Perinteisesti suunnitteluprosessi on tarkastettu laadunvarmistuksen kannalta 5–10 % suunnitelmatiedoista, kun IFC-mallien avulla voidaan tarkastaa systemaattisesti 40-60 % suunnitelmatiedoista. Nykyisistä IFC-malleista ei kuitenkaan voi tarkastaa mitoitukseen liittyviä tietoja. IFC-tietomallien laadunvarmistuksessa ei oteta kantaa suunnitteluohjelmien tuottaman IFC-tiedoston rakenteeseen, vaan tiedoston tietosisällön oikeudellisuuteen ja laatuun. IFC-tiedoston rakenteellisiin ongelmiin tulee ensin koettaa löytää vaihtoehtoinen tapa tuottaa haluttu IFC-tietomalli. Rakenteelliset ongelmat voivat myös olla sellaisia, että niihin ei löydy vaihtoehtoja tapaa ratkaista ongelmaa. Esimerkiksi projektin kannalta tärkeää

tietosisällön kohtaa ei suunnitteluohjelmasta löydy. Tällöin pitää ratkaista yhdessä ohjelmistotoimittajan kanssa. [Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 6 Laadunvarmistus 2012: 3.]

IFC-tietomallien laatua valvotaan kolmesta näkökulmasta. Ensimmäisessä näkökulmassa tietomallien teknistä tietosisältöä valvotaan tarkastamalla, että suunnitteluohjelmalla tuotettu tietomalli on tehty oikein. Toisessa näkökulmassa tietomallien tietosisältö valvotaan tarkastamalla, että suunnittelualakohtaiset tiedot pitävät paikkansa suunnitteluvaiheeseen verrattaessa. Kolmannessa näkökulmassa valvotaan tietomallien laatua vertaamalla tietomalliobjekteja toisiinsa. Tämä tapahtuu esimerkiksi törmäystarkastelun kautta. [Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 6 Laadunvarmistus 2012: 3.]

Tilaajan kannalta tietomallien laadunvarmistuksessa on tärkeää pystyä seuraamaan rakennushankkeen etenemistä ja suunnitelmien vastaavuutta asetettuihin tavoitteisiin. Laadunvarmistusprosessi on työlästä varsinkin muutostilanteissa, joka johtaa usein tilanteeseen, jossa ongelmia ratkaistaan vasta pakon edestä. Tämä tarkoittaa yleensä rakennusprojektin työmaata, jossa ongelmien ratkaiseminen voi johtaa lisäkustannuksiin ja aikatauluviiveisiin. Tietomallipohjainen suunnitteluprosessin yksi keskeisistä tavoitteista on havaita ongelmakohdat mahdollisimman aikaisin rakennusprojektin aikana. Mitä aikaisemmin ongelmat havaitaan niin sitä pienemmillä lisäkustannuksilla ja aikatauluviiveillä selvittää. Pelkästään tietomallin näkeminen antaa yleiskuvan rakennusprojektista ilman mitään tarkempaa tutkimista. [Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 6 Laadunvarmistus 2012: 3.]

Suunnittelijan kannalta tietomallipohjaisessa suunnitteluprosessissa on ottaa tietomallinnus osaksi tavallista suunnitteluprosessia. Suunnittelija on vastuussa suunnitelmiensa laadusta ja vastaa täten myös tietomallin tietosisällön laadusta. Perinteisessä dokumenttipohjaisessa suunnitteluprosessissa suunnittelutietoa luetaan fyysistä suunnitelmista. Suunnitteludokumentteihin tehtävät merkinnät eivät yleensä välity suunnitteluohjelmien kesken, mutta tietomalliin syötettyä tietosisältöä käytetään sellaisenaan myös muissa suunnitteluohjelmissa.

Suunnittelijoiden kannattaa heti projektin alusta alkaen panostaa sujuvaan kommunikaatioon, että rakennushankkeen myöhemmissä vaiheissa ei tule ongelmia. Esimerkiksi kaikkien suunnittelijoiden tulee työskennellä samassa koordinaatistossa suunnittelualasta riippumatta. [Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 6 Laadunvarmistus 2012: 3.]

Tietomallien laadunvarmistusta rakennushankkeessa johtaa yleensä pääsuunnittelija, joka koordinoi kaikkia suunnittelualoja tietomallien yhteensovittamisessa. Tilaaja voi myös tehdä tietomallien laadunvarmistus itse tai palkata tietomallikoordinaattorin varmistamaan, että asetetut tavoitteet saavutetaan. Tilaaja ei itse lähde muuttamaan tarkastuksessaan löytämiään ongelmia vaan raportoi ne suunnitteluryhmille eteenpäin korjattavaksi. [Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 6 Laadunvarmistus 2012: 5-6.]

LVI-tietomallintamisen kannalta on tärkeää, että järjestelmät, jotka suunnitellaan kaadon kanssa, tietomallinnetaan myös kaadon kanssa. Kaadon esittäminen on tärkeää, koska esimerkiksi viemäreiden vaakavetojen korkeus lattiasta muuttuu kerroksessa kaadon jyrkkyyden mukaan. Tämä voi johtaa tilanteeseen, jossa viemäriputken alku- ja loppupään välinen korkeusero voi olla useita metrejä vaakavedon pituuden mukaan. Tietomallissa kaadon puuttuminen johtaa siihen, että kaikki tekniikka näyttää yhteensovituksessa hyvältä, mutta työmaalla ollaan rakennusvaiheessa isoissa ongelmissa. [Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 6 Laadunvarmistus 2012: 4-9.]

Yleinen LVI-suunnittelijan tekemä tarkastus on törmäystarkastelu. LVI-suunnittelijan pitää huomioida oman suunnittelualan sisäiset törmäykset jo omassa suunnitteluohjelmassaan, jotta esimerkiksi käyttövesiverkosto ei risteile ilmanvaihtokanaviston kanssa. Lopullinen törmäystarkastelu tehdään yleensä yhdistelmämallin avulla eli tietomallin, johon on tuotu kaikki suunnittelualat näkyviin. Törmäystarkastelussa katsotaan, että LVI-tekniikka muiden suunnittelualojen tietomalliobjektien läpi tai lävistä kantavia rakenteita ilman reikävarauksia. [Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 6 Laadunvarmistus 2012: 4-9.]

Suunnittelija vastaa omien suunnitelmiensa pohjalta luodun tietomallin laadunvarmistusprosessista. Tietomallien laadunvarmistuksen tarkastuksen ajankohdat sovitaan projektikohtaisesti ja kattavampia tarkastuksia tehdään yleensä suunnitteluvaiheiden lopussa. Laadunvarmistukseen voidaan käyttää tarkastuslomaketta, johon sovitaan projektikohtaisesti tarkastettavat kohdat. YTV2012-ohjeen mukainen LVI-tietomallin mukainen tarkastuslomake on esitetty taulukossa 1. [Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 6 Laadunvarmistus 2012: 4-9.]

Taulukko 1. LVI-tietomallin tarkastuslomake [Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 6 Laadunvarmistus 2012: 12].

LVI-mallin tarkastuslomake	Kunnossa	Puutteita	Ei relevantti	Kommentit
Tietomalliselostus				
Mallit sovittuina tiedostoformaateina				
Kerrokset määritetty				
Komponentit on määritelty kerroksittain				
Vaatimusten mukaiset komponentit on mallinnettu				
Komponentit on mallinnettu oikeilla työkaluilla				
Komponenteille on määritelty järjestelmät				

Järjestelmien nimet ovat sovitun mukaiset				
Järjestelmien värit ovat sovitun mukaiset				
Mallissa ei ole ylimääräisiä komponentteja				
Mallissa ei ole sisäkkäisiä tai tuplakomponentteja				
Mallissa ei ole merkittäviä komponenttien välisiä leikkauksia				
IV-koneet on mallinnettu				
Komponentit eivät leikkaa merkittävästi sähkömallin komponenttien kanssa				
Komponentit eivät törmää merkittävästi rakenteiden kanssa				
Komponenteilla on vain sovitunlaisia törmäyksiä arkkitehtimallin kanssa				
Järjestelmissä on laskentatietoa (vähintään tilavuusvirta ja painetasotieto)				
Komponenteilla on tunnustiedot				

4 Tutkimusmenetelmät

4.1 Kvantitatiivinen tutkimus

Kvantitatiivisen tutkimuksen eli määrällisen tutkimuksen avulla korostetaan universaaleja syyn ja seurauksen lakeja. Menetelmällä saatu data on tilastollista ja sen tulokset ovat ehdottomia. Saadusta datasta on helppo havainnoillistaa yleiskäsityksiä ja trendejä. [Vehkalahti 2014: 13.]

4.2 Kvalitatiivinen tutkimus

Kvalitatiivisen tutkimuksen eli laadullisen tutkimuksen avulla saadaan syvällisempää dataa vastaajien perusteluista ja henkilökohtaisista näkemyksistä. Sen tarkoituksena on todellisen elämän selittäminen. Laadullisella tutkimuksella halutaan saada yksityiskohtaisempaa tietoa kuin mitä määrällisellä tutkimuksella on mahdollisuus saada. Sillä voidaan myös vahvistaa määrällisen tutkimuksen tuloksia. [Hirsijärvi ym. 2009: 161.]

4.3 Valittu tutkimusmenetelmä

Opinnäytetyön aikana luotavaan työkaluun haluttiin saada näkemyksiä ja ehdotuksia Granlund Oy:n talotekniikan kanssa työskentelevältä henkilöstöltä ja antaa heille mahdollisuus vaikuttaa työkalun kehittämiseen. Kyselytutkimuksen tulokset ohjaavat luotavan työkalun rakennetta. Laadukkaan tutkimustuloksen kannalta on tärkeä valita kyselytutkimuksen kysymykset oikein ja valita oikeat tutkimusmenetelmät, jotta opinnäytetyön tavoite saavutetaan.

Kyselytutkimuksella on pitkä historia ja sen avulla saadaan itse kerättyä laaja aineisto. Sillä saadaan kerättyä dataa hyvin monenlaisista eri yhteiskunnan ilmiöistä, ihmisten käsityksistä, arvoista ja asenteista. [Hirsijärvi ym. 2009: 193-195.] Tämän takia tutkimusmenetelmäksi valittiin määrällisen ja laadullisen tutkimuksen yhdistelmä. Määrällisellä tutkimuksella saadaan kasaan tutkimuksen

laaja tutkimusaineisto ja laadullinen tutkimus tukee määrällistä antamalla yksityiskohtaisempia vastauksia [Vehkalahti 2014: 13].

Kyselytutkimuksella on myös heikkouksia. Aineistoa voidaan pitää pinnallisena ja tutkimuksen tuloksia vaatimattomina. Kyselytutkimuksen vastaajien asenteet voivat myös aiheuttaa ongelmia. Tutkimuksen tekijä ei voi varmistua vastaajien huolellisuudesta tai rehellisyydestä. Tekijä ei myöskään voi varmistua miten hyvin vastaajat ovat perehtyneet siihen asiaan, mistä heiltä kysytään. [Hirsijärvi ym. 2009: 193-195.] Muita huonoja puolia ovat ne, että vastaajat voivat kokea uupumusta kesken vastaamisen tai ymmärtää kysymyksen eri tavalla kuin se olisi tarkoitus ymmärtää. Nämä asiat saattavat pudottaa kyselytutkimuksen paikkansapitävyyttä. [Vehkalahti 2014: 48.] Kyselytutkimuksen ongelmat on otettu huomioon opinnäytetyössä lähettämällä kyselylomake tarkkaan valitulle vastaajaryhmälle ja pitämällä kysymykset selkeinä, jotta vastaamisaika ei ylittäisi 15 minuuttia.

Onnistuneen kyselylomakkeen tulee olla selkeä ja nopea vastata, ettei vastaaja koe vastaamisväsymistä ja näin aiheuta katoa vastauksissa. Kysymykset pitää asetella niin, että ne ovat loogisessa järjestyksessä eikä kysymyksiä ole liikaa, jotta kyselyn vastaamisaika ei paisuisi liian pitkäksi. Perusohjeena kysymysten järjestykselle on, että yleisimmät kysymykset lomakkeen alkupuolelle ja yksityiskohtaisemmat jätetään lomakkeen loppuun. Tehokkaimpia kysymyksiä ovat lyhyet ja spesifit kysymykset, joissa ei ole kaksoismerkitystä. [Vehkalahti 2014: 33-48.]

5 Kyselytutkimus

5.1 Kyselytutkimuksen toteutus

Kyselytutkimus toteutettiin anonymisti ja arvioitu vastausaika oli 10–15 minuuttia. Kyselyssä oli yhteensä 7 kysymystä, ja lopuksi oli vielä vapaan sanan osio. Kysymykset valittiin sen mukaan, mitkä tiedot opinnäytetyön ja kyselytutkimuksen tekijä kokee laadunvarmistuksessa tärkeäksi. Kysymyksistä pyrittiin

tekemään mahdollisimman yksiselitteisiä, jotta vastaajat ymmärtäisivät kysymykset vain yhdellä tavalla. Vastausaikaa kyselyyn annettiin kaksi viikkoa.

Liitteen 1 mukainen kyselylomake lähetettiin konsernin jokaisen Suomessa toimivan alueyhtiön LVI-osastoille ja se luotiin Microsoft Forms:lla. Jokaiselle alueyhtiölle lähetettiin oma kyselylomake ja näistä luotiin liitteen 2 mukainen yhteenveto vastauksista. Kyselylomakkeita luotiin yhteensä 13 kappaletta, mutta kaikki niistä ovat sisällöltään identtisiä. Kyselylomake lähetettiin yhteensä 418 eri henkilölle ja vastauksia saatiin 93. Vastausprosentiksi saatiin näin 23 % ja keskimääräiseksi vastaamisajaksi 4 minuuttia ja 26 sekuntia.

5.2 Kyselytutkimuksen tulokset

Granlund Oy:llä on laadunvarmistukseen apuna monia työkaluja, kuten laadunvarmistusta käsittelevä osio yhtiön omassa sisäverkossa ja LVI-suunnitelmien tarkastuslistoja. Laadunvarmistusta käsittelevää osiota on käynyt katsomassa vastaajista viimeisen 12 kuukauden aikana 55 % vastaajista ja tarkastuslistoja apunaan on vastaajista käyttänyt viimeisen 12 kuukauden aikana 37 %. Granlund Oy:n uusi sisäverkko on suhteellisen uusi ja tarkastuslistatkin ovat uusia mikä selittää vastausprosentteja. Tarkastuslistat ovat myös vähän piilossa, joka selittää sen miksi kysymyksen positiivisia vastauksia on vähemmän. Näitä työkaluja ei myöskään mainosteta ehkä tarpeeksi.

Putkistojen tarkastamista käsittelevässä kysymyksessä jakautuivat hyvin kolmen tärkeimmäksi koetun kysymyksen välillä. Patteriventtiilien painehäviökin koettiin tärkeäksi, koska 52 % vastaajista koki kohdan olevan hyvä tarkastuskohta ja -näkyvä. Muu-kohdan vapaissa vastauksissa haluttiin työkaluun saada tarkastusnäkyvät vielä seuraaville kohdille:

- putkistojen putkimateriaalit
- verkostojen kokonaispainehäviöt
- painehäviöllisesti verkoston vaikein reitti
- säätöventtiilien säätöalueet

- verkostojen kokonaisvirtaamat
- käyttöveden normivirtaama.

Ilmanvaihtojärjestelmien tarkastamista käsittelevissä kysymyksissä jakautuivat vastaajien kesken tärkeimmäksi koetun kysymyksen välillä hyvin. Painehäviötä äänenvaimentimilla ja palopelleillä ei koettu olevan tärkeä tarkastuskohta laadunvarmistuksen kannalta. Nämä vaihtoehdot kokivat tärkeäksi vain 15 % vastaajista. Muu-kohdan vapaissa vastauksissa haluttiin työkaluun saada tarkastusnäkyvät vielä seuraaville kohdille:

- verkostojen kokonaispainehäviöt
- säätöpeltien säätöalueet
- kanavistojen kanavamateriaalit
- painehäviöllisesti verkoston vaikein reitti
- ääniteknillisesti verkoston vaikein reitti
- päätelaitteiden painehäviö.

Muita tärkeitä asioita laadunvarmistuksen kannalta koettiin olevan:

- LVI-laitteiden tehot
- vesikalusteiden virtaamien prosentit paineolosuhteiden mukaan
- LVI-tekniikan risteily- ja törmäilytarkastus
- ilmanvaihdon päätelaitteiden heittopituudet
- laitteiden ja verkostojen tilantarve
- laiteluettelon ja tietomallin tehojen vertailu.

Vastaajista 94 % koki työkalun olevan tarpeellinen ja tärkeä lisä Granlund Oy:n laadunvarmistukselle ja laatu järjestelmälle. 89 % vastaajista haluaisi myös työkaluun raportointipohjan tarkastelluille asioille, mahdollisille virheille ja niiden korjaustoimenpiteille. Tarve työkalulle on siis todellinen ja sen koettaisiin olevan tarpeellinen.

6 Käytetyt ohjelmistot

6.1 Solibri

Solibri on Solibri Oy:n tarjoama ohjelmisto tietomallien käsittelyyn ja laadunvarmistukseen, joka on laajassa käytössä Suomessa. Se on saatavissa kolmessa versiossa ja opinnäytetyössä on käytetty Solibrin täysversiota nimeltään Solibri Office. Täysversio mahdollistaa useiden IFC-mallien yhdistämisen yhdeksi tietomalliksi ja informaation talteenoton, jolla tietomallin tietosisältö saadaan muutettua esimerkiksi Excel-muotoon, jota opinnäytetyön työkalussa on käytetty. Edellä mainittujen ominaisuuksien lisäksi täysversiolla voidaan tehdä tietomallista massalaskentaa, joka laskee esimerkiksi tietyn putkikoon määrän metreinä ja ohjelma osaa tunnistaa tietomalliobjektien törmäilyä toisten objektien kanssa. [Solibrin tuotteet.]

6.2 Microsoft Excel

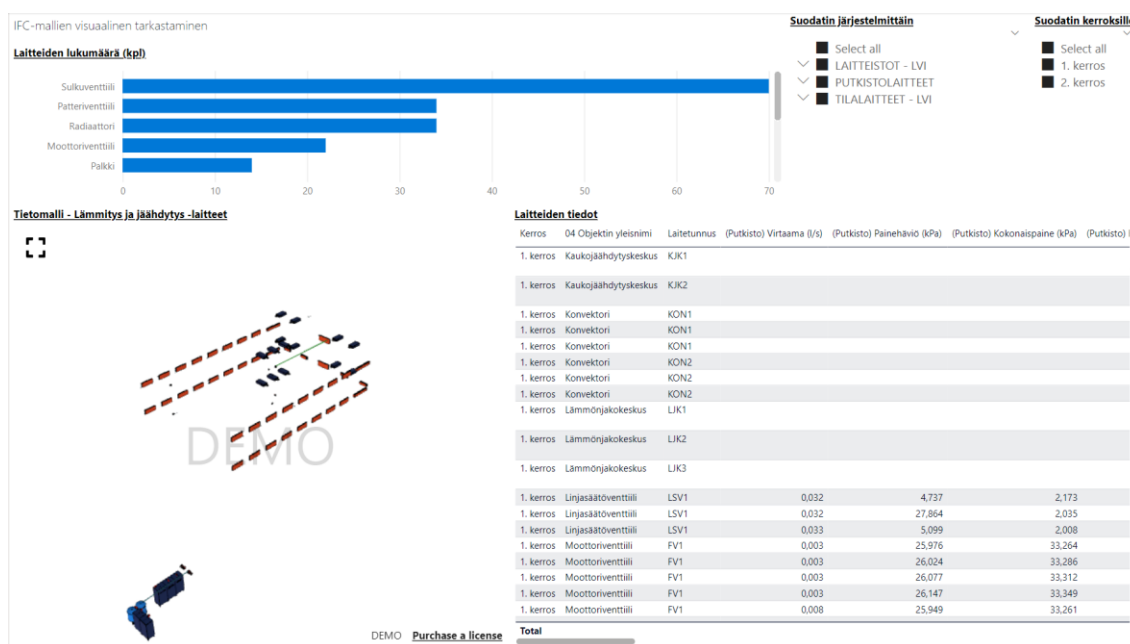
Microsoftin tarjoama taulukkolaskentaohjelma Excel on maailmassa eniten käytetty taulukkolaskentaohjelma. Microsoft julkaisi Excelin ensimmäistä kertaa vuonna 1982, mutta silloin se kulki vielä nimellä Multiplan. Exceliksi nimi muuttui vuonna 1987 ja siitä sen tullut maailman johtava taulukkolaskentaohjelma. Excelillä on maailmassa arviolta 750 miljoonaa käyttäjää ja yli puolet yrityksistä kokee sen tärkeänä kirjanpidon työvälineenä. [Microsoft Excel: 7 reasons why this 40-year-old software is more important than ever.] Excelin taulukkolaskenta perustuu soluihin ja niiden välille luotaviin laskentafunktioihin.

Opinnäytetyössä Exceliä käytettiin Solibrin informaation talteenotosta saatavan tietosisällön muokkaamiseen. Muokkaukset Solibrista saatavaan tietosisältöön olivat hyvin pieniä ja niistä on kerrottu enemmän sivulla 17. Muokattu tietosisältö vietiin lopulta Power BI:hin datamalliksi, jota opinnäytetyössä luotu työkalu käyttää pohjana.

6.3 Microsoft Power BI

Microsoft Power BI on ohjelma, jolla voidaan helposti analysoida dataa ja tehdä sen perusteella päätöksiä. Power BI perustuu datamalliin, jonka voi luoda esimerkiksi Excel-taulukosta. Datamalliin voidaan myös tuoda dataa monesta eri paikasta ja luoda näiden välille sitten relaatiot. Tuotua dataa voidaan myös muokata Power BI:n Power Query Editorin avulla. Power BI sopii hyvin jo olemassa olevan tiedon käsittelyyn ja visualisointiin, mutta se ei sovellu hyvin uuden datan luomiseen. Power BI:n käyttö on ilmaista, kun sillä tuotetaan raportteja vain henkilölle itselleen. Raporttien jakaminen muiden henkilöiden kanssa vaatii maksullisen lisenssin. [Heikkilä & Hämäläinen 2017.]

Luodussa työkalussa on kolme välilehteä, jotka näyttävät datamallin. Kaikki kolme välilehteä ovat Power BI:n vakio-ominaisuuksia. Kuvassa 1 on esitetty report view -välilehti, joka on paikka mihin haluttavat visualisoinnit luodaan. Luotaviin visualisointeihin löytyy paljon eri vaihtoehtoja pylväsdiagrammeista tietomatriiseihin. Esimerkiksi, jos report view -välilehdelle haluttaisiin luoda visualisointi, joka näyttää jonkin tuotteen myyntiluvut kohdemaan mukaan, se helposti täytetty kartta -visualisoinnin avulla.



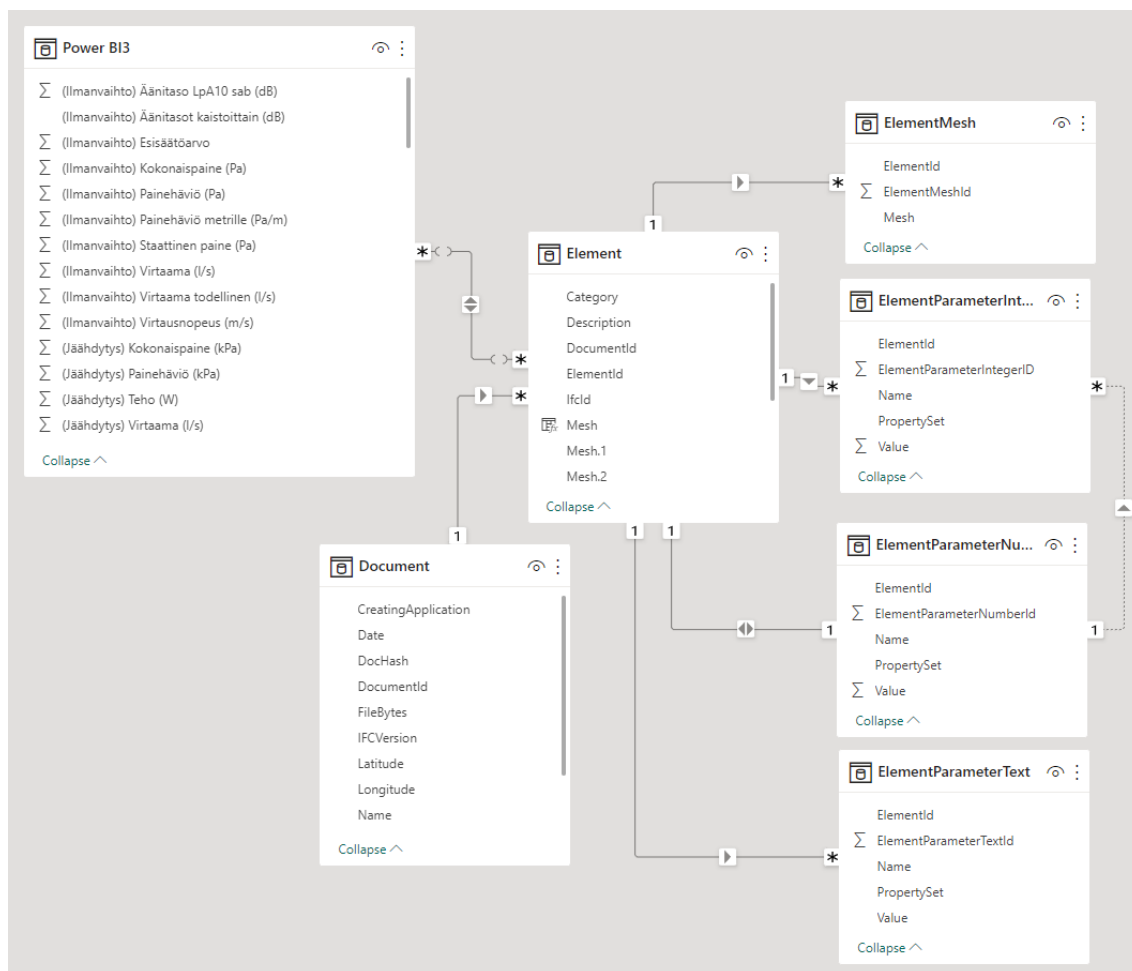
Kuva 1. Kuvakaappaus Microsoft Power BI:n report view -välilehdestä.

Kuvassa 2 on esitetty data view -välilehti, joka näyttää datan mistä halutut visualisoinnit luodaan. Data view -välilehti on hyvin Excelin taulukkolaskennan näköinen. Tällä välilehdellä dataa pystyy muokkaamaan hyvin rajallisesti. Sarakkeiden otsikoiden uudelleennimeäminen, uusien sarakkeiden luonti tai jo olemassa olevien sarakkeiden poistaminen ovat käytännössä ainoat toiminnot millä dataa pystyy muokkaamaan data view -välilehdellä. Datan muokkaus tapahtuu Power Query Editorin kautta.

Kerros	Järjestelmien nimet	Järjestelmien tunnuks	Globaali X	Globaali Z	Globaali Y	01 OBJEKTIN PÄÄRYHMÄ
00 Parkkihalli	Jäähdytys - kaukojäähdytys - meno (KJ)	KJ	46 912,83	91 250,00	72 590,01	PUTKISTOT
00 Parkkihalli	Jäähdytys - kaukojäähdytys - meno (KJ)	KJ	47 515,22	91 250,00	69 756,02	PUTKISTOT
00 Parkkihalli	Jäähdytys - kaukojäähdytys - paluu (KJ)	KJ	46 717,20	91 250,00	72 548,42	PUTKISTOT
00 Parkkihalli	Jäähdytys - kaukojäähdytys - paluu (KJ)	KJ	47 361,17	91 250,00	69 518,81	PUTKISTOT
00 Parkkihalli	Lämmitys - kaukolämpö - meno (KL)	KL	46 130,32	91 250,00	72 423,68	PUTKISTOT
00 Parkkihalli	Lämmitys - kaukolämpö - meno (KL)	KL	46 899,03	91 250,00	68 807,17	PUTKISTOT
00 Parkkihalli	Lämmitys - kaukolämpö - paluu (KL)	KL	46 325,95	91 250,00	72 465,26	PUTKISTOT
00 Parkkihalli	Lämmitys - kaukolämpö - paluu (KL)	KL	47 053,08	91 250,00	69 044,39	PUTKISTOT
00 Parkkihalli	Viemäri - jätevesi (JV)	JV	25 020,54	92 245,20	53 393,85	VIEMÄRIPUTKISTOT
00 Parkkihalli	Viemäri - jätevesi (JV)	JV	25 061,13	92 050,00	53 202,92	VIEMÄRIPUTKISTOT
00 Parkkihalli	Viemäri - jätevesi (JV)	JV	25 143,39	92 049,99	52 815,89	VIEMÄRIPUTKISTOT
00 Parkkihalli	Viemäri - jätevesi (JV)	JV	25 306,08	92 357,30	52 002,40	VIEMÄRIPUTKISTOT
00 Parkkihalli	Viemäri - jätevesi (JV)	JV	25 334,27	92 249,97	50 955,83	VIEMÄRIPUTKISTOT

Kuva 2. Kuvakaappaus Microsoft Power BI:n data view -välilehdestä.

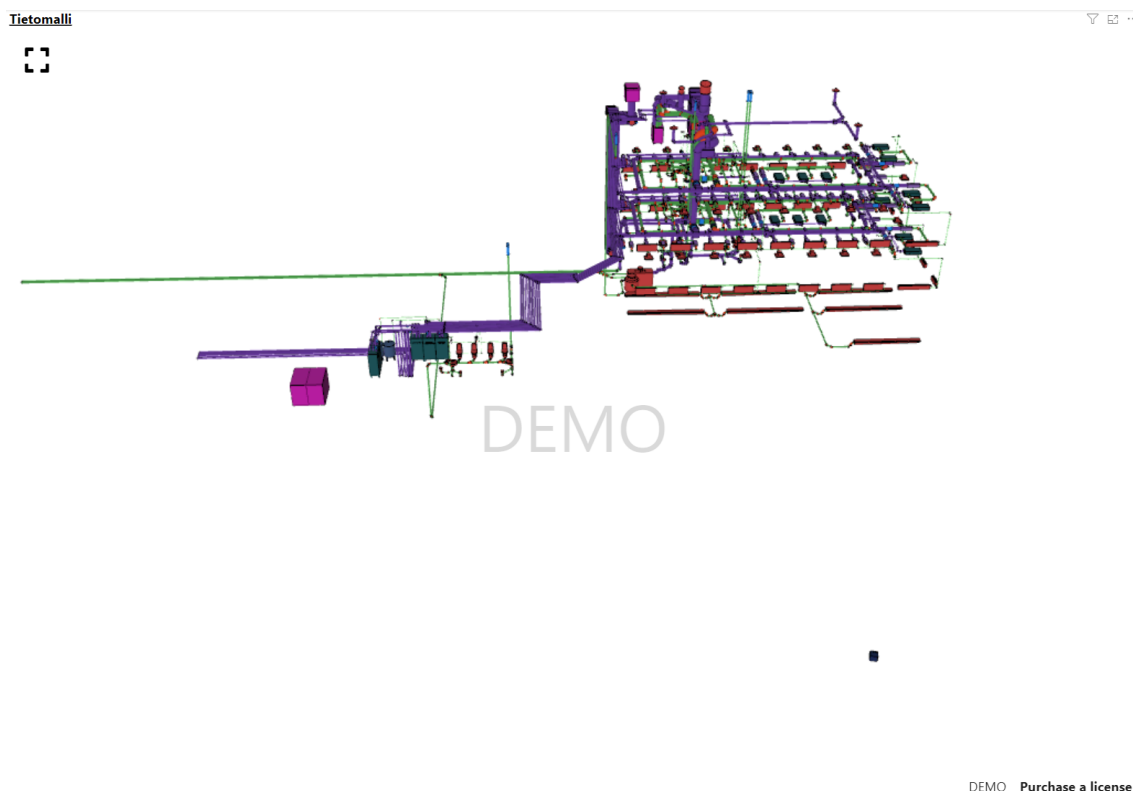
Kuvassa 3 on esitetty model view -välilehti, joka näyttää datamallin ja eri datojen lähteet ja niiden keskinäiset relaatiot. Tällä välilehdellä luodaan relaatiot datamallin datan lähteiden välillä. Luodut relaatiot muuttavat tapaa, miten ohjelma eri datat keskustelevat toistensa kanssa. Esimerkiksi kahdella datan lähteellä voi olla eri nimi, mutta ne ovat oikeasti samaa dataa ja, kun näiden kahden välille luodaan relaatio osaa ohjelma käsitellä niitä yhtenä datana.



Kuva 3. Kuvakaappaus Microsoft Power BI:n model view -välilehdestä.

6.4 Tracer V3

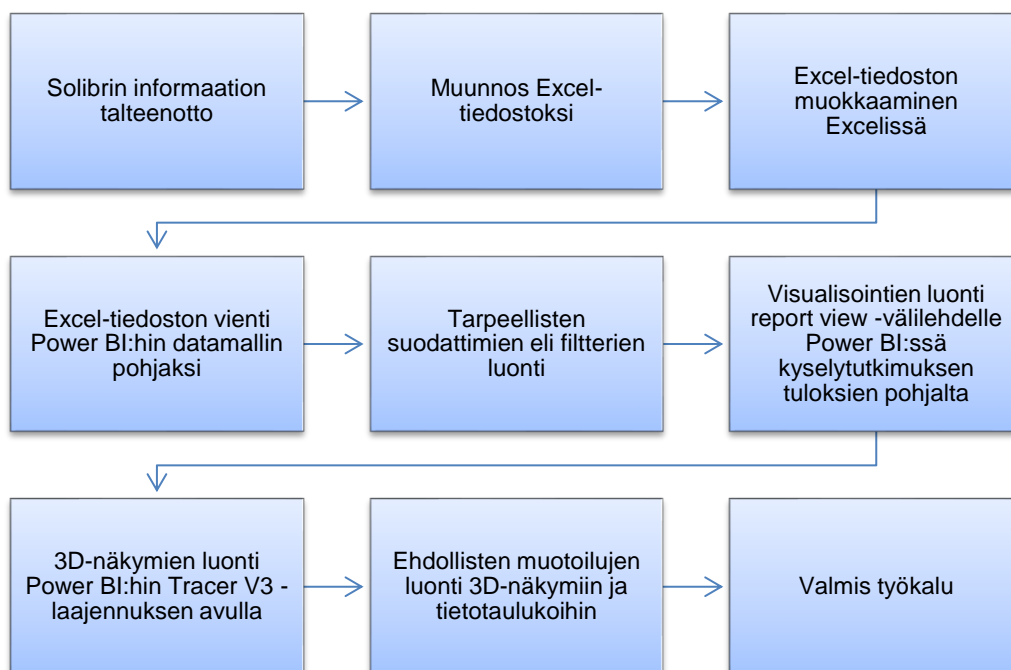
Tracer V3 on yhdysvaltalaisen Proving Ground nimisen yrityksen kehittämä ja tarjoama laajennus Microsoft Power BI:n. Sen avulla voidaan luoda visuaalisia näkymiä report view -välilehdelle, jotka mahdollistavat tietomallin näyttämisen 2D- ja 3D-näkyminä. Yritys tarjoaa myös valmiit visualisoinnit IFC-mallien käsittelyyn Power BI:ssä, mutta opinnäytetyön työkalussa vain 3D-visualisointi on luotu Tracer V3 -laajennuksella ja 3D-näkymää tukevat visualisoinnit on luotu itse. [Product overview.] Kuvassa 4 on esitettyä Tracer V3 -laajennuksen avulla luotu 3D-näkymä opinnäytetyön työkaluun luodusta visualisoinnista.



Kuva 4. Kuvakaappaus Tracer V3:n avulla luodusta 3D-näkymästä Microsoft Power BI:ssä.

7 Työkalun luonti

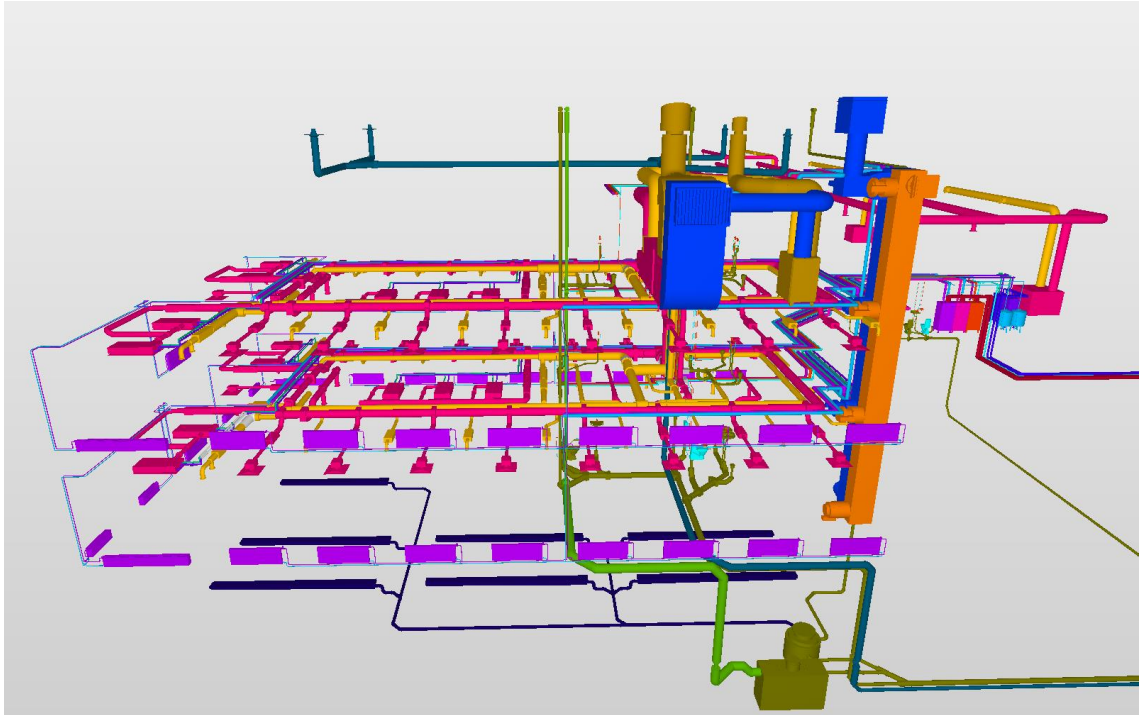
Opinnäytetyössä laadunvarmistuksen nopeuttamiseen ja parantamiseen luotu työkalu on tehty Microsoft Power BI -ohjelmaan. Datamallina toimii julkisessa jaossa oleva YTV2020-hankkeen koekäyttöaineiston tietomalli [YTV2020 Talotekniikan ja rakennesuunnittelun nimistöjen koekäyttöä jatketaan keväälle 2022]. Tätä tietomallia on Granlundilla muokattu hieman niin, että se sisältää enemmän vakioituja tietokenttiä LVI-tekniikan ominaisuuksille. Tästä mallista on Solibrin informaation talteenoton avulla viety tietomallin tietosisältö Excel-muotoon ja Excel-muoto toimii työkalun datamallina ja pohjana Power BI:ssä. Kuvassa 5 on esitettynä työkalun luomisen vaiheet prosessikaaviona.



Kuva 5. Opinnäytetyössä luodun työkalun prosessikaavio.

7.1 Power BI:tä edeltävät vaiheet

Työkalun luonti alkaa Solibrin avulla, jossa informaation talteenotolla saadaan tietomallin tietosisältö Excel-muotoon. Kuvassa 6 on esitetty tietomalli Solibrissa. Tietomalli sisältää vain LVI-laitteita, putkia, kanavia ja eristeitä opinnäytetyön rajauksen mukaan. Tietomallissa ei siis ole mitään rakenteita eli seiniä, lattioita, ovia tai ikkunoita.



Kuva 6. Kuvakaappaus opinnäytetyössä käytetty tietomalli Solibrissa.

Informaation talteenotolla pystyy valita halutut tietokentät ja tietosisällöt mitä objekteista tuodaan Excel-tiedostoon. Tässä työssä on haluttuja sarakkeita eli objektien tietokenttiä on yhteensä 72 kappaletta. Itse objekteja eli rivejä on yhteensä 6710. Työkaluun valitut tietokentät sisältävät tietoja esimerkiksi objektin sijainnista koordinaatistossa, objektin omasta geometriasta, objektin tyypistä ja objektin ominaisuuksista. Tällaisia tietoja ovat esimerkiksi:

- kerros
- sijainti
- virtausnopeus
- tilavuusvirta
- painehäviö
- eristys
- teho
- äänitaso
- tyyppi
- GUID.

Kuvassa 7 nähdään miltä osa opinnäytetyössä käytetyssä tietomallissa lopullinen informaation talteenotto näyttää. Informaation talteenotolla voi laskea osia tietomallista tai koko tietomallin kerralla. Tässä työssä käytetyssä tietomallissa ei ole mitään tiloja, rakenteita tai muiden suunnittelualojen objekteja, joten voidaan luetteloida tietomallin sisältämät objektit tietoineen sellaisenaan. Mitään ylimääräistä suodatusta ei tässä tapauksessa tarvinnut käyttää. Näin saadaan luotua Excel-tiedosto vietäväksi Power BI:hin, joka toimii datamallin pohjana.

i INFORMAATION TALTEENOTTO					
Kerros	FI - Sijainti.Järjestelmien nimet	FI - Sijainti.Järjestelmien tunnuks	Globaali X	Globaali Z	Globaali Y
Merent...			0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm
00 Park...	Jäähdytys - kaukojäähdytys - ...	KJ	46 912,83 m...	91 250,00 m...	72 590,01 m...
00 Park...	Jäähdytys - kaukojäähdytys - ...	KJ	46 912,83 m...	91 250,00 m...	72 590,01 m...
00 Park...	Jäähdytys - kaukojäähdytys - ...	KJ	47 491,45 m...	91 250,00 m...	69 867,82 m...
00 Park...	Jäähdytys - kaukojäähdytys - ...	KJ	47 491,45 m...	91 250,00 m...	69 867,82 m...
00 Park...	Jäähdytys - kaukojäähdytys - ...	KJ	47 515,22 m...	91 250,00 m...	69 756,02 m...
00 Park...	Jäähdytys - kaukojäähdytys - ...	KJ	47 515,22 m...	91 250,00 m...	69 756,02 m...
00 Park...	Jäähdytys - kaukojäähdytys - ...	KJ	47 627,02 m...	91 250,00 m...	69 779,79 m...
00 Park...	Jäähdytys - kaukojäähdytys - ...	KJ	47 627,02 m...	91 250,00 m...	69 779,79 m...
00 Park...	Jäähdytys - kaukojäähdytys - ...	KJ	46 717,20 m...	91 250,00 m...	72 548,42 m...
00 Park...	Jäähdytys - kaukojäähdytys - ...	KJ	46 717,20 m...	91 250,00 m...	72 548,42 m...
00 Park...	Jäähdytys - kaukojäähdytys - ...	KJ	46 740,97 m...	91 250,00 m...	72 436,62 m...
00 Park...	Jäähdytys - kaukojäähdytys - ...	KJ	46 740,97 m...	91 250,00 m...	72 436,62 m...

Kuva 7. Kuvakaappaus informaation talteenotto Solibrissa.

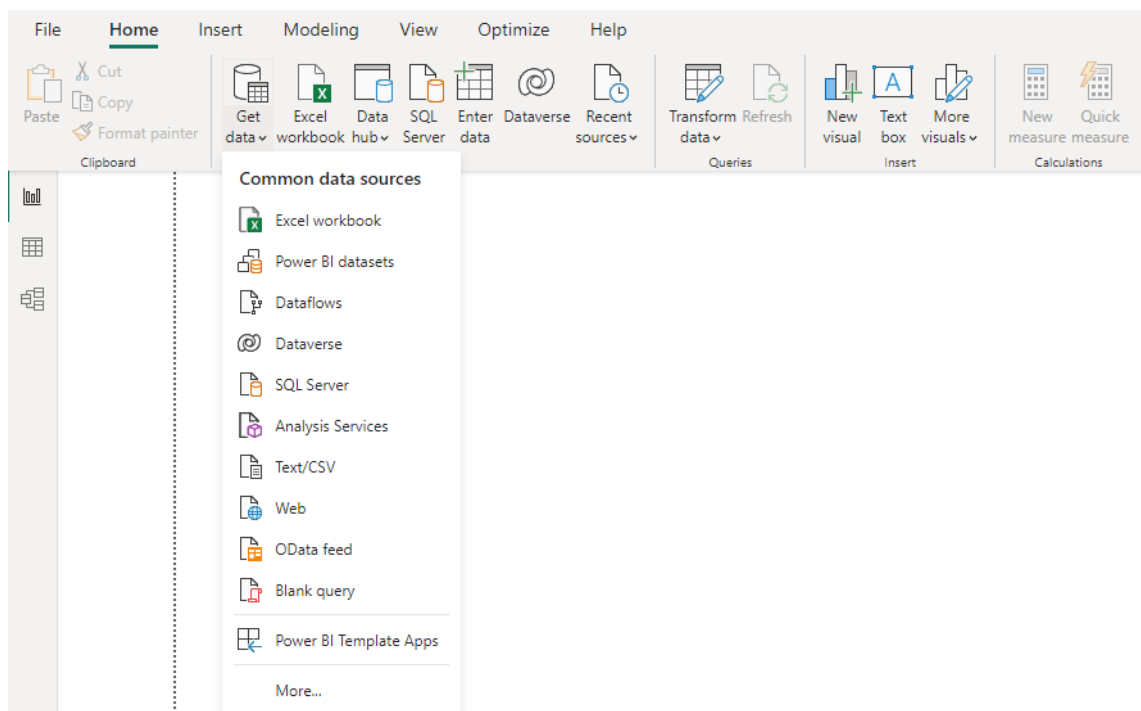
Itse Excelissä tehtävän työn osuus oli hyvin pieni. Excelissä muutettiin lähinnä solujen tyyppejä luku- tai tekstisoluiksi, koska vietäessä Excel-tiedostoa Power BI:hin tunnisti Power BI ison osan lukusoluista päivämäärinä aluksi. Myöskin tuhatmerotit muutettiin pisteestä pilkuksi, sarakkeiden otsikkoihin lisättiin yksiköt ja muutamat yksiköt muutettiin helpommin luettavaksi. Näiden muutoksien jälkeen tiedosto on valmis vietäväksi datamallin pohjaksi Power BI:hin. Kuvassa 8 on esitettyä osa datamallin pohjana toimivaa Excel-tiedostoa. Kuvakaappauksessa näkyy vain vain pieni osa Excel-taulukkoa, koska siinä on 72 saraketta ja 6710 riviä.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Kerros	FI - Sijainti.Järjestelmien nimet	FI - Sijain	Globaali X	Globaali Z	Globaali Y	FI - Objekti.01 OBJEKTIN PÄÄRYHMÄ
2	Merenpinta			0,00	0,00	0,00	LAITTEET JA OBJEKTIT - TATE
3	00 Parkkihalli	Jäähdytys - kaukojäähdytys - meno (KJ)	KJ	46912,83	91250,00	72590,01	PUTKISTOT
4	00 Parkkihalli	Jäähdytys - kaukojäähdytys - meno (KJ)	KJ	46912,83	91250,00	72590,01	PUTKISTOT
5	00 Parkkihalli	Jäähdytys - kaukojäähdytys - meno (KJ)	KJ	47491,45	91250,00	69867,82	PUTKISTOT
6	00 Parkkihalli	Jäähdytys - kaukojäähdytys - meno (KJ)	KJ	47491,45	91250,00	69867,82	PUTKISTOT
7	00 Parkkihalli	Jäähdytys - kaukojäähdytys - meno (KJ)	KJ	47515,22	91250,00	69756,02	PUTKISTOT
8	00 Parkkihalli	Jäähdytys - kaukojäähdytys - meno (KJ)	KJ	47515,22	91250,00	69756,02	PUTKISTOT
9	00 Parkkihalli	Jäähdytys - kaukojäähdytys - meno (KJ)	KJ	47627,02	91250,00	69779,79	PUTKISTOT
10	00 Parkkihalli	Jäähdytys - kaukojäähdytys - meno (KJ)	KJ	47627,02	91250,00	69779,79	PUTKISTOT
11	00 Parkkihalli	Jäähdytys - kaukojäähdytys - paluu (KJ)	KJ	46717,20	91250,00	72548,42	PUTKISTOT
12	00 Parkkihalli	Jäähdytys - kaukojäähdytys - paluu (KJ)	KJ	46717,20	91250,00	72548,42	PUTKISTOT

Kuva 8. Kuvakaappaus opinnäytetyössä luodun työkalun datamallin pohjana toimivasta Excel-tiedostosta.

7.2 Työkalu Power BI:ssä

Työkalun luonti alkaa tyhjästä Power BI -tiedostosta eli pbix-tiedostosta report view -välilehdeltä. Kaikki välilehdet ovat tällä hetkellä tyhjiä, koska mitään dataa ei ole vielä tuotu pohjaksi. Uuden datan tuonti onnistuu helposti ylävalikon home-välilehdeltä. Sieltä valitaan Get data -toiminto, joka avaa alavalikkona yleisiä käytettyjä datalähteitä. Tässä tapauksessa valintana on Excel-tiedosto, jonka luotiin aiemmin. Kuvassa 9 on esitettyä datan tuonti Power BI:hin.



Kuva 9. Kuvakaappaus datan tuomisesta Power BI:hin.

Datan tuomisen jälkeen ollaan kuvien 2 ja 3 tapaisessa tilanteessa. Kuvassa 4 on esitetty valmiin työkalun model view -välilehti. Välilehti näyttää alussa muuten samalta, mutta vain Power BI3 -data on näkyvissä, joka toimii datamallin pohjana Excel-tiedostona. Muut model view -välilehden kohdat luodaan myöhemmin 3D-näkymien kanssa Tracer V3 -laajennusta käyttäen. Mitään relatiota muihin datoihin ei myöskään Power BI3 -datalla ole vielä.

Ennen visuaalisten näkymien luontia jaetaan työkalu osiin sopiviksi välilehdiksi, koska visuaaliset näkymät mitä halutaan luoda vaihtelevat LVI-järjestelmien välillä. Yhdestä näkymästä tulee usein liian suuri ja se näyttää koko datamallin niin on helpompi jakaa se osiin. Opinnäytetyössä luotu työkalu jaettiin kuuteen eri osaan, ja nämä kuusi osaa käsittävät yhteensä 15 välilehteä. Nämä välilehdet ovat nimeltään:

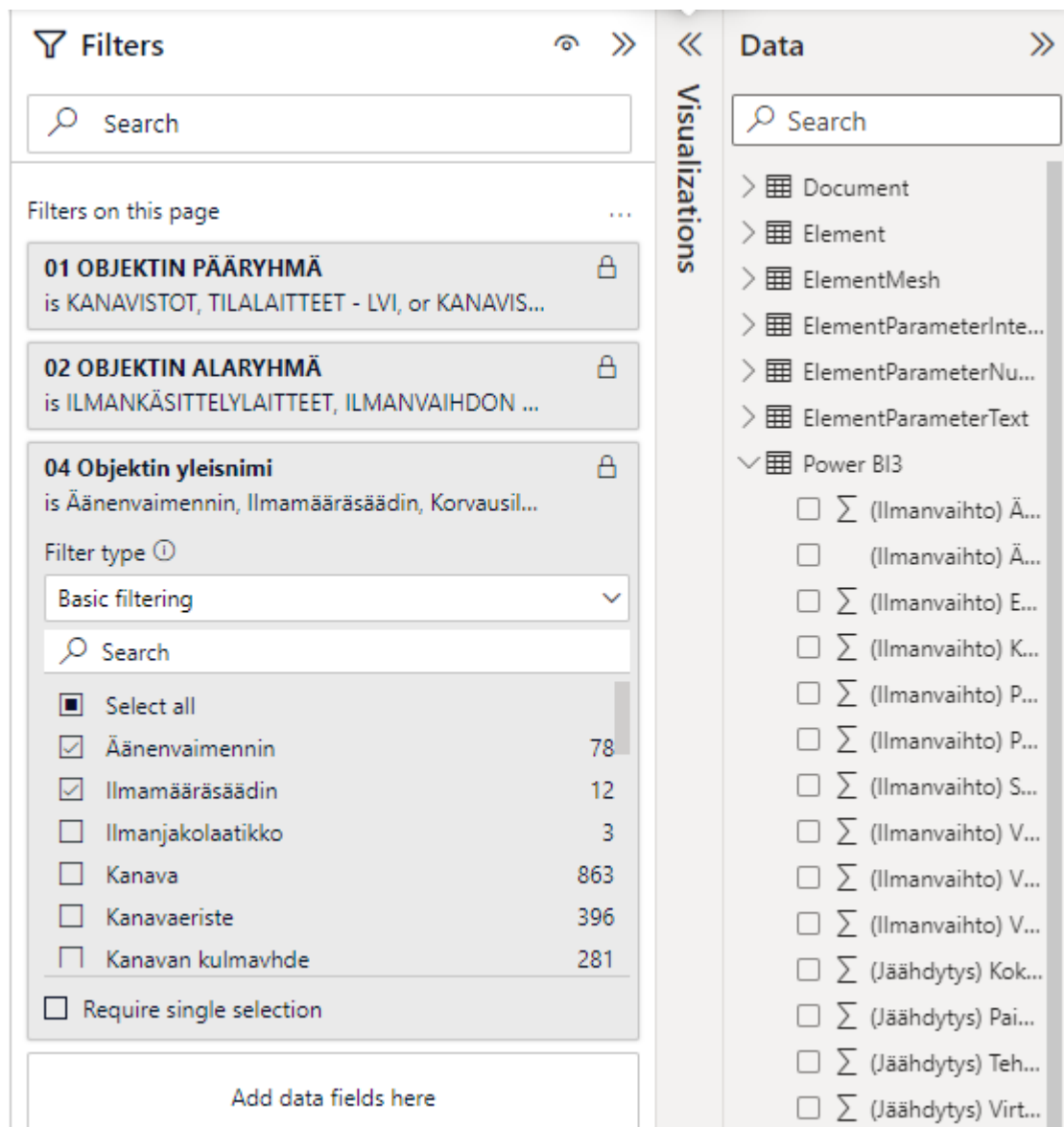
- aloitussivu ja tietomalli
- ilmanvaihto - laitteet
- ilmanvaihto - kanavisto
- ilmanvaihto - eristeet
- lämmitys ja jäähdytys - laitteet
- lämmitys ja jäähdytys - putkisto
- lämmitys ja jäähdytys - eristeet
- vesi ja viemäri - laitteet
- vesi ja viemäri - putkisto
- vesi ja viemäri - eristeet
- omatarkistuslista - ilmanvaihto
- omatarkistuslista - lämmitys ja jäähdytys
- omatarkistuslista - vesi ja viemäri
- raportti.

Aloitussivulla on vain 3D-näkymä koko tietomallista ilman mitään suodattimia, eli se näyttää koko tietomallin. Omatarkistuslistat ovat Granlundin luomia tarkistuslistoja, jotka tukevat yhtiön laadunvarmistusjärjestelmää. Ne on tuotu työkaluun valmiiksi, ettei niitä pidä myöhemmin etsiä muualta.

Raportti-välilehdellä on tekstimuotoinen raportti, johon voi kirjoittaa huomatuista ongelmista. Raportti ei kuitenkaan ole kovin kattava, koska Power BI:llä on vaikea tuottaa raportteja ja tietoa täysin tekstimäisessä muodossa. Granlund Oy:ltä löytyy jo valmiita tietomallin tarkastusraporttipohjia, joten mitään erillistä raporttipohjaa ei opinnäytetyössä luotu Power BI:n ulkopuolelle.

LVI-järjestelmiä käsittelevät välilehdet ovat ulkomuodoltaan toistensa kanssa identtisiä, ja ne eroavat toisistaan vain näytettävien tietomalliobjektien välillä. Myös haluttavat tietokentät vaihtelevat näiden välillä, koska osa objekteista tarvitsee esimerkiksi tiedon painehäviöstä, kun esimerkiksi eristeillä ei tällaista tietokenttää ole ollenkaan. Halutun tiedon näyttäminen tapahtuu helposti suodattimien eli filttareiden avulla.

Suodattimien lisääminen on helppoa, ja se tapahtuu ohjelman oikeassa reunassa filters-kohdassa. Filttareihin raahataan ja pudotetaan datasta ne kohdat, jonka mukaan datamallia halutaan suodattaa. Suodattimia voi lisätä jokaiselle välilehdelle erikseen tai lisätä suodattimia, jotka koskevat jokaista välilehteä. Tässä työssä jokaiselle välilehdelle on luotu omat suodattimet. Kuvassa 10 on esitetty ilmanvaihdon laitteita koskevat suodattimet. Nämä suodattimet ovat lukittuja välilehdelle, jotta työkalun käyttäjä ei niitä vahingossa poistaisi. Työkalun käyttäjien on tarkoitus käyttää kuvan 14 mukaisia visuaaliselle tarkastusnäky-
mälle luotuja suodattimia.



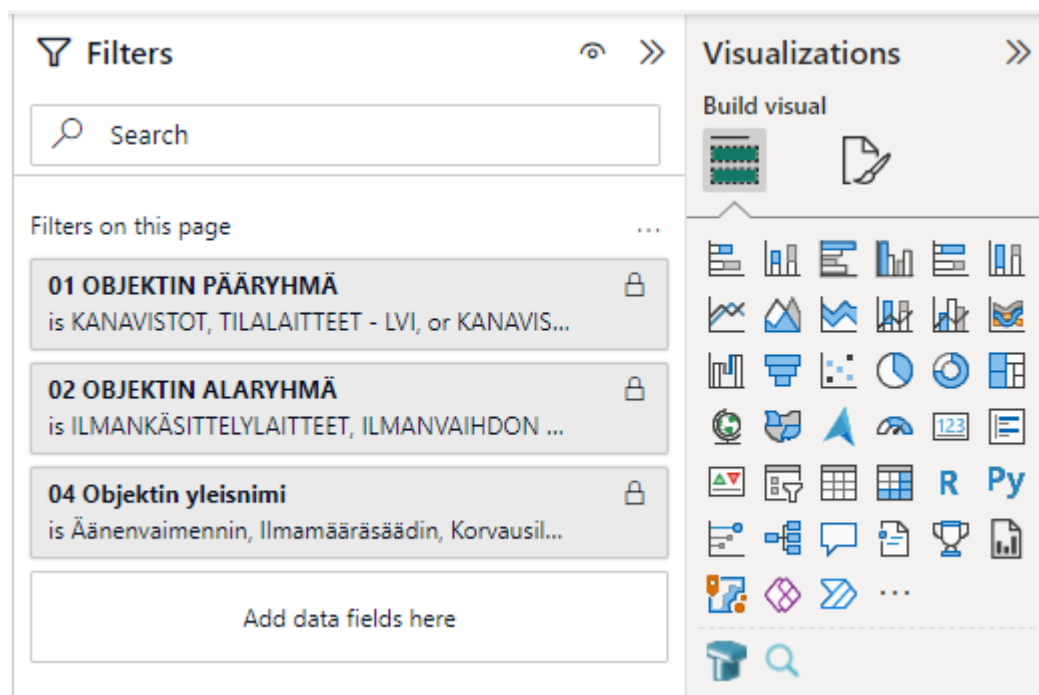
Kuva 10. Kuvakaappaus ilmanvaihto - laitteet -välilehden käytössä olevista suodattimista.

Samat suodattimet toistuvat työkalussa jokaisella LVI-järjestelmää koskevalla välilehdellä. Välilehtien suodattimien erot muodostuvat siitä, että mitä tietoa suodatin laitetaan suodattamaan. Ilmanvaihdon laitteita haettaessa suodatetaan kaikki muu data, paitsi ilmanvaihtoa koskeva data ja sitten tästä datasta suodatetaan ulkopuolella ilmanvaihtokanavisto ja ilmanvaihdon eristeet. Kun taas halutaan näytettäväksi vain ilmanvaihtokanavisto, tehdään samat toimenpiteet, mutta nyt vain valitaan kanavisto näkyviin ja suodattimen avulla rajataan ilmanvaihdon laitteet pois.

Haluttuja visuaalisia näkymiä on nyt helppo lähteä tekemään, kun kaikki tarpeelliset suodattimet on luotu välilehdille. Visuaalisten näkymien lisääminen onnistuu visualisoinnit -kohdasta. Power BI:stä löytyy vakiona seuraavat visualisoinnit:

- pylväsdiagrammi
- viivadiagrammi
- ympyrädiagrammi
- yhdistelmädiagrammi
- hajontadiagrammi
- kartta
- tietomatriisi
- tietotaulukko
- suodatin.

Näiden visualisointien lisäksi on Power BI:hin mahdollista tuoda lisää visualisointeja kolmansilta osapuolilta. Opinnäytetyön työkaluun on tuotu kolmannelta osapuolelta 3D-näkymät mahdollistava visualisointi. Kuvassa 11 on esitettynä mistä visualisoinnit valitaan ja millaisia visualisointeja ohjelmasta löytyy. Visualisoinnit -kohdan vasemmassa alareunassa oleva vaaleansininen iso t-kirjain on 3D-näkymät mahdollistava Tracer V3 -laajennus. Tämä laajennus on tuotu Power BI:hin kolmannelta osapuolelta Power BI:n ulkopuolelta.



Kuva 11. Kuvakaappaus visuaalisten näkymien lisäyksestä Power BI:ssä.

Visuaaliset näkymät näyttävät aluksi tyhjää niiden, kun ne on lisätty report view -välilehdelle, koska niille ei ole vielä valittuna mitään näytettävää tietoa. Tietojen lisääminen niihin tapahtuu raahaa ja pudota -periaatteella data -kohdasta. Kuvassa 12 on esitettyä ilmanvaihdon laitteiden tietotaulukon tiedot. Muiden report view -välilehdeltä löytyvien visuaalisten tarkastusnäkyvien luominen toimii samalla tavalla, mutta niihin valitut tiedot data -kohdasta vaihtelevat tarkastusnäkyvän käyttötarkoituksen mukaan. Visuaalisten tarkastusnäkyvien ominaisuuksia pystyy myös muuttamaan sen jälkeen, kun niihin on lisätty näytettävää tietoa. Esimerkiksi näkymille pystyy antamaan otsikoita, niiden väritystä pystyy muuttamaan ja tekstin väriä, kokoa ja tyyliä pystyy vaihtamaan.

The screenshot displays a data visualization tool interface with three main panels: Filters, Visualizations, and Data.

Filters Panel: Contains a search bar and a list of filters applied to the visual. The filters are:

- (Ilmanvaihto) Äänitaso LpA10 sab (dB) is (All)
- (Ilmanvaihto) Äänitasot kaistoittain (dB) is (All)
- (Ilmanvaihto) Esisäätöarvo is (All)
- (Ilmanvaihto) Kokonaispaine (Pa) is (All)
- (Ilmanvaihto) Painehäviö (Pa) is (All)
- (Ilmanvaihto) Virtaama (l/s) is (All)
- (Ilmanvaihto) Virtausnopeus (m/s) is (All)
- 04 Objektin yleisnimi is (All)
- Globaali X is (All)
- Globaali Y is (All)
- Globaali Z is (All)
- GUID is (All)
- Järjestelmien nimet is (All)
- Järjestelmien tunnukset is (All)
- Kerros is (All)
- Laitetunnus is (All)
- Lukumäärä is (All)

Visualizations Panel: Contains a search bar, a 'Build visual' section with various chart types, and a 'Columns' section listing the fields used in the visualization:

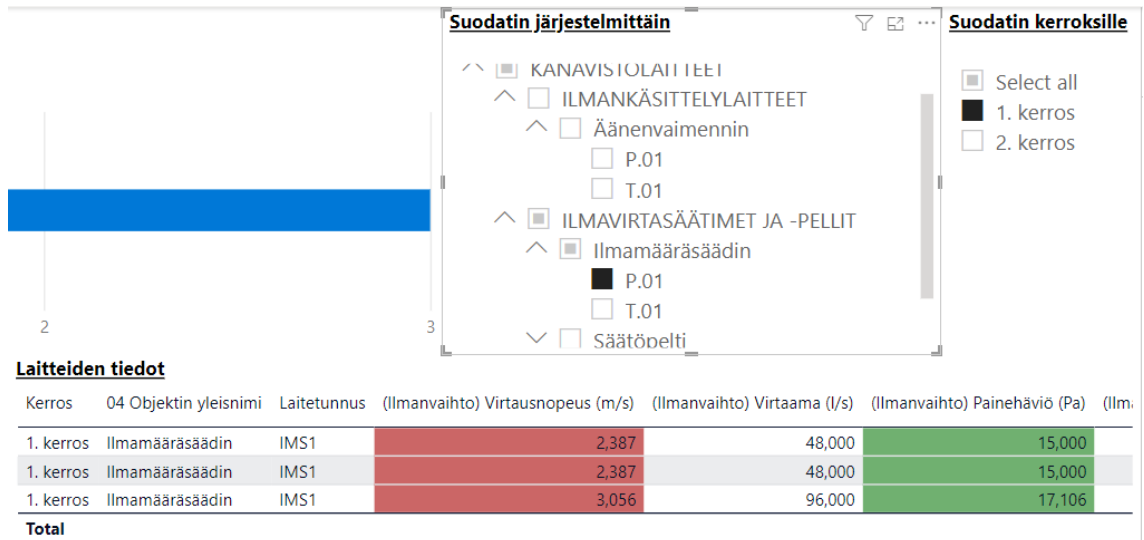
- Kerros
- 04 Objektin yleisnimi
- Laitetunnus
- (Ilmanvaihto) Virtausnopeus (m/s)
- (Ilmanvaihto) Virtaama (l/s)
- (Ilmanvaihto) Painehäviö (Pa)
- (Ilmanvaihto) Kokonaispaine (Pa)
- (Ilmanvaihto) Esisäätöarvo
- (Ilmanvaihto) Äänitasot kaistoittain (dB)
- (Ilmanvaihto) Äänitaso LpA10 sab (dB)
- Tuotetypin nimi
- Järjestelmien nimet
- Järjestelmien tunnukset
- Tuotetypin valmistaja
- Lukumäärä
- Globaali X
- Globaali Y
- Globaali Z
- GUID

Data Panel: Contains a search bar and a list of data sources:

- Document
- Element
- ElementMesh
- ElementParameterInter...
- ElementParameterNu...
- ElementParameterText
- Power BI3

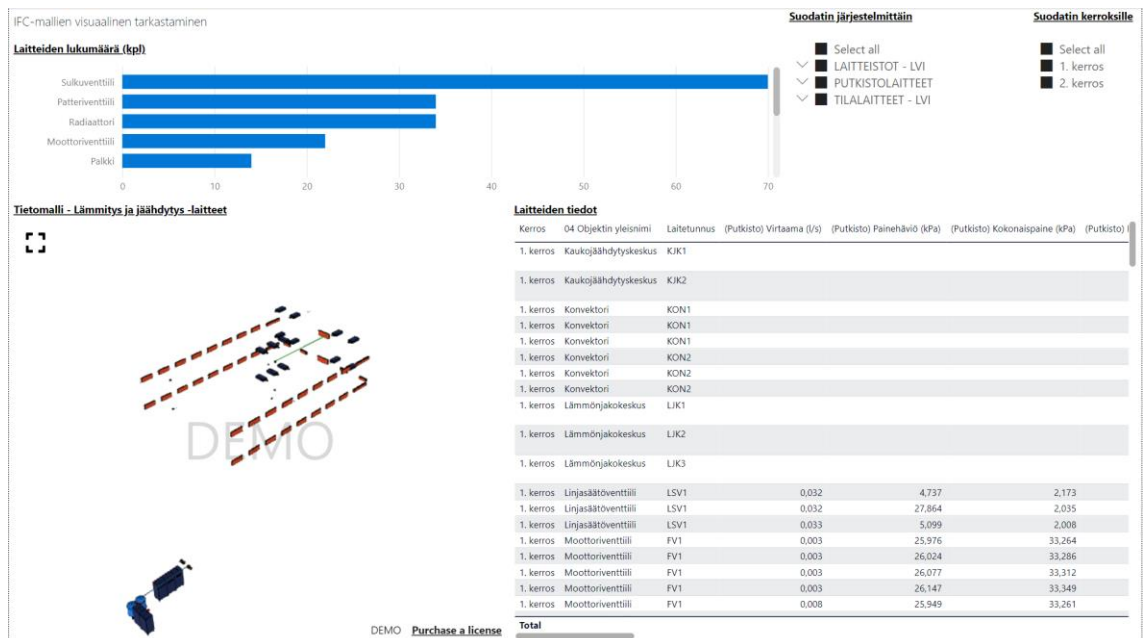
Drill through section: Includes a 'Cross-report' toggle (Off) and a 'Keep all filters' toggle (On). Below these is a text box labeled 'Add drill-through fields here'.

Kuva 12. Kuvakaappaus ilmanvaihdon laitteiden tietotaulukoon valituista tiedoista.



Kuva 14. Kuvakaappaus suodattimien käytöstä.

Visuaaliset näkymät report view -välilehdellä ovat kaikki samanlaisia ulkomuodoltaan ja logiikaltaan. Kuvan 13 mukaiset visuaaliset tarkastusnäkymät löytyvät esimerkiksi myös ilmanvaihtokanavistoon ja lämmitykseen liittyvien laitteiden välilehdiltä. Ainut asia mikä niissä muuttuu, on näytettävä tieto. Kuvassa 15 on esitetty vertailun vuoksi lämmityksen ja jäähdytykseen liittyvät laitteet.



Kuva 15. Kuvakaappaus lämmitykseen ja jäähdytykseen liittyvien laitteiden visuaalisen näkymän välilehdestä.

Haluttujen visuaalisten tarkastusnäkyvien luonnin jälkeen luotiin 3D-näkymät Tracer V3 -laajennusta käyttäen välilehtien vasempaan alareunaan. IFC-tiedosto, josta halutaan luoda 3D-näkymiä, viedään aluksi laajennuksen mukana tulevaan Tracer IFC Exporter -ohjelmaan, joka luo Power BI:hin tarvittavat tiedot IFC-tiedoston pohjalta. Kuvassa 16 on esitettyä miltä tuo data näyttää Power BI:ssä. Kuvan 16 IfcId-sarake ja datamallin pohjana toimiva Excel-tiedoston GUID-sarake ovat sisältävät samat tietosisällön arvot ja kommunikoivat näin keskenään, kun relaatiot näiden välillä on luotu model view -välilehdellä. Asia esitetty kuvassa 3 sivulla 13.

Elementid	Documentid	IfcId	Category	Type	Name	Description
2519	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055e8	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2520	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055pJ	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2521	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055pR	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2522	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055yK	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2523	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055yQ	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2524	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055yjo	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2525	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055yJv	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2526	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055yK0	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2527	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055yfi	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2528	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055yWQ	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2529	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055yW0	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2530	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055yWU	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2531	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055yWS	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2532	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055yW4	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2533	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055yV4	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2534	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055yVd	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2535	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055yau	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2536	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055ya	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2537	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055yay	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2538	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055yay	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2539	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055yaa	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2540	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055yag	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2541	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055yae	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2542	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055yak	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2543	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055yeb	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2544	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055ybh	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2545	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055ybf	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2546	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055ybl	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2547	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055ybJ	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2548	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055ybn	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2549	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055yCL	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2550	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055yC	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2551	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055yCp	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2552	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055yCp	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2553	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055ydd	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2554	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055ydp	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2555	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055ydn	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2556	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055ydt	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2557	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055ydv	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6
2558	0	3xi80qhErOnNmOb4Z055ydv	IfcFlowSegment	Teräsputki Fe	Teräsputki Fe33/Si33	data:model/gltf-binary;base64:Z2xURgIAAAD4DwAAAMAAEpTT057ImFzc2V0lp7imNvcHlyaWdodCI6IlslmdlbmVYXRvcil6

Kuva 16. Kuvakaappaus Tracer IFC Exporter -ohjelman luomasta koodista, jota Power BI:ssä 3D-näkymät käyttävät.

Tracer IFC Exporter -ohjelma luo 3D-näkymien käyttämän geometrian satojen tuhansien merkkien jonona. Tämä on ongelma, koska Power BI:n raporttinä-kymä lataa vain merkkijonoja 32 766 merkkiin asti. Tämä ongelma saatiin rat-kaistua niin, että tuo koodinpätkä jaettiin ensin moneen eri sarakkeeseen, ja sit-ten jaetut sarakkeet yhdistettiin funktioilla takaisin yhdeksi sarakkeeksi niin, että

kaikki objektit saatiin näkymään 3D-näkymässä. [Some element meshes are not appearing in Power BI.]

3D-näkymien luonnin jälkeen tehtiin työnkaluun vielä ehdolliset muotoilut tietotaulukkoon ja 3D-näkymiin. Ehdolliset muotoilut merkitsevät väreillä putkiston tai ilmanvaihtokanaviston osia ja laitteita niiden tietosisällön arvojen mukaan. Vihreä väri tarkoittaa, että kaikki kunnossa. Keltainen väri tarkoittaa, että tarkasta kohta, mutta siinä ei ole välttämättä virhettä. Punainen väri tarkoittaa objektissa olevaa virhettä. Esimerkkejä virheistä ovat ilmanvaihtokanaviston liian suuri virtausnopeus tai lämmitysverkostossa putkiston osan liian suuri painehäviö.

Rajoitteiden raja-arvot on valittu voimassaolevien lakien ja energiatehokkuudeltaan hyvien ratkaisujen pohjalta. Pienet virtausnopeudet johtavat ilmanvaihtokanaviston tai putkiston pieniin painehäviöihin, ja tätä kautta pienempiin energiakustannuksiin [Seppänen 2004: 117]. Pienet virtausnopeudet mahdollistavat myös ääniteknisesti hallittavissa olevan ratkaisun, joka ei aiheuta meluongelmia [Seppänen 2004: 117]. Ehdollisessa muotoilussa käytettävät rajoitteiden raja-arvot on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Ehdollisessa muotoilussa käytetyt raja-arvot

Rajoite	Raja-arvo (yksikkö)	Lähde (sivunumero)
Ilmanvaihtokanaviston painehäviö	1 (Pa/m)	Seppänen (117)
Ilmanvaihtokanaviston virtausnopeus	3 (m/s)	Seppänen (117)
Lämmitys- ja jäähdytysputkistojen painehäviö	50 (Pa/m)	Vesikiertoinen patterilämmitys (6)
Lämpimän veden odotusaika	20 (s)	Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista (2. luku, 6 §)
Vesikalusteen normivirtaama paineolosuhteissa	minimi 70 (%) maksimi 150 (%)	D1, liite 2

Käyttövesiputkiston virtausnopeus	3 (m/s)	D1, liite 2
-----------------------------------	---------	-------------

Kuvassa 17 on esimerkkinä käyttövesiputkisto 3D-näkymänä ja tietotaulukkona. Työkalu maalaa putken osat vihreäksi, keltaiseksi tai punaiseksi putken virtausnopeuden mukaan. Virtausnopeuden ollessa välillä 0-3 metriä sekunnissa on väri vihreä. Keltainen väri tulee vain arvosta 0, ja punainen väri tulee, kun virtausnopeus ylittää arvon 3 metriä sekunnissa.



Kuva 17. Kuvakaappaus työkalun ehdollisesta muotoilusta.

Ilmanvaihtoa koskevat visuaaliset tarkastusnäkyvät toimivat samalla periaatteella kuin kuvassa 17 annettu esimerkki. Vain raja-arvot muuttuvat ehdollisessa muotoilussa verrattuna käyttövesiverkostoon. Lämmitystä ja jäähdytystä koskevissa visuaalisissa tarkastusnäkymissä 3D-näkymän ehdollinen muotoilu maalautuu painehäviö metrille -arvon mukaan eikä virtausnopeuden mukaan verrattuna käyttöveteen ja ilmanvaihtoon. Kuvassa 18 on esitettynä käyttövesiputkiston 3D-näkymän ehdollisen muotoilun tekeminen Power BI:ssä. Ehdollisen muotoilun tekeminen ilmanvaihtoa, lämmitystä ja jäähdytystä koskevat

tarkastusnäkymät toimivat samalla periaatteella. Vain raja-arvot ja käytetty rajoite muuttuu.

Color - Data style [X]

Format style
Rules

What field should we base this on? Average of (Käyttövesi) Virtausnopeus (m³/s)

Summarization Average

Rules [Reverse color order] [New rule]

Condition	Result
If value \geq 0 and $<$ 3	Green
If value \geq 3 and $<$ 1000	Red
If value = 0	Yellow

Kuva 18. Kuvakaappaus käyttövesiputkiston ehdollisen muotoilun arvoista.

Opinnäytetyön työkalu on luotu ylläolevien vaiheiden mukaan. Valmiissa työkalussa on helppo suodattaa objekteja pois ja tarkastella niitä yksittäin tai järjestelmätasolla. 3D-näkymä auttaa hahmottamaan kokonaisuutta ja objektin sijaintia rakennuksessa. Tietosisällön tarkastelu toimii helposti myös rakennusten kerroksien välillä.

Täysin ongelmaton ei työkalu kuitenkaan ole. Työkalu näyttää joitain objekteja väärin, koska joillakin objekteilla on jostain syystä GUID-arvo ja IfcId-arvo. Tämä ongelma johtuu ilmeisesti Power BI:stä, koska kahdella objektilla voi olla merkeiltään sama GUID-arvo eli IfcId-arvo, mutta toisessa voi viimeinen merkki olla iso ja toisessa pieni. Power BI ei ilmeisesti tätä osaa tunnistaa, koska Excel-tiedostossa GUID-arvot toimivat oikein. Kuvan 19 mukaisessa esimerkissä pitäisi toisella objektilla viimeinen merkki on iso ja toisella pieni. Excel-tiedostossa nämä ovat oikein, mutta Power BI näyttää toisen objektin GUID-arvon väärin.

Tyyppi	Komponenttityyppi	Lukumäärä	Osan pituus (m)	GUID
Pyöreä kanava FeZn	Kanava	1	1,625	1qJFlbxir4ovsnve8NOqoj
BDER-78-016-090	Kanavanvaimennin	1	0,92	1qJFlbxir4ovsnve8NOqoj

Kuva 19. Kuvakaappaus työkalun ongelmasta, jossa kahdella objektilla on sama GUID.

8 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda työkalu, jolla LVI-tietomallien laadunvarmistusta pystyttäisiin nopeuttamaan ja parantamaan. Työn aikana tutustuttiin menneisiin ja käynnissä oleviin kehityshankkeisiin, jotka edistävät tietomalleja. Työn aikana toteutettiin myös kyselytutkimus, jonka tulokset loivat pohjan työkalulle.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi työkalu, joka mahdollistaa tietomalleista niiden LVI-tietosisällön tarkistuksen helposti. Opinnäytetyön tavoitteisiin päästiin rajauksen eli tarkastelemalla laadunvarmistusta pelkästään LVI-tekniikan näkökulmasta. Luotu työkalu tukee Granlund Oy:n laadunvarmistusjärjestelmää ja toimii pohjana jatkokehitykselle. Tulevaisuudessa työkalua voidaan jatkokehittää muiden alojen kanssa yhdeksi kokonaisvaltaiseksi työkaluksi, joka ottaa huomioon kaikki eri suunnittelualat. Opinnäytetyö toimii myös hyvänä pohjana vastaavaisille opinnäytetöille, jotka suuntautuvat esimerkiksi sähkösuunnitteluun. Toisena opinnäytetyön kehityssuuntana olisi tutustua Revit-suunnitteluohjelmistoon ja miten sieltä saadaan tietomallin tietosisältö tuotua ulos vakiodusti.

Kaikkia kyselytutkimuksessa ilmi tulleita asioita ei pystytty sisällyttämään työkaluun. Esimerkiksi venttiilien ja päätelaitteiden säätöarvojen osuminen oikeille säätöalueille ei pystytä toteuttamaan työkalussa, koska tämä data on Magi-CAD:n sisäinen tietokanta. Ilmastoinnin päätelaitteiden ja venttiilien esisäätöarvot saadaan kyllä työkalussa tietoon. Granlund Designerin yhdistäminen työkaluun vaatisi paljon lisätyötä ohjelmistokehityksen puolella. Törmäystarkastelun tekeminen katsottiin työkalulla myös turhaksi, koska siihen löytyy jo olemassa olevia hyviä työkaluja.

Uusi rakennuslaki luo painetta rakennuslalle luomaan yhteiset standardit tietomallejen tietosisällölle ja niiden tarkastamiseen. Kiire on kova, koska laki tulee voimaan heti vuoden 2025 alussa ja standardisointityö jää hyvin todennäköisesti rakennuslalle itselleen. Tietomallit tulevat tulevaisuudessa rakennushankkeeseen mukaan jo hyvin varhaisessa vaiheessa, koska kaikki suunnitelmat pitää toimittaa rakennusvalvontaan tietomallina tai muuten koneluettavassa muodossa. Tämä koskee kaikkia uusia rakennushankkeita ja se sisältää uudisrakentamisen, korjaushankkeet ja muutostyöt. Ennen tietomalleista on yleensä vain tarkisteltu 3D-geometriaa eli törmäilyjä toisten objektien kanssa eikä mitään koko Suomen kattavaa tietomallien laadunvarmistusstandardia ole vielä olemassa.

Lähteet

Eduskunta hyväksyi rakentamisen päästöjä pienentävät ja digitalisaatiota edistävät lait. 2023. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <<https://ym.fi/-/eduskunta-hyvaksyi-rakentamisen-paastoja-pienentavat-ja-digitalisaatiota-edistavat-lait>>. 1.3.2023. Luettu 12.3.2023.

Heikkilä, Pauliina & Hämäläinen, Pentti. 2017. Power BI - kaikki mitä sinun tulee tietää aloittaaksesi. Verkkoaineisto. Sulava Oy. <<https://sulava.com/liiketoiminnan-digitalisointi-tiedolla-johtaminen/power-bi-kaikki-mita-sinun-tulee-tietaa-aloittaaksesi/>>. Päivitetty 8.9.2023. Luettu 13.10.2023.

Hirsijärvi, Sirkka; Remes, Pirkko & Sajavaara, Paula. 2009. Tutki ja kirjoita. 15. uudistettu painos. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.

Järvenpää, Markus. 2021. Saatesanat talotekniikan nimistöjen ja esimerkkimallien koekäyttöjulkaisulle. Verkkoaineisto. <<https://kirahub.org/ytyv2020-talotekniikan-ja-rakennesuunnittelun-nimistojen-koekayttoa-jatketaan-kevaalle-2022/>>. 3.5.2021. Luettu 12.3.2023.

Microsoft Excel: 7 reasons why this 40-year-old software is more important than ever. 2022. McMaster yliopisto. Verkkoaineisto. <<https://continuing.mcmaster.ca/microsoft-excel-7-reasons-why-this-40-year-old-software-is-more-important-than-ever/>>. 3.11.2022. Luettu 4.9.2023.

Product overview. 2022. Verkkoaineisto. Proving Ground. <<https://apps.provingground.io/docs/tracer-v1-0-documentation/product-overview/>>. Päivitetty 25.10.2022. Luettu 14.8.2023.

Rakentamislaki. 2023. 751/21.4.2023.

RAVA2 -kehityshankkeen julkinen lausuntokierros on käynnistynyt. 2021. Verkkoaineisto. KIRAhub. <<https://kirahub.org/rava2-kehityshankkeen-julkinen-lausuntokierros-on-kaynnistynyt/>>. 13.4.2021. Luettu 12.3.2023.

RAVA3Pro. 2021. Verkkoaineisto. <<http://www.rava3pro.fi/>>. Luettu 12.3.2023.

Seppänen, Olli. 2004. Ilmastoinnin suunnittelu. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut Oy.

Solibrin tuotteet. Verkkoaineisto. Solibri Oy. <<https://www.solibri.com/fi/our-offering>>. Luettu 14.8.2023.

Some element meshes are not appearing in Power BI. 2023. Verkkoaineisto. Proving Ground. <<https://apps.provingground.io/docs/tracer-v1-0-documentation/troubleshooting/some-element-meshes-are-not-appearing-in-power-bi/>>. Päivitetty 31.5.2023. Luettu 14.8.2023.

Vehkalahti, Kimmo. 2014. Kyselytutkimuksen mittarit ja menetelmät. Helsinki: Finn Lectura.

Vesikiertoinen patterilämmitys. 2002. LVI 12-10343. Rakennustieto Oy.

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Esittely. 2012. RT 10-11080. Rakennustieto Oy.

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 1 Yleinen osuus. 2012. RT 10-11066. Rakennustieto Oy.

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 4 Talotekninen suunnittelu. 2012. RT 10-11069. Rakennustieto Oy.

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 6 Laadunvarmistus. 2012. RT 10-11071. Rakennustieto Oy.

Ympäristöministeriön asetus kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistoista. 2007. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D1, liite 2. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista. 2017. 1047/2017. Helsinki: Ympäristöministeriö.

YTV2020 Talotekniikan ja rakennesuunnittelun nimistöjen koekäyttöä jatketaan keväälle 2022. 2022. Verkkoaineisto. KIRAhub. <<https://kirahub.org/ytv2020-talotekniikan-ja-rakennesuunnittelun-nimistojen-koekaytto-jatketaan-kevaalle-2022/>>. 20.1.2022. Luettu 12.3.2023.

Kyselylomake

Kyselytutkimus laadunvarmistuksen kehittämisestä ja visuaalisesta laadunvarmistuksesta EMO

Kyselytutkimus tehdään osana opinnäytetyötä Granlund Oy:lle ja Metropolia Ammattikorkeakoululle. Tutkimuksella halutaan kartoittaa Granlundin LVI-suunnittelijoiden näkemyksiä laadunvarmistuksesta.

Kyselyyn vastaaminen vie noin 10-15 minuuttia. Kyselyssä ei kerätä henkilötietoja ja kaikki vastaukset tallennetaan nimettöminä.

Opinnäytetyön aiheena on luoda työkalu Microsoft Power BI:hin helpottamaan suunnittelijoiden, projektipäälliköiden ja laadunvarmistajien työtä ja tukea Granlundin laatujärjestelmän mukaista laadunvarmistusta. Työkaluun on tarkoitus luoda visuaalisia tarkastusnäkyymiä, jotka korostavat tietomallin

ongelmia talotekniikan kannalta vakioidun tarkastussäännösten mukaan. Vastaamalla tähän kyselyyn pääset vaikuttamaan siihen, millaisia näkymiä työkaluun luodaan.

1. Oletko tutustunut suunnittelun laadunvarmistus -osioon Granet:ssa viimeisen 12 kuukauden aikana?

☐ Kyllä

☐ En

2. Oletko käyttänyt Granlundin esimerkkiprojektin tai LVI-suunnittelun tarkastuslistoja apunasi tehdessäsi laadunvarmistusta viimeisen 12 kuukauden aikana?

☐ Kyllä

☐ En

3. Millaisia visuaalisia näkymiä haluaisit liittyen putkistojen tarkastamiseen?

Voit valita useamman vaihtoehdon.

- ☐ Virtausnopeus putkistossa (m/s)
- ☐ Painehäviö putkistossa (Pa/m)
- ☐ Painehäviö linjasäätöventtiileillä (kPa)
- ☐ Painehäviö patteriventtiileillä (kPa)
- ☐ Muu

4. Millaisia visuaalisia näkymiä haluaisit liittyen ilmanvaihdon tarkastamiseen?

Voit valita useamman vaihtoehdon.

- ☐ Virtausnopeus kanavistossa (m/s)
- ☐ Painehäviö kanavistossa (Pa/m)
- ☐ Painehäviö säätöpelteillä (Pa)
- ☐ Painehäviö palopelteillä (Pa)
- ☐ Painehäviö äänenvaimentimilla (Pa)
- ☐ Äänitaso päätelaitteilla (dBA)
- ☐ Muu

5. Mitä muita laadunvarmistuksen kannalta tärkeitä asioita haluaisit visualisoidavan?

6. Haluaisitko työkalun yhteyteen raporttipohjan mihin kirjataan tarkastetut asiat, ongelmat ja korjaustoimenpiteet?

☐ Kyllä

☐ En

7. Koetko, että tällaisesta työkalusta olisi hyötyä tulevaisuudessa vakioitujen IFC-mallien ja LVI-suunnittelun laadunvarmistuksen kannalta omassa työssäsi?

☐ Kyllä

☐ En

8. Vapaa teksti

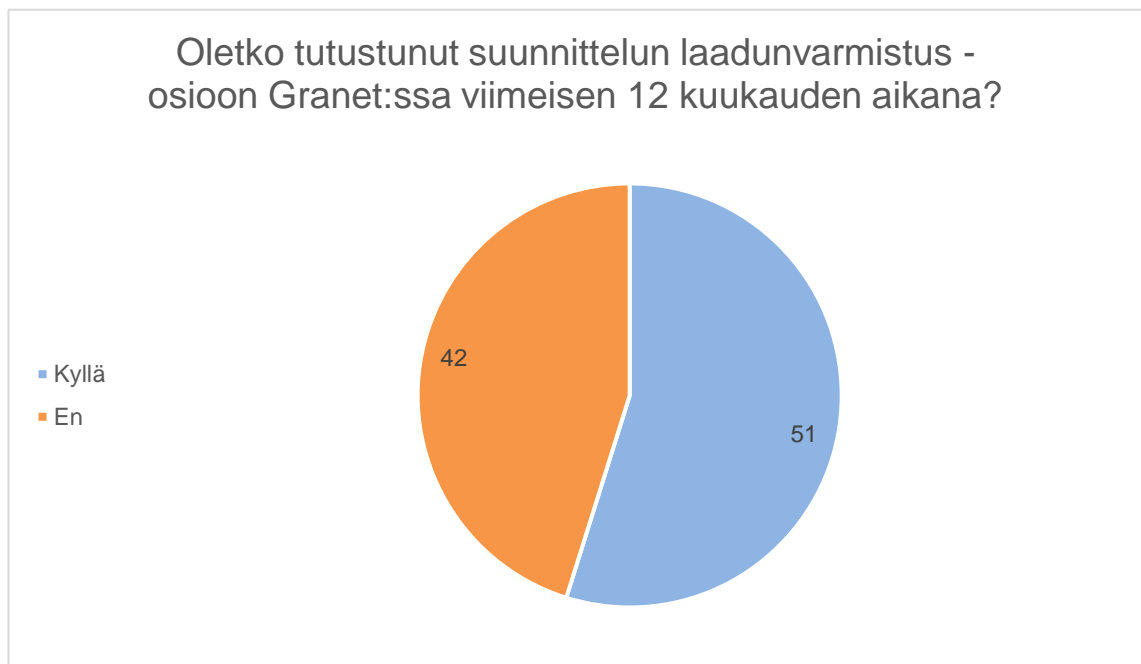
Tämä ei ole Microsoftin luomaa tai suosittelemaa sisältöä. Lähettämäsi tiedot lähetetään lomakkeen omistajalle.



Microsoft Forms

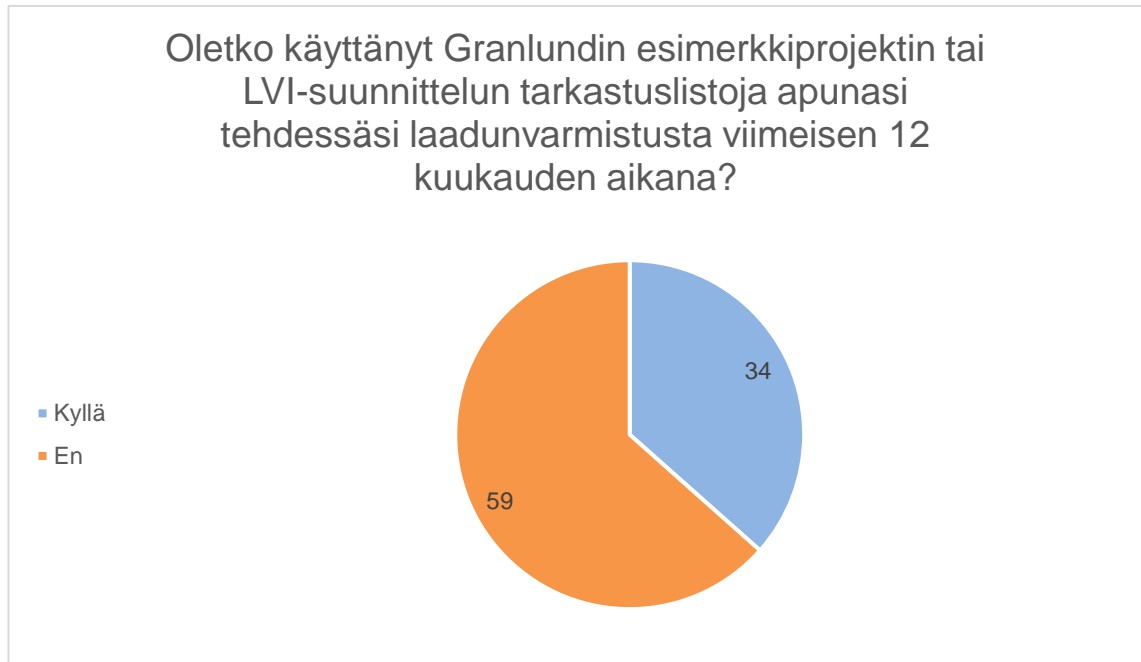
Kyselytutkimuksen yhteenveto

1. Oletko tutustunut suunnittelun laadunvarmistus -osioon Granet:ssa viimeisen 12 kuukauden aikana? Vastauksia 93.

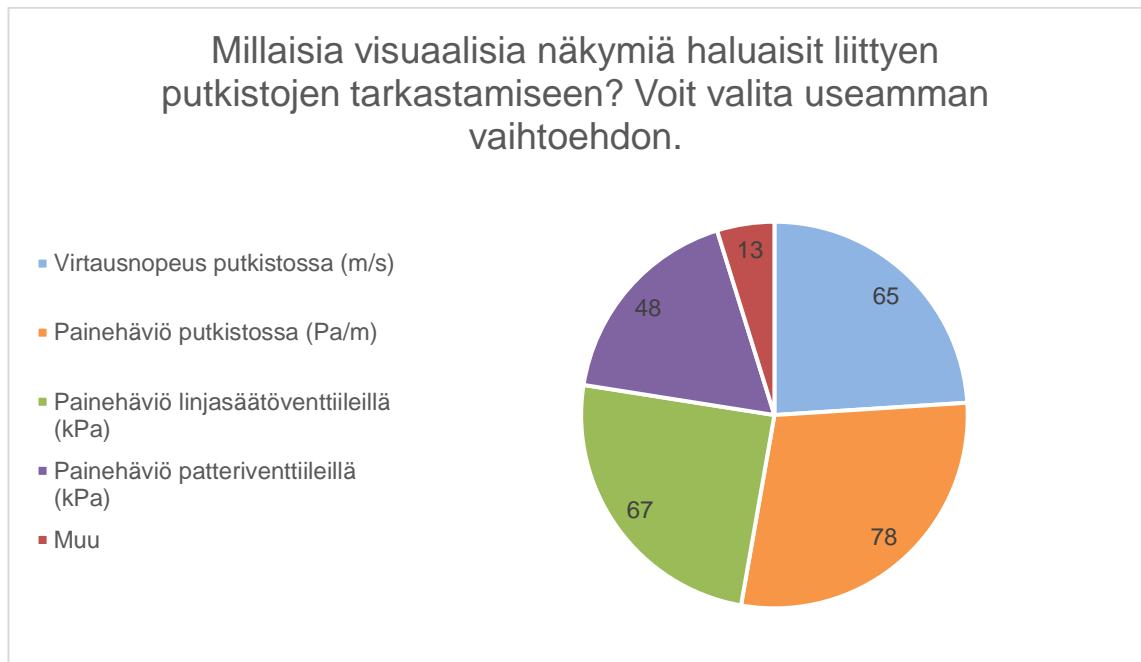


2. Oletko käyttänyt Granlundin esimerkkiprojektin tai LVI-suunnittelun tarkastuslistoja apunasi tehdessäsi laadunvarmistusta viimeisen 12 kuukauden aikana?

Vastauksia 93.



3. Millaisia visuaalisia näkymiä haluaisit liittyen putkistojen tarkastamiseen? Voit valita useamman vaihtoehdon. Vastauksia 93.



Muu -vaihtoehdon vastaukset:

- 1) Verkostojen kokonais painehäviöt > laitevalinta/laitemitoitus
- 2) Linjasäätö- ja patteriventtiileihin indikaatio onko arvo kyseisen venttiilin säätöalueella
- 3) Putkidimension, malli/valmistaja
- 4) putkimateriaali
- 5) Eri putkimateriaalit
- 6) normivirtaamien summa
- 7) vaikein reitti

8) virtaama vesikalusteella

9) Ohjeelliset m/s ja Pa/m raja- arvot (ei tietenkään työmaa- tulosteissa mukana)

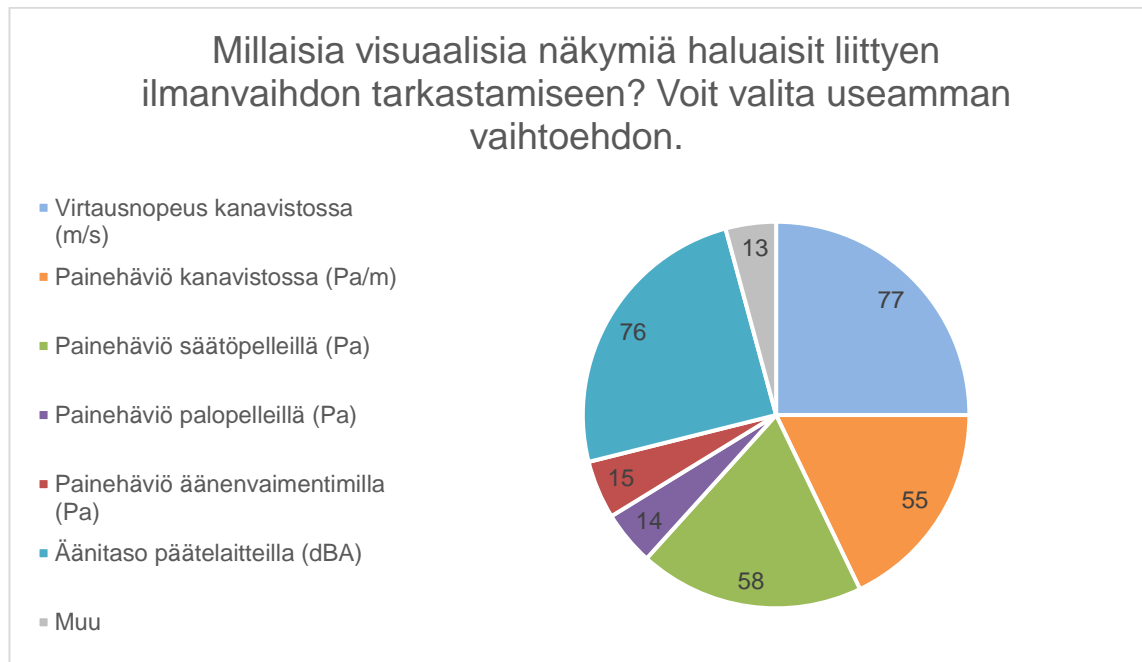
10) Säättöarvo asettuu käyrästölle

11) venttiilien esisäättöarvot, tai pikemminkin sen miten toimintapiste osuu säättöalueelle. miten haarat ovat keskenään vertailtavissa, LJ-verkoissa "kerrossäätöventtiilin" jälkeinen verkosto olisi syytä olla samanlainen riippumatta missä haarassa ollaan.

12) KV/LV normivirtaamien summa, LVK virtaama. Lä/Jä Virtaamat

13) Positiot: Designer vs. tasopiirustukset

4. Millaisia visuaalisia näkymiä haluaisit liittyen ilmanvaihdon tarkastamiseen?
Voit valita useamman vaihtoehdon. Vastauksia 93.



Muu -vaihtoehdon vastaukset:

- 1) Verkostojen kokonaispainehäviöt > SFP-luku
- 2) Säätöpelleille indikaatio onko arvo kyseisen pellin säätöalueella, painehäviö päätelaitteella, ilmamäärä päätelaitteella, ilmamäärä IMS-laitteella
- 3) Vaikeimman kanavareitin (suurin painehäviö) näyttö per kone, vaikeimman ääniteknisen reitin näyttö per kone
- 4) Staattinen painen SP:n jälkeen, useamman päätelaitteiden tuottama ääni tilaan
- 5) kanavamateriaali esim. rasvapoistolle s=1,25
- 6) Järjestelmien painetasot

7) Kanavamateriaalit

8) vaikein reitti

9) kanaviston tai rungon kokonaispainehäviö

10) Painehäviö päätelaitteilla

11) Säättöarvo asettuu käyrästölle

12) säätevien laitteiden toimintapisteen osuminen säättöalueelle. ims ja muilla vastaavilla laitteilla tulisi näkyä myös miten toimintapiste joukko toimii säättöalueessa ja koska tarkkuus "karkaa"

13) Positiot: Designer vs. tasopiirustukset vs iv-kaaviot

5. Mitä muita laadunvarmistuksen kannalta tärkeitä asioita haluaisit visualisoida?
Vastauksia 20.

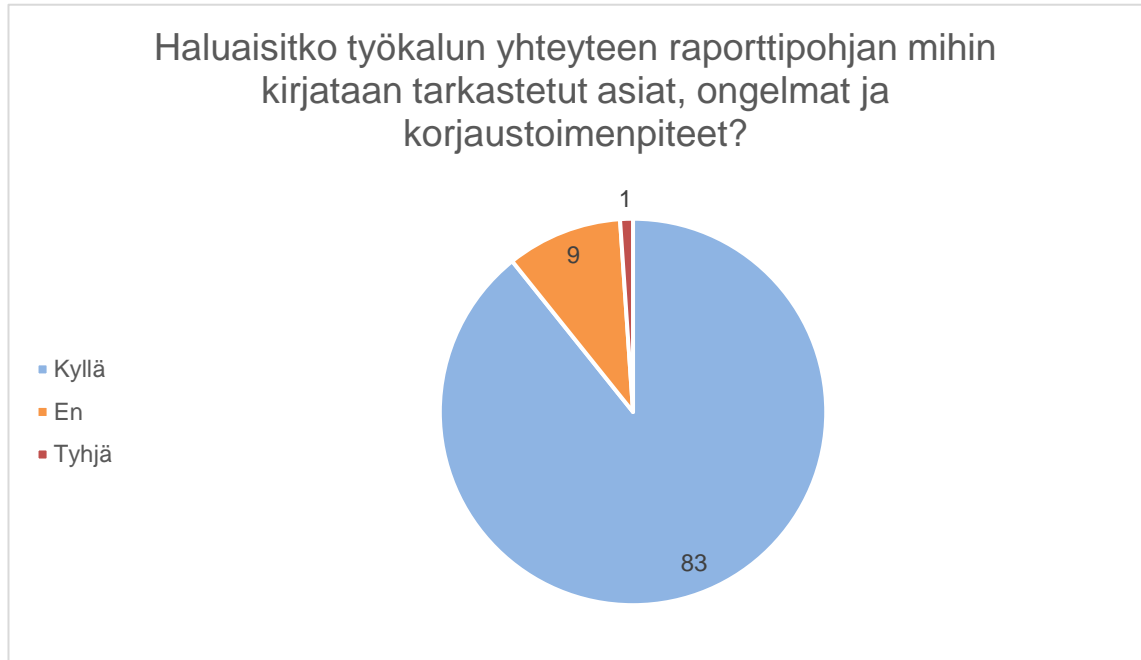
- 1) Tietoja lämpimän käyttöveden mitoitukseen liittyen (esim. syötetyt tehot nodeihin), vesikalusteiden virtaamien prosentit, lämmitys/jäähdytyspaneelleille syötetty teho
- 2) Keino, jolla pystyisi vertaamaan mallissa olevia esim. iv-patteritehoja ja designeriin syötettyjä arvoja. Arvot syötetään erikseen designeriin ja malliin ja aina on olemassa riski, että tässä tapahtuu virhe. Vielä todennäköisempiä virheet ovat, kun jokin teho muuttuu ja se päivitetään vain jompaan kumpaan, joko designer-laiteluetteloon tai malliin.
- 3) Heittopituudet pääte-elimistä (suunnitelluilla arvoilla Tsp / Th)
- 4) Tietomallin tietosisällön virheet ja poikkeamat, mahdolliset laitetunnusten poikkeamat/ristiriitaisuudet/päällekkäisyydet, näkymä joka paljastaisi määritettyihin materiaaleihin (putkimateriaali, eristeet) liittyvät poikkeamat. Muutenkin näkymien pitäisi liittyä paljon poikkeamien tunnistamiseen. Tasapainotukseen liittyvät ongelmat/laitteet jotka menevät tasapainotuksessa säätöalueen ulkopuolelle.
- 5) Tietomallipohjaisten reikävarausten hyväksyntä-status. Eri laitetyypit (Esim. palopellit, päätelaitteet). Alakattojen yhteensovitus ml. huoltokohteet, vertailu ARK-pohjiin.
- 6) Yhteensovitukseen ja törmäystarkasteluun.
- 7) verkostojen avoimet päät. jollain lailla viemäreiden kaadot / vastakaadot.
- 8) Kanavien risteilyt, risteilyjen tilantarve

- 9) Käyttövesiverkoston painetaso.
- 10) Törmäystarkastelu, nodet (tehot, virtaamat esim. iv-pattereille), jonkun yksittäisen osan suuri kokonaispainehäviö, säätö- ym. venttiilien osuminen säätöalueelle
- 11) Lämmitys- ja jäähdytyslaitteiden tehot. Ehkä KVV-mitoitusvirtaamat.
- 12) Ylipäätään laadunvarmistus tarkastuslistoihin visuaalisemmin mitkä kohdat itse on jo valinnut mitkä on tarkastettu. samaan kohtaan voisi olla tekstilohko johon pääsisi suoraan kirjoittamaan tai lisäämään kuvakaappauksia suunnitelmissa missä on ollut poikkeuksia
- 13) Positioinnista (IMS, palopelti, säätöventtiilit yms) laadunvarmistus, RAU+LVI-suunnittelu.
- 14) Aika kattava valikoima kohdissa 2 ja 3, isot (yli 50 mm) yhteentörmäykset?
- 15) Tekstit ei sijoiteta seinien päälle. Tekstit putkille järjestyksessä oikein, esim. putkien ollessa päällekkäin, ylin putki tekstissä ensin ja vierekkäin vasemmalta oikealle.
- 16) Suojaetäisyysjerjat
- 17) Risteily, ja missä vaiheessa mikäkin alue on, saisiko esim värejä?
- 18) Niinkin yksikertainen asia pitäisi saada kuntoon kuin positio. Nyt saattaa olla kolme eri positiota samalla laitteella. Yksi designerissa, toinen IV-Kaaviossa ja kolmas vielä tasopiitustuksessa. Tähän jokin työkalu joka vaikka vertaa desingner tietoa tasosta saatavaan bill os materials listaan. Tähän vielä automaatti vertailu muille suunnittelualoille RAI / SÄH

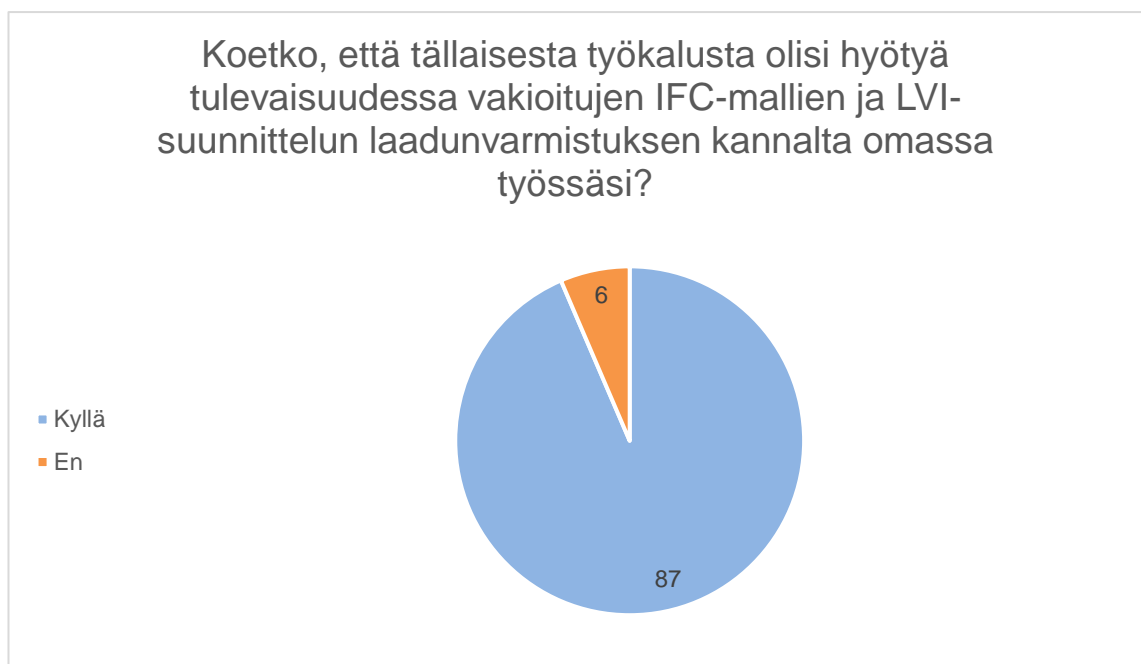
19) Putkikuilut/ iv-kuilut ja luukut niihin. LVI-laitteen huoltopuoli (miten pystyy tuomaan esiin?)

20) Riittävästi mittatekstejä näkyviin.

6. Haluaisitko työkalun yhteyteen raporttipohjan mihin kirjataan tarkastetut asiat, ongelmat ja korjaustoimenpiteet? Vastauksia 93.



7. Koetko, että tällaisesta työkalusta olisi hyötyä tulevaisuudessa vakioitujen IFC-mallien ja LVI-suunnittelun laadunvarmistuksen kannalta omassa työssäsi? Vastauksia 93.



8. Vapaa teksti. Vastauksia 14.

- 1) Hieno aihe tutkittavaksi ja näen, että lopputuloksena voi syntyä hyödyllinen työkalu Granlundille!
- 2) Laadunvarmistus on laaja käsite. Jos kyseessä on tietomallin laadunvarmistus, voisi kuvaava otsikko olla: "Tietomallin visuaalinen laadunvarmistus".
- 3) Raporttipohjien sijaan hyödyllisempää on tasokuvaan korjausten merkkäminen. Pdf-tulosteiden teko näistä visualisoinneista ja niihin kommentointi paras dokumentaatio.
- 4) Käsittääkseni putkistojen ja kanavien osalta nämä tarkistukset on jo nykyisellään mahdollista tehdä. Jos työkalu helpottaa tarkistusta niin se olisi hyvä juttu. Tarkistuksessa haluan nähdä kaikkien kohtien arvot, en vain raja-arvot ylittäviä kohtia. Arvot lukuina, ei väreinä.
- 5) Laadunvarmistus on tärkeä työvaihe, virheiden minimoimisen lisäksi sillä ylläpidetään asiakkuuksia ja hankitaan uusia
- 6) Kohta 3. Millaisia visuaalisia näkymiä haluaisit liittyen putkistojen tarkastamiseen? - Käyttövesipuolella olisi hyvä olla virtausnopeus, mutta lämmitys ja jäähdytysjärjestelmissä enemmän painehäviö.
- 7) Ylipäättään laadunvarmistuksen automatisointia kannattaa edistää. Aina-kin törmäystarkasteluun kaipaisin helppoa ja nopeaa työkalua, vaikka esim. Naviksessa sellainen jo on.
- 8) Eipä muuta

- 9) Hyvä ja tärkeä aihe, on ollut aika lailla paitsiossa kehityksen suhteen.
Toivottavasti saadaan hyvä työkalu tähän.
- 10) Laadunvarmistus on hyvä tapahtua pfd-kuviin merkkäämällä ja sen jälkeen suunnittelijan kanssa kommittien läpikäynti ja korjaukset suunnitelmiin.
- 11) Laadunvarmistuksessa olisi hyvä nimetä eri osa-alueiden osaavat henkilöt. Esim IV- suunnitelmissa äänitekniset asiat osaa hyvin "suunnittelija nönnönnöö" ja putkiasennusdetaljit tulkitsee hyvin "suunnittelija entinen-asentaja"
- 12) Suurin ongelma on, ettei aikaa laadunvarmistukseen ole. tiedossa on kyllä, että meillä on kaikenlaisia taulukoita jne.
- 13) koko laadunvarmistus prosessia olisi myös syytä tarkastella siitä näkökulmasta että vaikka kaksi vuotta suunnittelun jälkeen tulee kysymys miksi tämä tehtiin näin. eli silloin täytyisi vielä löytyä aineisto ennen laadunvarmistusta, pitäisi löytyä laadunvarmistajan huomiot, pitäisi löytyä suunnittelun vastaus laadunvarmistukseen ja pitäisi löytyä tieto näin muutettiin ja jos ei muutettu niin perustelu miksi ei muutettu. ja sitten samat setit myös tilaajan tarkastuksesta.
- 14) En ihan täysin ymmärrä, mitä visualisointi laadunvarmistuksessa tarkoittaa tai mitä se voisi olla. Microsoft powerBI ei ole tuttu ohjelma. Vaikea ehdottaa siksi mitään. Kommentti kohtaan 5, Miten erotellaan tietomallin tarkastusraportit tms. ja visuaalinen laadunvarmistus. Kohta 3 ja 4; jos näitä visualisoidaan ja tuodaan esiin tietomallista, niin ne pitäisi tuoda ulos kerroksittain, jotta ne ovat helposti löydettävissä..