



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Kalok Lam

# Punakynäpiirustukset mallinnuskoh- teessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

2.4.2019

Tekijä Otsikko	Kalok Lam Punakynäpiirustukset mallinnuskohteessa
Sivumäärä Aika	37 sivua + 3 liitettä 2.4.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	lehtori Aamos Lemström kehityspäällikkö/BIM-asiantuntija Jouni Hurskainen
<p>Tietomallintaminen yleistyy rakennusalalla jatkuvasti. Tietomallien laatua ohjaa Yleiset tietomallivaatimukset eli YTV2012. Jotta tulevaisuudessa suunnittelun sekä rakentamisen laatua voidaan ylläpitää ja parantaa, on tässä vaiheessa laadittava yhteiset pelisäännöt punakynäsarjojen tekoon. Tässä insinööriyössä otan selvää, miten punakynäsarjojen kanssa on nykyään toimittu ja miten se vaikuttaa tietomallintamiseen.</p> <p>Punakynäpiirustuksista on mainittu lyhyesti tietomallivaatimuksissa, mutta tarkkoja laadintaohjeita ei ole. Tämän insinööriyön tarkoituksena on laajentaa ja lisätä ohjeistusta punakynäkuvien laadinnasta. Vastuu punakynäpiirustusten laatimisesta on hankkeen TATE-urakoitsijoilla. Tietomallivaatimuksien päivitystarveselvitys on aloitettu vuonna 2019 uuden ohjeistuksen laatimiseksi. Tämän insinööriyön aihe on myös tästä syystä ajankohtainen.</p> <p>Tämän insinööriyön ohella syntyi ohjeistus parempaan työskentelyyn punakynäsarjojen kanssa. Ohjeistuksessa on listattu asioita, joita tulee huomioida punakynien laatimisessa.</p>	
Avainsanat	BIM, punakynäsarjat

Author Title	Kalok Lam As-built Drawings in BIM Projects
Number of Pages Date	37 pages + 3 appendices 2 April 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Design
Instructors	Aamos Lemström, Senior Lecturer Jouni Hurskainen, Development Manager/BIM-expert
<p>In this final year project the purpose was study the current methods of making as-built drawings and their effect on the Building Information Model of a construction project. The goal was to establish a way that would ensure high quality as-built drawings.</p> <p>The data used in this final year project was collected with two methods, by inspecting existing as-built drawings and by conducting interviews. All interviewees were experts in the field and had worked with as-built drawings.</p> <p>The collected data showed a great variance in the methods used for making as-built drawings. The interviews proved that there is a lot of room for improvement in the methods of creating as-built drawings. Several factors that affect the quality of the process followed to make as-built drawings.</p> <p>The final year project resulted in a set of instructions for making as-built drawings which can standardize the final product.</p>	
Keywords	BIM, as-built drawing

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tutkimusmenetelmät	2
1.2	Työn rajaukset	2
1.3	Sweco Talotekniikka Oy	2
2	Taustaa	3
2.1	Punakynäsarjat	3
2.2	Tietomallintaminen	6
2.2.1	YTV2012	8
2.2.2	TATE-suunnittelun vaiheet	9
2.3	Tarkasteluohjelmat	9
2.3.1	Tekla BIMsight	10
2.3.2	Solibri Model Checker	11
2.3.3	Navisworks Simulate	12
3	Tutkimus	13
3.1	Työmaalta saadut punakynäsarjat	14
3.1.1	Esimerkkitapaus 1	18
3.1.2	Esimerkkitapaus 2	22
3.1.3	Esimerkkitapaus 3	25
3.1.4	Yhteenveto	27
3.2	Teemahaastattelu	28
3.2.1	Henkilöesittelyt	29
3.2.2	Haastatteluaineiston analysointi	30
3.2.3	Yhteenveto	32
3.3	Nykyiset ohjeistukset ja menetelmät	33
4	Ehdotukset parempaan työskentelyyn	34
4.1	Ohje punakynäsarjojen tekoon jatkossa	34
4.2	LVI-suunnittelijan sekä urakoitsijan yhteistyö	34
5	Yhteenveto	36

Liitteet

Liite 1. Suostumuslomake haastatteluun

Liite 2. Aiheet teemahaastatteluun

Liite 3. Ohjeistus punakynäsarjojen kanssa työskentelystä

## Lyhenteet

2D 2-dimensional, sisältää kaksi ulottuvuutta

3D 3-dimensional, kolmiulotteinen

BIM Building Information Model, tietomalli

IFC Industry Foundation Classes, tiedostomuoto

LVI Lämpö, vesi ja ilma

PDF Portable Document Format, tiedostomuoto

TATE Talotekniikka

toteumamalli

Valmis tietomalli eli lopullinen versio kaikkine rakennusvaiheissa tulleine muutoksineen

yhdistelmämalli

Yhdistelmämallissa kaikki rakennuksen eri suunnittelualojen mallit on yhdistetty yhdeksi tiedostoksi

YTV2012 Yleiset tietomallivaatimukset 2012

## 1 Johdanto

Tämän insinööriyön tarkoitus on tutkia nykyisten punakynäsarjojen käyttöä LVI-suunnittelutoimistolla ja niiden merkitystä tietomallintamisessa. Valitsin tämän opinnäytetyön aiheekseni, sillä se on kiinnostava ja myös hyvin ajankohtainen, koska tietomallintaminen yleistyy nykypäivänä nopeaa vauhtia ja on olennainen osa suunnittelutyön onnistumisessa. Tietomallivaatimuksista löytyy suppea ohjeistus punakynäsarjoista, mutta muuten alan lähteistä, kuten RT- tai LVI-kortistoista, ei löydy mitään kattavampaa tietoa niistä.

Nykyään LVI-suunnittelutoimistot pystyvät mallintamaan 3D-mallisia suunnitelmia esimerkiksi arkkitehdin tai rakennesuunnittelijan kanssa. Eri toimistot voivat vaihdella mallejaan ja käyttää niitä eri tarkasteluohjelmissa. Näin syntyvien yhdistelmämallien ansiosta suunnitelmat ovat tarkkoja ja täsmällisiä, mikä esimerkiksi helpottaa työmaalla työskentelyä ja auttaa minimoimaan mahdollisia riskejä. Työssäni pyrin löytämään punakynäsarjojen hyviä ja huonoja puolia ja tuomaan esille mahdollisia ongelmia. Tavoitteena on laatia ohje tai ehdotus ohjeesta.

Opinnäytetyöni rakentuu ensin pohjustuksesta aiheeseen, mitä punakynäsarjat ja tietomallintaminen ovat ja minkä ohjelmien parissa suunnittelijat työskentelevät LVI-suunnittelutoimistoissa. Koska tarkoitus on selvittää mahdollisimman laajasti punakynäsarjojen käyttöä ja merkitystä sekä niiden ongelmia, valitsin yhdeksi tutkimusmenetelmäksi teemahaastattelun. Koin sen olevan paras ja kattavin haastattelumenetelmä tutkia valitsemaani aihepiiriä. Asiantuntijoilta saatavat kommentit avaavat aihetta enemmän. Toisena menetelmänä käytän vanhoja punakynäsarjoja ja niiden analysointia. Kerron enemmän näistä menetelmistä, koostan haastatteluiden tulokset kasaan ja käyn ne läpi. Lopuksi teen yhteenvedon koko lopputyöstä ja arvioin omaa työtäni.

Työmaalle toimitetut LVI-suunnitelmat eivät aina toteudu suunnitelmien mukaisesti. Työmaalla tapahtuu aina muutoksia. Sen takia on olemassa punakynäsarjoja, joiden avulla LVI-suunnittelijat pystyvät päivittämään omat suunnitelmansa ajan tasalle, jotta lopulliset suunnitelmat vastaavat toteutettua rakennelmaa.

## 1.1 Työn tutkimusmenetelmät

Tässä työssä tutkin työmaalta saatuja punakynäsarjoja. Tutkin ja analysoin niiden sisältöä ja merkintöjä. Sen lisäksi haastattelen Sweco Talotekniikka Oy:n asiantuntijoita, jotka työskentelevät punakynäpiirustusten kanssa ja selvitän, miten piirustusten kanssa toimitaan nykyään. Lopuksi sovellan tuloksia tähän insinööriyöhön.

## 1.2 Työn rajaukset

Tämä insinööriyö rajoittuu tietomallinnuskohteiden punakynäsarjoihin ja siellä olevaan LVI-tekniikkaan sekä LVI-suunnitteluun.

## 1.3 Sweco Talotekniikka Oy

Tämän insinööriyön on tilannut Sweco Talotekniikka Oy. Sweco AB (logo, kuva 1) on ruotsalainen yritys, jonka toimialaan kuuluvat konsultointipalvelut rakennetekniikan, arkkitehtuurin, talotekniikan, teollisuuden sekä ympäristö- ja yhdyskuntatekniikan aloilta. Yritys on perustettu vuonna 1889 eli se on 130 vuotta vanha yritys. Suomessa yritys on toiminut nimellä Sweco Finland Oy vuodesta 1919 lähtien. Sweco AB on Ruotsin pörssiin julkisesti listattu osakeyhtiö. Konsernissa työskentelee yhteensä noin 15 000 työntekijää, Suomessa noin 2 000 työntekijää. Swecon toiminta on laajaa ja kansainvälistä, ja yritys toteuttaa vuosittain projekteja yli 70 maassa. (1)



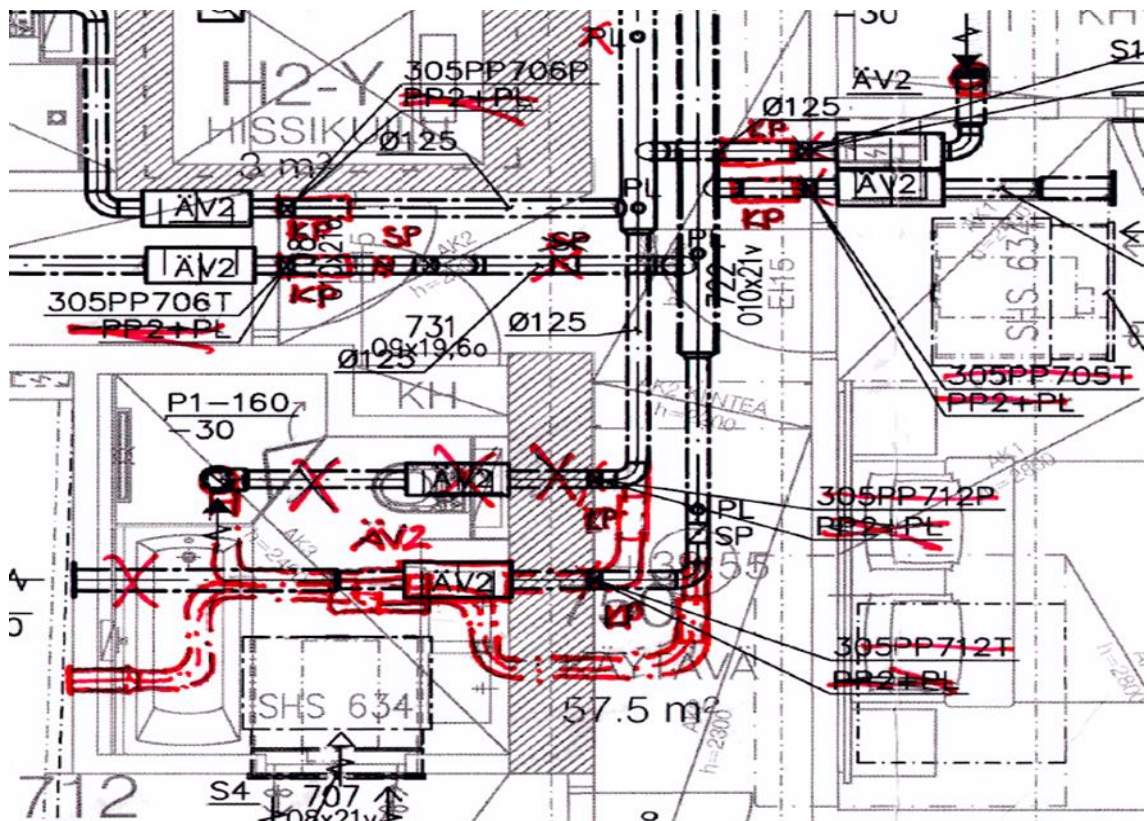
Kuva 1. SWECO-logo (1).

## 2 Taustaa

### 2.1 Punakynäsarjat

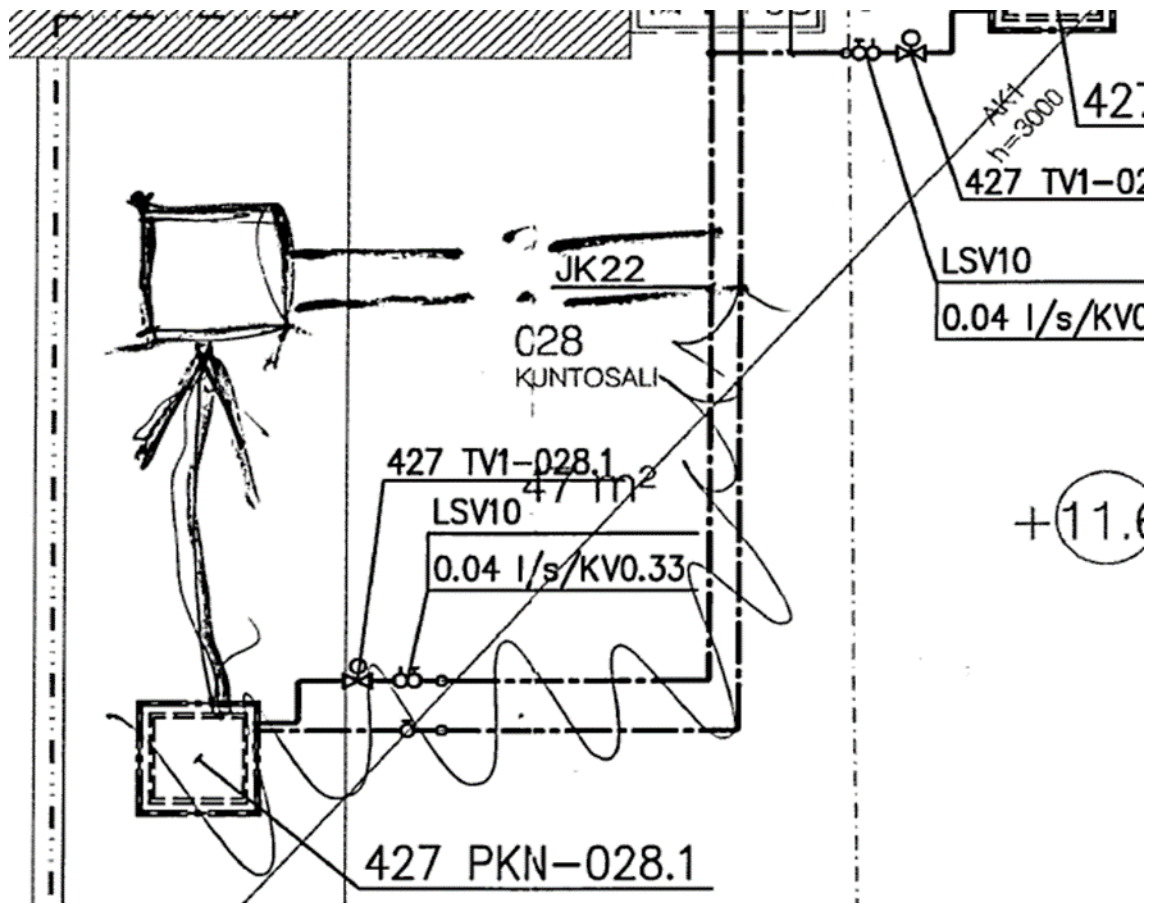
Punakynäpiirustukset ovat työmaalta saatuja LVI-suunnitelmia, jotka LVI-suunnittelutoimisto saa joko paperisena tai sähköisenä (PDF) muutosmerkintöineen. Projektista riippuen nämä laaditaan joko projektin loppuvaiheessa tai koko projektin ajan työmaalla työskentelevien urakoitsijoiden ja asentajien toimesta. Vastuu punakynäsarjojen laatimisesta on yleensä pääurakoitsijalla. Piirustukset sisältävät erilaisia merkintöjä, joita työmaalla on tehty. Merkinnät ovat laadittujen suunnitelmien muutoksia, esimerkiksi ilmanvaihtokanavien äänenvaimentimien tai säätöpeltien sijainnin tai viemärireitin muutos. LVI-suunnittelijat päivittävät näiden merkintöjen perusteella muutokset loppukuviin, jotta suunnitelmat olisivat ajan tasalla. (11)

Esimerkkejä punakynäkuvista



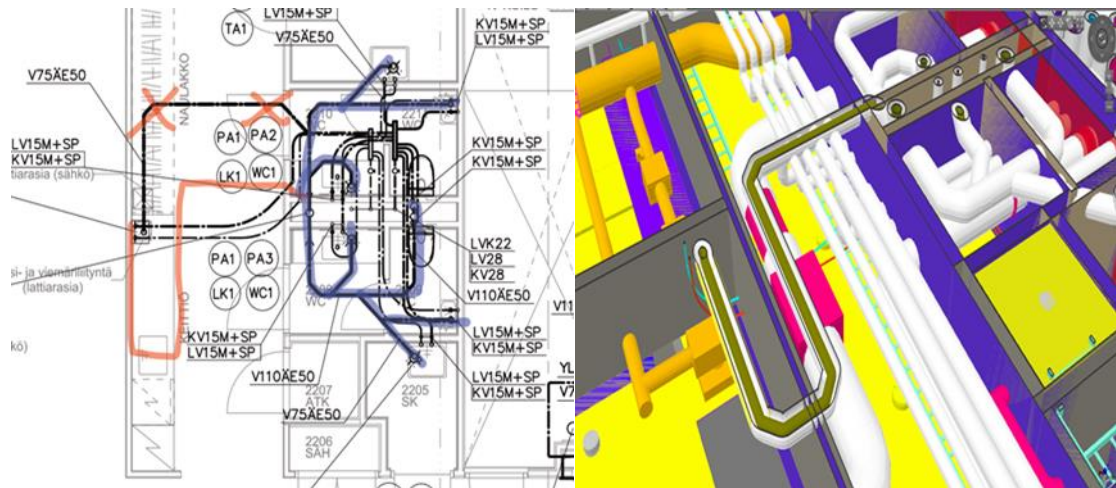
Kuva 2. Punakynäkuva ilmanvaihtosuunnitelmasta (2).





Kuva 4. Punakynäkuva jäähdytys suunnitelmasta (2).

Kuvan 4 punakynäkuva on samanlainen kuin kuvat 2 ja 3. Tämäkin kuva on toimitettu työmaalta skannattuna LVI-suunnittelijalle. Merkinnoista selviää, että putket sekä päte-laite siirtyvät alkuperäisestä suunnitelmasta sijainnista toiseen nuolen osoittamaan kohtaan.

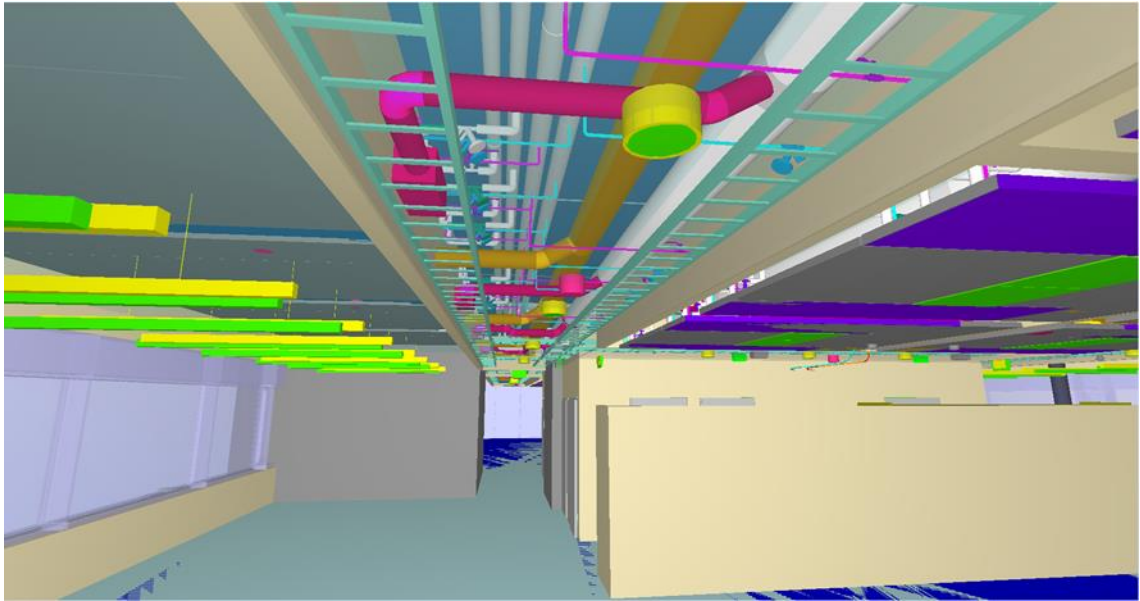


Kuva 5. Punakynä- ja yhdistelmämallikuva

Kuvassa 5 on esitetty punakynäkuva sekä siitä kohdasta tehty yhdistelmämallikuva. Suunnitelmista poikkeavat muutokset on merkitty punaisella värillä. Sininen väri tarkoittaa tässä tapauksessa ei-muutosta eli tekniikka on asennettu suunnitelman mukaisesti. Yhdistelmäkuvaista nähdään tilanne 3D:na, ja malli kuvaa päivitettyä tilannetta. LVI-suunnittelija on päivittänyt muutokset suunnitelmaan, jotka sitten vastaavat toteutettua rakennelmaa.

## 2.2 Tietomallintaminen

BIM (Building Information Model) tarkoittaa rakennuksen tietomallintamista. Se on digitaalinen työkalu, jolla luodaan todellisuutta vastaava virtuaalimalli. Virtuaalimalli sisältää rakennuksen geometrian sekä paljon informaatiota esimerkiksi LVI-järjestelmien mitoitus-tiedoista, rakennukseen käytetyistä materiaaleista tai tilojen käyttötarkoituksista. Tietomalli luo visuaalisen 3D-mallin, joka havainnollistaa rakennusta enemmän ja jota voi myös hyödyntää simuloinnissa. (3)



Kuva 6. Yhdistelmämallikuva, TATE-asennukset alakatossa (2).

Kuvassa 6 näkyy hyvin, miten talotekniikkaa on sovellettu tason alakattoon. Mahdollisia risteyksiä tai ristiriitaisuuksia voidaan tarkastella ja ennaltaehkäistä ennen rakentamisvaihetta.

Tietomallinnusta pystytään hyödyntämään paitsi suunnitteluvaiheessa myös toteutus-, käyttö- sekä ylläpitovaiheessa. Toteutusvaiheessa tietomallia voi tarkastella 3D-mallina, minkä ansiosta rakennuksen kokonaiskuva hahmottuu paremmin. Rakennuksen rakentamisvaiheen jälkeisessä vaiheessa eli ylläpitovaiheessa esimerkiksi rakennuksen huoltotoimenpiteet helpottuvat tietomallista saatavalla datalla. Tämän käytännön odotetaan yleistyvän tulevaisuudessa.

Tietomallinnuksen tavoite on tukea kiinteistöjen ja rakennusten turvallista, tehokasta, laadukasta ja ekologista prosessia elinkaaren alusta loppuun. Tietomallinnusta hyödynnetään jo rakennuksien suunnittelun alkuvaiheissa ja myös loppuvaiheissa kuten ylläpidon muodossa.

Tietomallinnus mahdollistaa suunnittelun kulkua myös näillä osa-alueilla:

- investointipäätökset
- havainnointi sekä analysointi
- laadun varmistaminen. (4)

### 2.2.1 YTV2012

YTV2012 eli Yleiset tietomallivaatimukset 2012 syntyi vuonna 2011 Rakennustietosäätiön aloittaman COBIM-hankkeen toimesta, jossa vanhoja Senaatti-kiinteistöjen vuonna 2007 julkaisemia tietomallivaatimuksia laajennettiin neljällä uudella osalla: rakentamisen ja kiinteistön ylläpito, projektin hallinta sekä energia-analyysi. Hankkeen tavoitteena oli yhtenäistää ja vakiinnuttaa rakentamisen toimintatapoja. Päivitetyillä tietomallivaatimuksilla haluttiin myös vaikuttaa kiinteistön käyttöön ja ylläpitoon eli tietomallia voidaan hyödyntää koko rakennuksen elinkaaren ajan.

Tässä hankkeessa on ollut mukana Suomen johtavimpia rakennusalan suunnittelutoimistoja, urakoitsijoita, kiinteistönomistajia ja Senaatti-kiinteistöt. (5) Tuloksena syntyi yhteensä 14 osaa ja 4 täydentävää liitettä:

- Osa 1 Yleinen osuus
- Osa 2 Lähtötilanteen mallinnus
- Osa 3 Arkkitehtuurinsuunnittelu
- Osa 4 Talotekninen suunnittelu
- Osa 5 Rakennesuunnittelu
- Osa 6 Laadunvarmistus
- Osa 7 Määrälaskenta
- Osa 8 Havainnollistaminen
- Osa 9 Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä
- Osa 10 Energia-analyysit
- Osa 11 Tietomallipohjaisen projektin johtaminen
- Osa 12 Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana
- Osa 13 Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa

- Osa 14 Tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvonnassa
- YTV2012 Täydentävä liite ARK Tilaajan ohje
- YTV2012 Täydentävä liite RAK Tilaajan ohje
- YTV2012 Täydentävä liite Talotekniikan määrälaskentaohje
- YTV2012 Täydentävä liite Talotekniikan mallinnusvaatimuksia. (6)

### 2.2.2 TATE-suunnittelun vaiheet

TATE-suunnittelu jakautuu kahteen erilliseen osa-alueeseen. Osa-alueet ovat ehdotus- ja yleissuunnittelu sekä toteutus suunnittelu. Ehdotus- ja yleissuunnittelun tavoite on tuottaa kattava määrä tietoja ARK- ja RAK-mallien luonnissa eli ne tukevat pääasiassa arkkitehti- ja rakennesuunnittelua. Tämä vaihe keskittyy talotekniikan järjestelmävalintoihin, tilanvarauksiin sekä palvelukaavioiden laadintaan. Näiden aikaansaamiseksi voidaan tehdä esimerkiksi energiasimulointeja. Tässä vaiheessa ei ole tarkoitus tuottaa koko rakennukselle kattavaa järjestelmämallia.

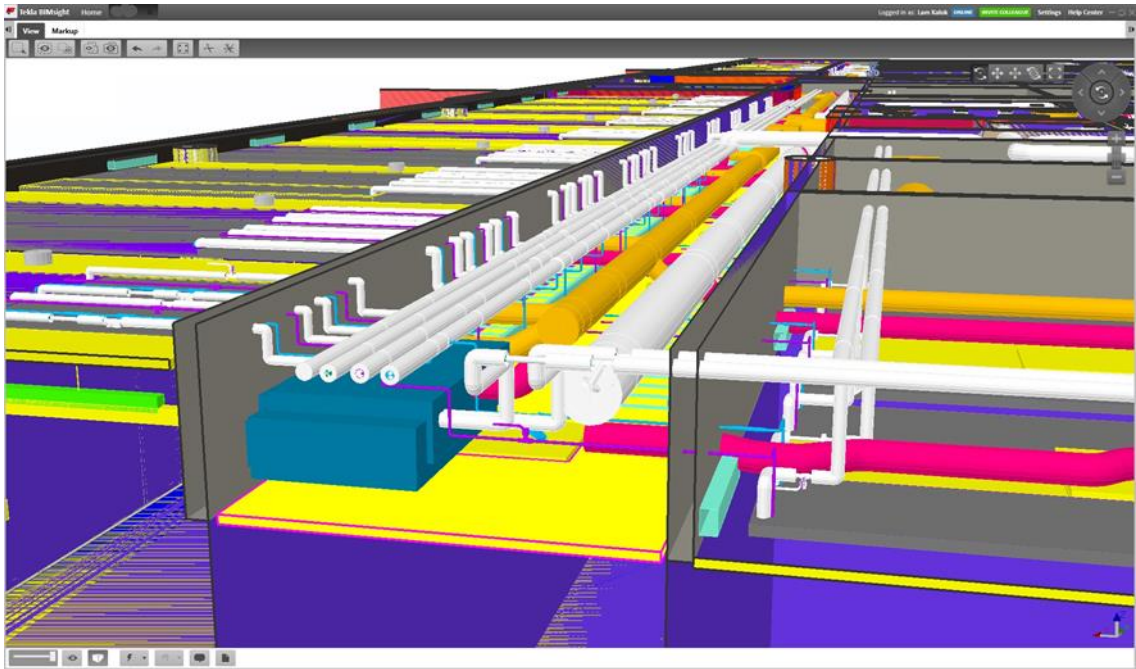
Ehdotussuunnitteluvaiheessa toteutetaan erilaisia vaihtoehtoja TATE-suunnittelun tehtävälueen mukaisesti. YTV2012 ei vaadi tässä vaiheessa kaikkiin ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheessa syntyviin toteutuksiin tietomallinnusta vaan toteutusta voidaan tehdä 2D-suunnitteluna. Tietomallinnusta vaaditaan esimerkiksi mallihuoneiden teknisten tilojen sekä runkoputkireittien osalta. Vaatimukset löytyvät taulukoituna liitteinä YTV2012:sta osasta 4. Tietomallinnuksen laajuudesta sovitaan yleisesti jo suunnittelutarjouspyynnössä. Toteutus suunnittelussa toteutetaan koko rakennuksen kattava malli eli järjestelmämallit sekä yhdistelmämalli. (4)

### 2.3 Tarkasteluohjelmat

Tietomallintamisessa käytettävää IFC-tiedostoa pystytään tarkastelemaan erilaisilla alan tarkasteluohjelmilla. Yleisesti alalla käytettyjä tarkasteluohjelmia ovat esimerkiksi Solibri Model Checker, Tekla BIMsight tai Navisworks Simulate. Tarkasteluohjelmassa voidaan yhdistää eri alojen suunnittelijoiden IFC-mallit yhdeksi kokonaisuudeksi, josta rakennusta tai suunnitelmia voidaan tarkastella vielä tarkemmin kuin 2D-piirustuksista. Ohjelmistoissa pääosin käytettävä IFC-versio on IFC 2x3.

### 2.3.1 Tekla BIMsight

Tekla BIMsight on ilmainen katselu- ja tarkasteluohjelma. Ohjelmalla voidaan tarkastella malleja, jotka koostuvat mm. IFC- ja IFCZIP-tiedostoista ja ohjelman luomia tbp-tiedostoja. Sillä voidaan tarkastella yksittäistä mallia tai yhdistää useita malleja yhdeksi malliksi, yhdistelmämalliksi.



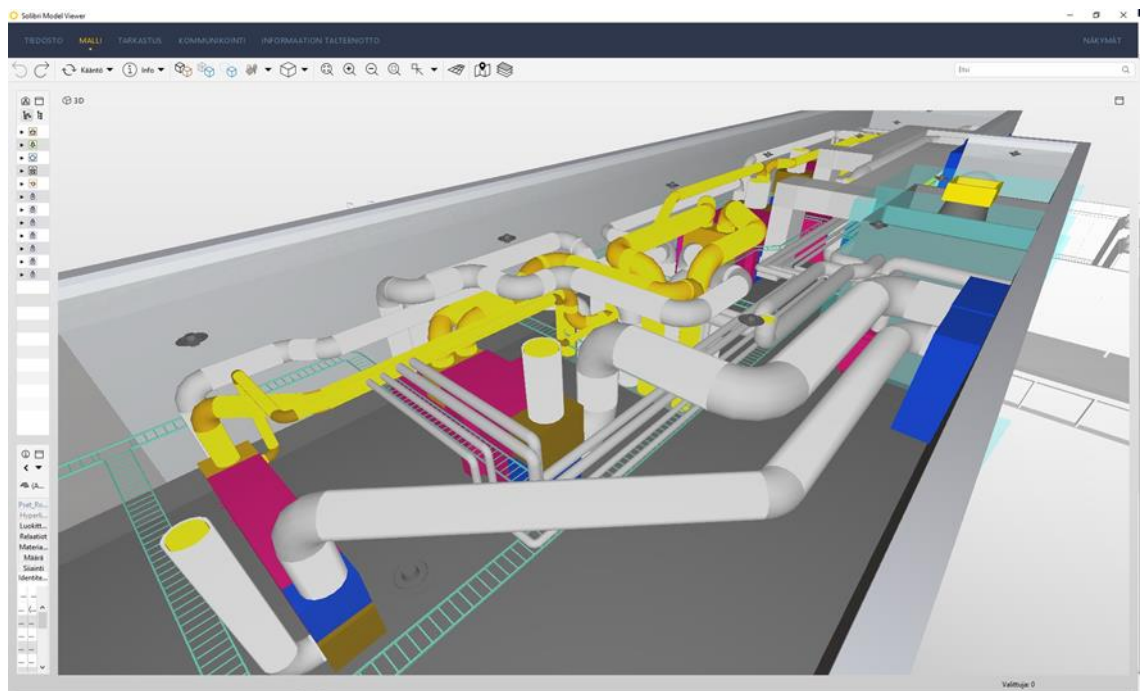
Kuva 7. TATE-asennuksien tarkastelu alakatossa Tekla BIMsight -ohjelmalla (2).

Ohjelmassa on törmäystarkastelutoiminto, jolla nimensä mukaan voi tehdä mallissa törmäystarkasteluita. Esille tulevat huomiot tarkastelutoiminnassa voi kerätä yhteen ja laittaa kommentteineen eteenpäin sähköpostitse ohjelman luomassa tbp-tiedostomuodossa. Ohjelmalla voidaan myös mitata objektien etäisyyksiä. (7, s. 45.)

### 2.3.2 Solibri Model Checker

Solibri Model Checker on alalla laajasti käytetty tietomallien laadunvarmistusohjelmisto. Se on ainoa ohjelma markkinoilla, joka tukee tietomallien laadunvarmistusprosessia ja se sisältää YTV2012:n mukaisen tarkastusominaisuuden. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että Solibri Model Checker -ohjelma pystyy tarkistamaan, että täyttääkö avattu tietomalli tietyt vaatimukset. (8)

Solibri Model Checker on maksullinen ohjelma ja se soveltuu IFC-tiedostojen tarkasteluun. Ohjelma kokoaa useita IFC-tiedostoja ohjelman omaan smc-natiivitiedostoon luoden yhdistelmämallin. Solibri tarjoaa myös ilmaisen version tarkasteluohjelmastaan, Solibri Model Viewer (kuva 8). (7, s. 42–44.)

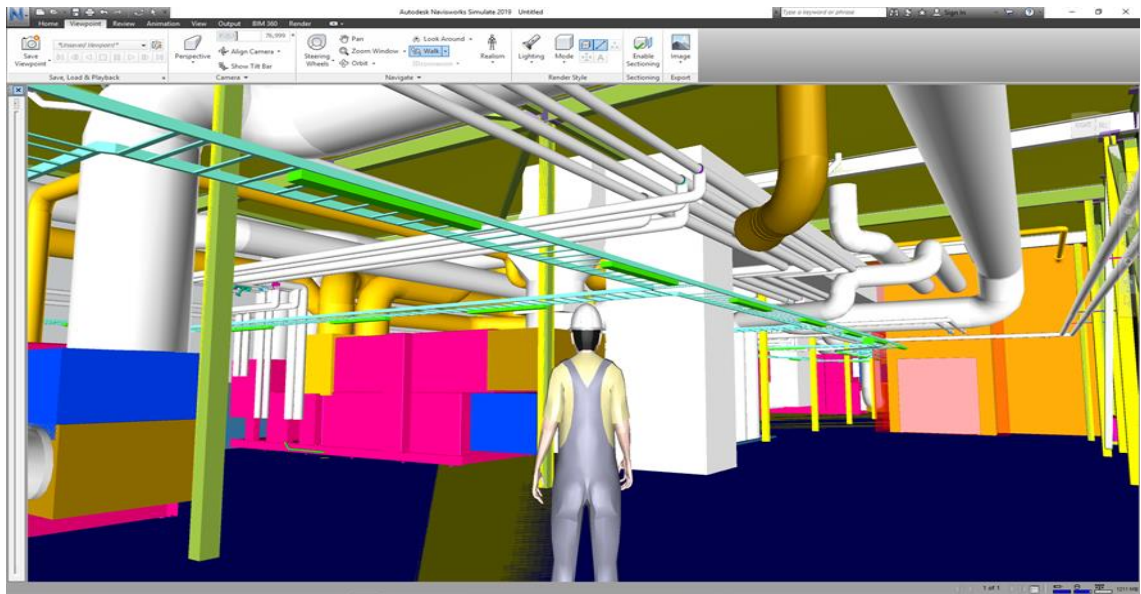


Kuva 8. Näkymä Solibri Model Viewer -ohjelmassa (2).

Solibri Viewer -ohjelmalla pystyy lukemaan myös IFC- ja smc-tiedostoja, mutta rajoitteena on, että ohjelmassa voidaan avata vain yksi tiedosto kerrallaan. Malleja voidaan liikutella 3D-näkymässä ja mallien eri osien ominaisuustietoja voi tutkia helposti. Rakennusosista voi ottaa mittoja tai etäisyyksiä. Ohjelma luo Excel-tiedostomuodossa raportteja, joita hyödynnetään esimerkiksi määrälaskennassa. (7, s. 42–44.)

### 2.3.3 Navisworks Simulate

Navisworks Simulate kuuluu Autodesk Navisworks -tuoteperheeseen, jonka muita ohjelmia ovat Navisworks Manage ja Navisworks Freedom. Näistä jälkimmäinen on ilmainen kaikille. Ohjelmilla voidaan yhdistellä useita malleja yhdistelmämalliksi ja ajaa törmäystarkasteluita (vain Navisworks Manage-ohjelmassa). Tarkastelutoiminnolla voi myös tarkastella geometrisiä 3D-malleja. (7, s. 45–46.)



Kuva 9. Näkymä Navisworks Simulate -ohjelmassa (2).

Navisworks Simulate -ohjelmistolla voidaan yhdistellä eri osapuolten kuten arkkitehdin, rakennesuunnittelijan, sähkösuunnittelijan tai LVI-suunnittelijan malleja yhdeksi malliksi (kuva 9). Ohjelmiston avulla voidaan navigoida mallissa navigointityökalun avulla ja tarkistustyökaluilla mitata etäisyyksiä ja pinta-aloja. Ohjelmassa voi käydä eri työryhmien kanssa keskinäistä kommunikointia. (9)

### 3 Tutkimus

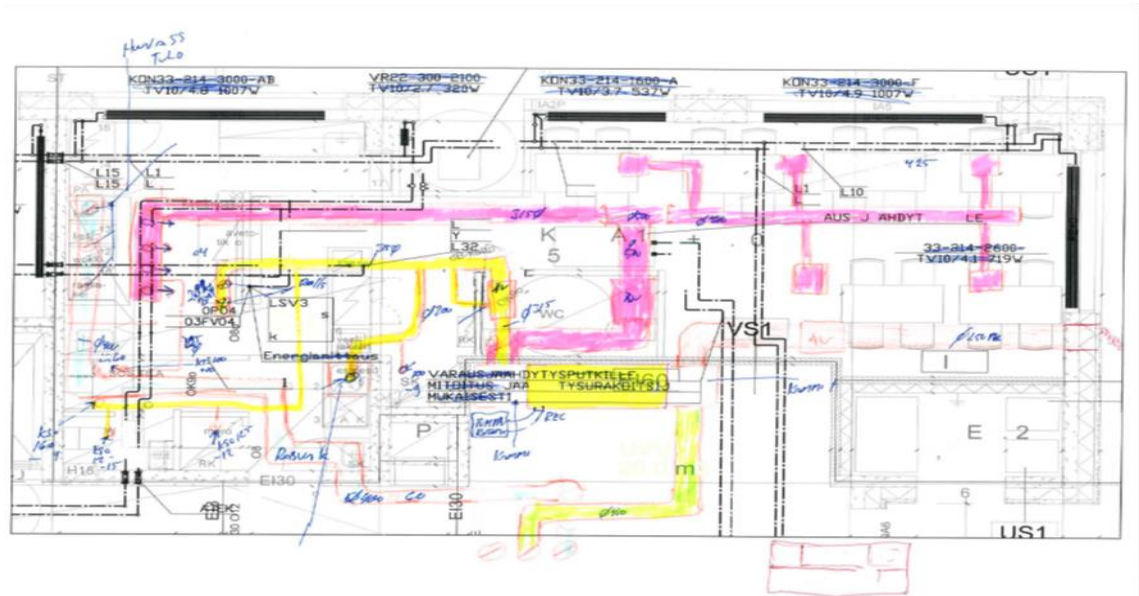
Tässä luvussa on kaksi osa-aluetta. Ensimmäisessä niistä tutkin työmaalta saatuja punakynäsarjoja, joita olen saanut Sweco Talotekniikalta tämän opinnäytetyön tueksi. Tutkin ja analysoin kuvat, lopuksi laadin selitteen kommentiksi. Työmaalta saapuvat punakynäsarjat voivat tulla LVI-toimistoon paperisena tai sähköisessä muodossa eli PDF:nä. Punakynäkuvat sisältävät erilaisia merkintöjä, joita urakoitsijat ovat merkinneet kuviin suunnitelmista poikkeavista muutoksista.

Toiseksi osaksi tähän työhön olen valinnut kvalitatiivisen tutkimusmenetelmän. Tämä menetelmä soveltuu hyvin tähän tutkimukseen, koska tässä tutkimuksessa haastatellaan alan asiantuntijoita heidän kokemuksistaan ja näkemyksistään aiheesta. Haastattelulla saadaan laajempi sekä todenmukaisempi kuva nykyisestä tilanteesta. Haastattelut äänitetään myöhempää analysointia varten, joten haastateltaville lähetettiin suostumuslomake haastattelun osallistumisesta sekä sen nauhoittamisesta.

Ensimmäisenä (osio 3.1) esittelen neljä erilaista kuvaa punakynästä, jolloin saadaan enemmän käsitystä siitä, millaisia punakynäkuvat voivat olla ja miten ne voivat erota toisistaan merkintätavoiltaan. Tämän jälkeen (osio 3.1.1–3.1.3) pureudutaan kolmeen esimerkkitapaukseen ja siihen, miten punakynäsarjat vaikuttavat tietomalliin. Lopuksi pureudutaan haastatteluaineistoon ja sen analysointiin (osio 3.2).

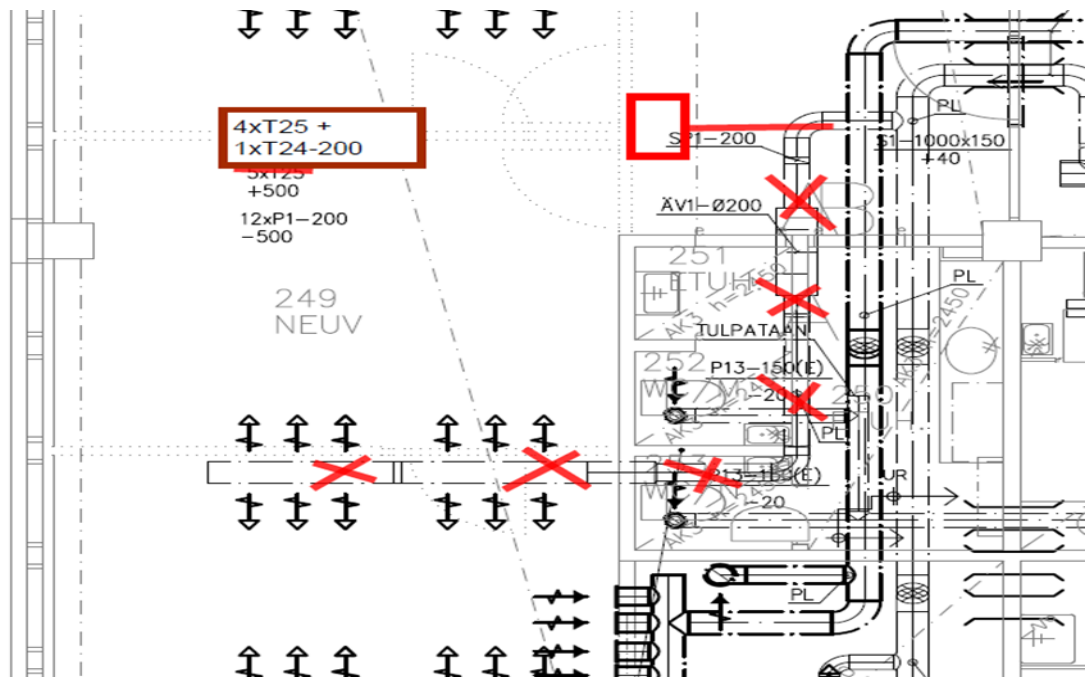
### 3.1 Työmaalta saadut punakynäsarjat

Sain tähän tutkimukseen tutkittavaksi Sweco Talotekniikalta punakynäsarjoja eri projekteista. Tutkimusaineistot ovat oikeista, jo valmistuneista kohteista ja on ohjeistettu, että nämä aineistot pysyvät anonyymeina. Urakoitsijoilta saadaan heidän laatimiaan punakynäsarjoja työstettävästä kohteesta. Tässä luvussa esittelen neljä merkintätavoiltaan toisistaan poikkeavaa merkintätapausta punakynäsarjoista.



Kuva 10. Punakynäkuva ilmanvaihtosuunnitelmasta (2).

Kuvan 10 punakynäsarja on toimitettu toimistoon PDF-muodossa, ja urakoitsija on merkinnyt muutokset käsin eri väreillä. Kyseinen punakynäkuva on tehty lämmityssuunnitelmaan. Se ei ole normaali tapa tehdä, koska taustana ei esiinny alun perin suunniteltua ilmanvaihtosuunnitelmaa, vaan muuta tekniikkaa, mikä hankaloittaa tarkasteltavan asian havainnollistamista. Muutokset on täydennetty tekstein, mutta tekstit ovat hieman epäselviä. Tässä tilanteessa LVI-suunnittelijalla saattaa mennä normaalia enemmän aikaa kuvien tulkitsemiseen, ja hän joutuu mahdollisesti ottamaan urakoitsijaan yhteyttä.



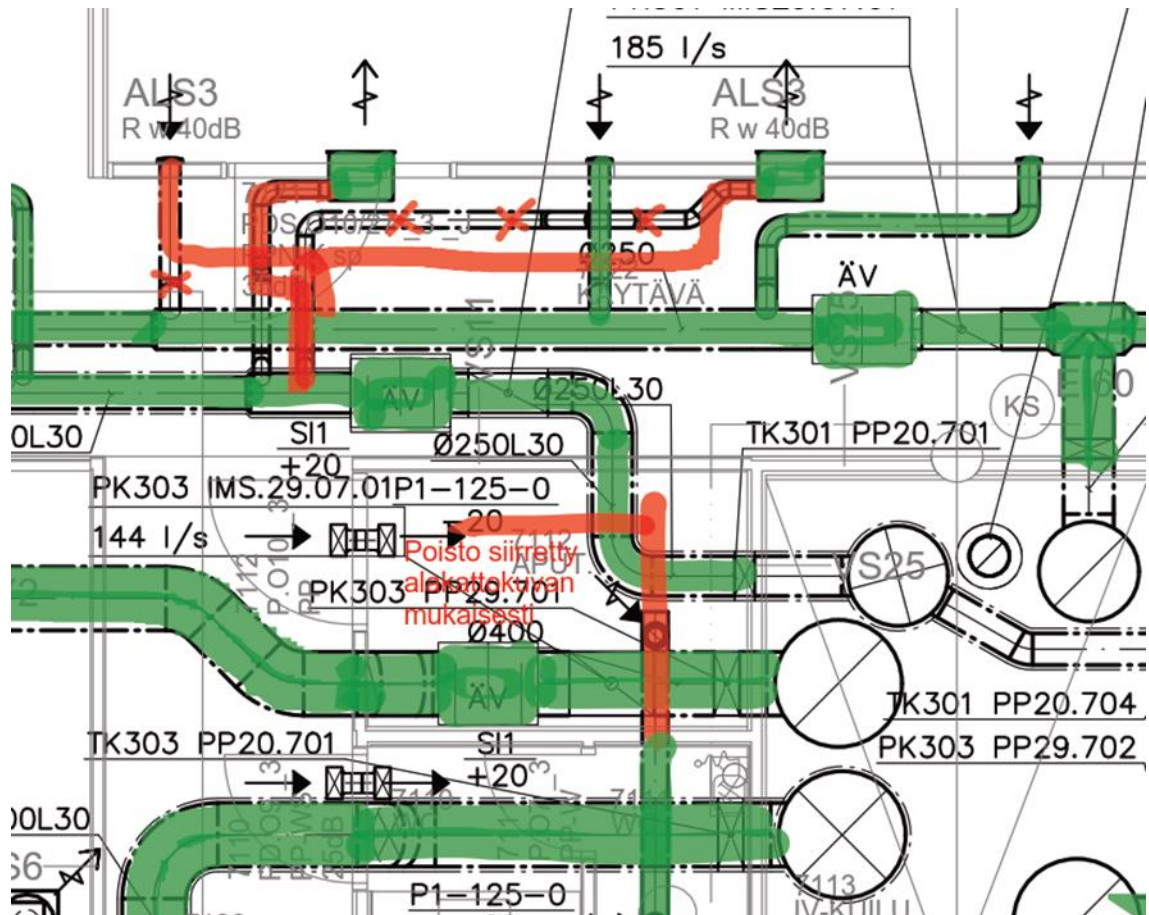
Kuva 11. Punakynäkuva ilmanvaihtosuunnitelmasta (2).

Kuvan 11 punakynäsarjan merkinnät on tehty PDF-ohjelman aputyökaluilla. Muutokset on merkitty symbolein (ruksi), jonka lisäksi kuvaan on piirretty kuvioita havainnollistamiseksi.

Seuraavassa kuvassa (kuva 12) punakynäsarja on toimitettu LVI-suunnittelutoimistoon paperisena, joten otin siitä valokuvan liitettäväksi tähän työhön. Punakynäsarjat olivat suttuisia ja ruttaantuneita. Tässä punakynäkuvan merkinnät on tehty eri väreillä ja muutoksista on kirjoitettu tekstein. Kuvaa tutkiessa huomaa, että joitakin merkintöjä on tehty mustalla värillä, jolloin muutoksia on hankala huomata. Eri värien käyttö sekä vaihtelevat käsialat saattavat viitata siihen, että tätä punakynäkuvaa on täydennetty useampaan kertaan ja laatimisessa on ollut useita eri henkilöitä mukana.



Kuva 12. Punakynäkuva käyttövesi- ja viemärintsuunnitelmasta (2).



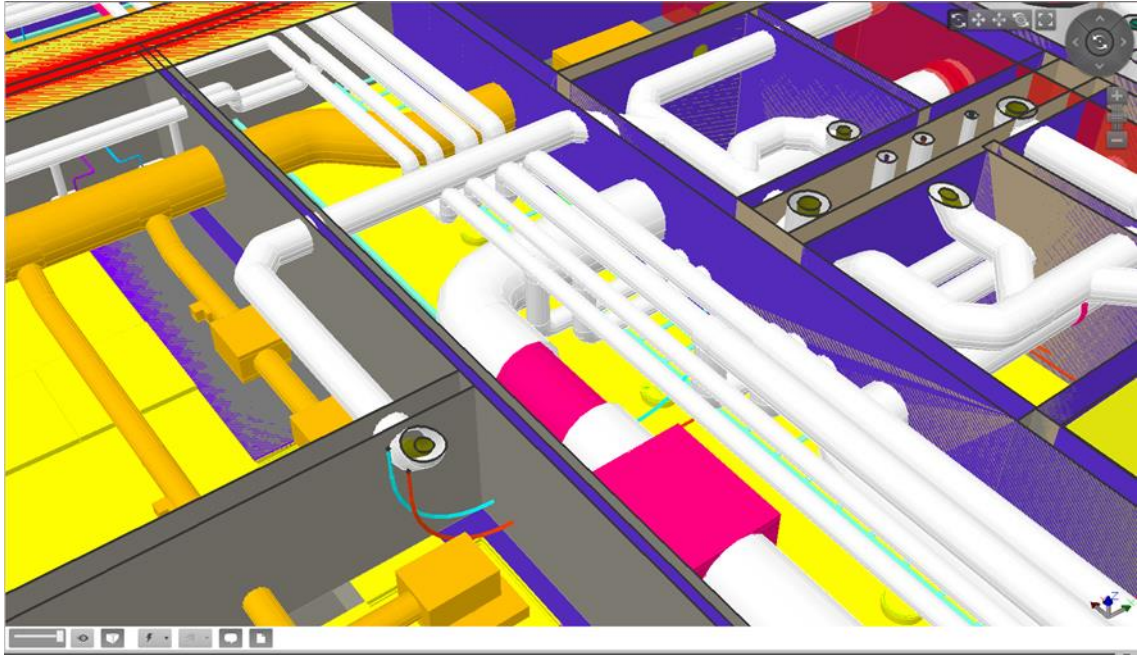
Kuva 13. Punakynäkuva ilmanvaihtosuunnitelmasta (2).

Kuvan 13 punakynäsarjat on toimitettu LVI-toimistoon PDF-muodossa. Merkinnot on tehty tussilla käyttäen kahta eri väriä, vihreä ja punainen, ja kuvaan on kirjoitettu tekstein muutoksista. Vihreä tarkoittaa alkuperäistä suunnitelmaa vastaavaa asennusta ja punainen muutosta.

Kaikista näistä neljästä kuvasta (kuvat 10–13) nähdään, että merkintätapoja on monenlaisia ja värimaailmat poikkeavat toisistaan paljon. Merkintätapatyö on urakoitsijoilla vapaa. Kuvat 11 ja 13 ovat selkeämpiä kuin kuvat 10 ja 12, koska niistä saa heti käsityksen siitä, mitä on muutettu ja mitä ei. PDF:ssä olevat punakynät ovat tässä tapauksessa yksinkertaisempia. Kaiken kaikkiaan tutkituissa punakynäkuville suurimmasta osasta merkinnöistä saa selvää niihin tehdyistä muutoksista. Joissakin kohdissa on epäselvyyksiä, mutta ne ovat pääpiirteittäin ymmärrettäviä.

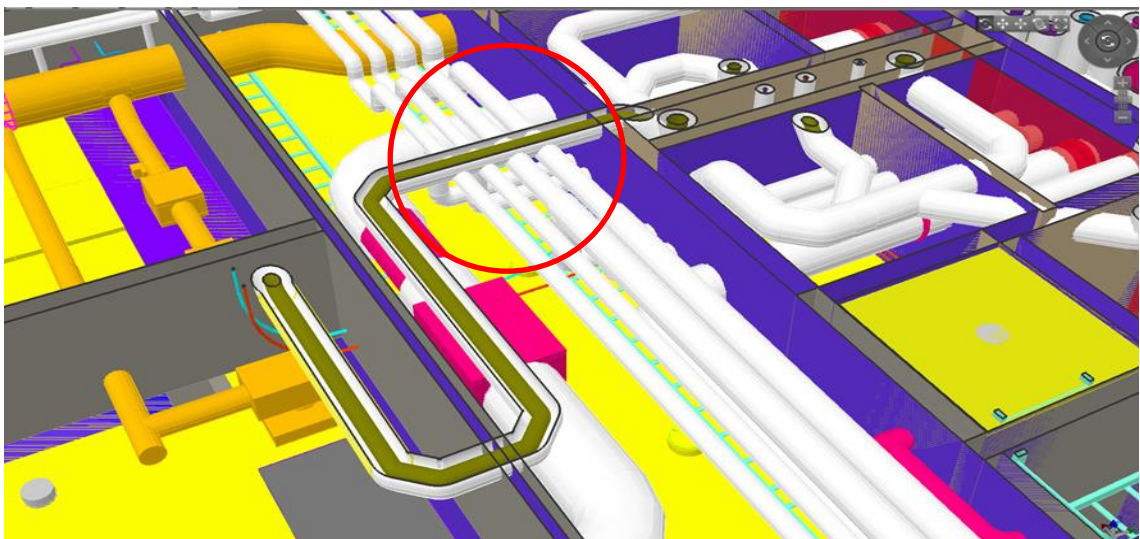






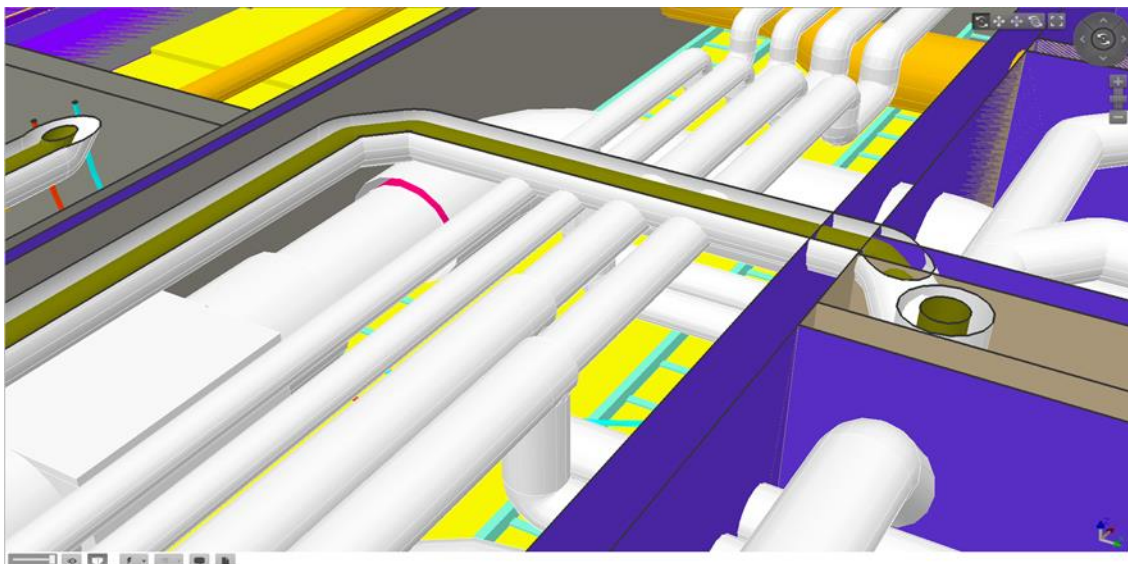
Kuva 17. Yhdistelmämallikuva tapaus 1, ennen muutosta (2).

Yhdistelmäkuva, joka kuvaa muutoskohtaa (kuva 17). LVI-suunnittelija on alun perin suunnitellut niin, että tekniikat väistävät toisiaan ja kohdassa ei esiinny törmäyksiä. Nyt tässä tarkasteltavassa kohdassa viemärireitti on muuttunut (ks. kuva 15). Yhdistelmämallikuvasta (kuva 18) näkyy se, että uusi viemärireitti osuu käytävillä oleviin jäähdytysputkiin.



Kuva 18. Yhdistelmämallikuva, tapaus 1 muutoksen jälkeen. Ongelmakohta ympyröity. (2)

Muissa tekniikan kuvissa (ilmanvaihto ja jäähdytys) ei esiinny muutosmerkintöjä suunnitelmasta poikkeavista asennuksista tästä tarkastelukohdasta. Näin ollen voidaan olettaa, että työmaa on asentanut tekniikat suunnitelmien mukaisesti. Kuvasta 19 nähdään toisesta näkökulmasta, miten uusi viemäreitti osuu putkiin.



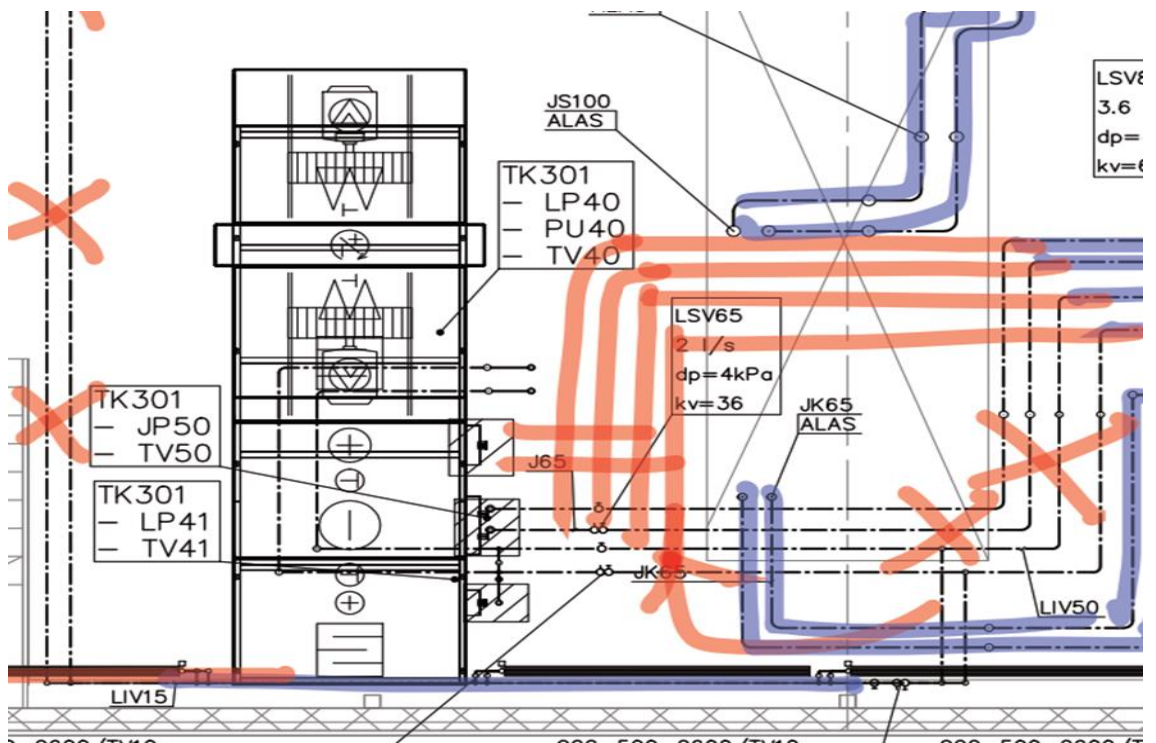
Kuva 19. Yhdistelmämallikuva tapaus 1, muutoksen jälkeen (2).

Tässä tapauksessa jäähdytysputket ilmeisesti ”tippuvat” alemmas ja väistävät viemäriin ja putkien kohtaamispaikassa, mutta jäähdytyskuvassa ei näy muutosmerkintää tarkastelukohdasta. Asiaa voidaan tiedustella suoraan ottamalla urakoitsijaan yhteyttä; tällöin kuluu lisää aikaa ja kohdetta pitäisi tarkastella visuaalisesti. Urakoitsijalla ei välttämättä ole vastausta asiaan, mikäli esimerkiksi alakatto on jo asennettu kyseiseen kohtaan. Muuten alakatto jouduttaisiin purkamaan asian selvittämiseen, mikä taas ei ole suotavaa.

### 3.1.2 Esimerkkitapaus 2

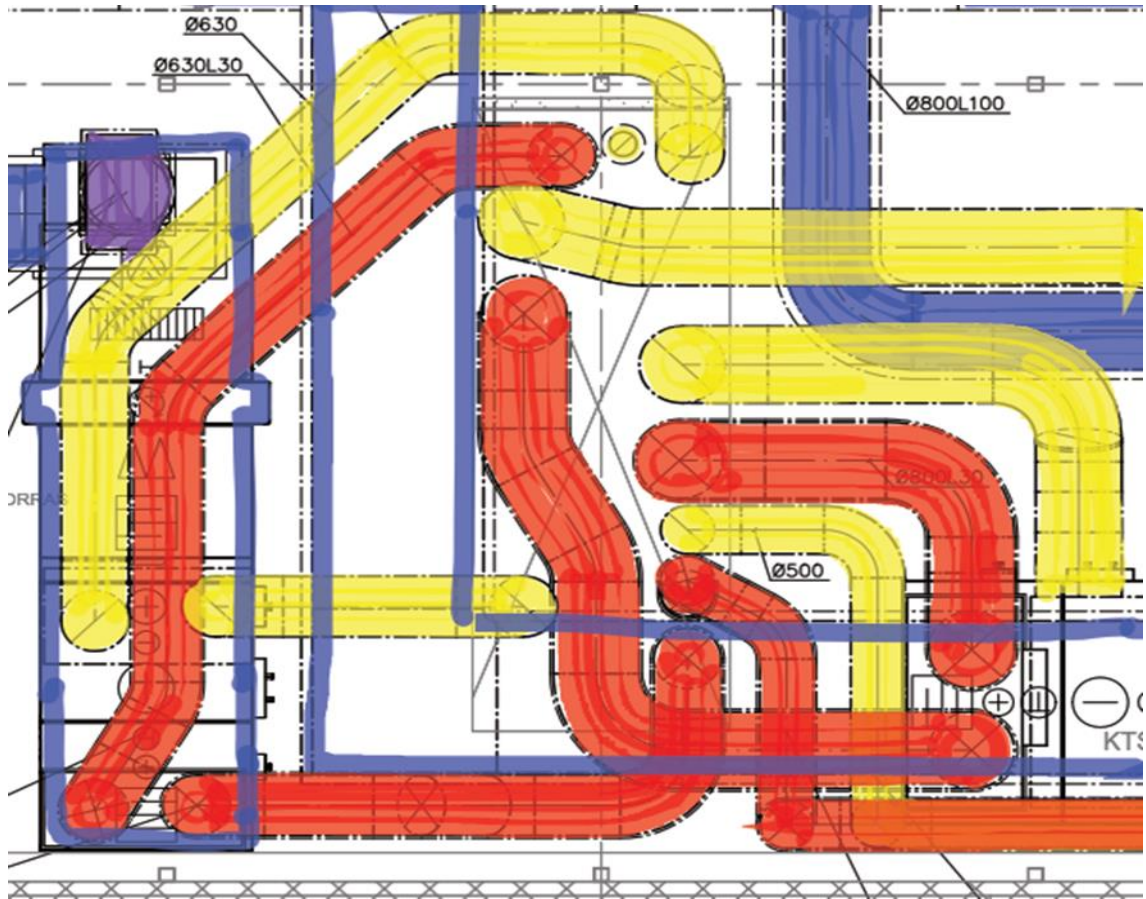
Toisessa tapauksessa punakynäkuvat on toimitettu PDF-muodossa LVI-toimistolle. Muutosmerkinnät on tehty tussilla. Tietomallin käsittelyssä käytin Tekla BIMsight -ohjelmaa.

Lämmitys- ja jäähdytyskuvassa (kuva 20) merkintöjä on tehty samalla tavalla kuin ensimmäisessä tapauksessa. Värien merkitys on sama eli punainen on muutos ja sininen on toteutettu tekniikka suunnitelmien mukaisesti. Ilmanvaihtokuva (kuva 21) on värimaailmaltaan erilainen. Siinä on käytetty neljää eri väriä: sininen, punainen, keltainen ja violetti. Tämän kuvan värien merkitys on eri kuin ensimmäisessä tapauksessa. Punainen ei tarkoita muutosta tässä kuvassa (kuva 21). Urakoitsija on ilmeisesti värjännyt kanavat eri väreillä selvyuden vuoksi. Tässä tilanteessa olisi hyvä laittaa esimerkiksi selite kuvan laitaan siitä, mitä värit tarkoittavat. Tällöin suunnittelijalla ei mene sekaisin se, mikä on muutos ja mikä ei.



Kuva 20. Punakynäkuva lämmitys- ja jäähdytys suunnitelmasta (2).

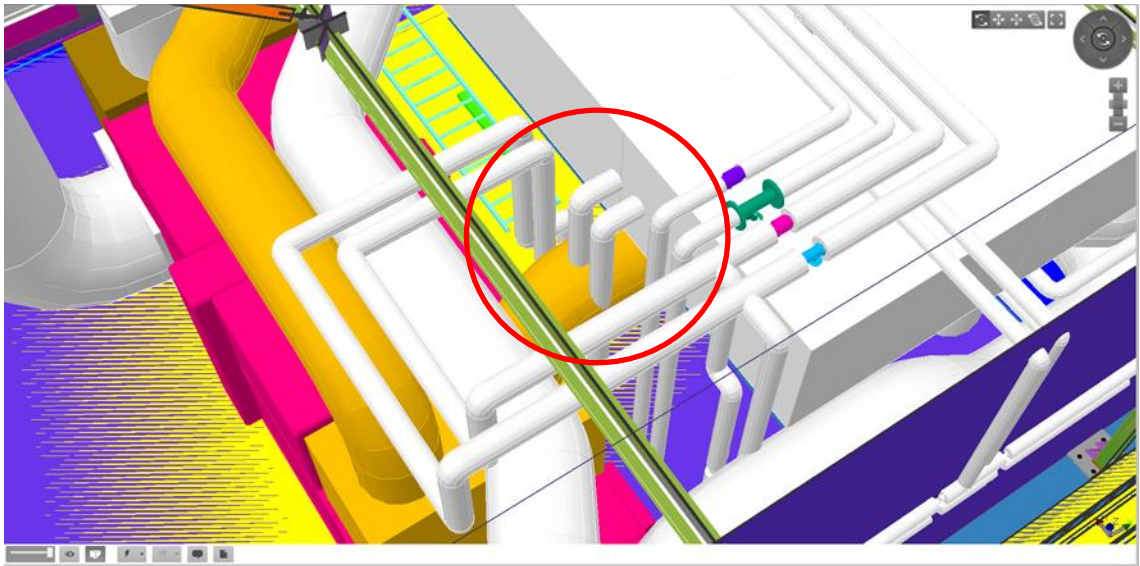
Lämmitys- ja jäähdytyskuvassa huomataan, että putkien reitti on asennettu toisella tavalla. Kuvasta 20 nähdään, että putket menevät suoraan kuilun ohi eivätkä kierrä kuten LVI-suunnittelija on alun perin suunnitellut. Ilmanvaihtokuvassa (kuva 21) ei ole esitetty muutoksia.



Kuva 21. Punakynäkuva ilmanvaihtosuunnitelmasta (2).

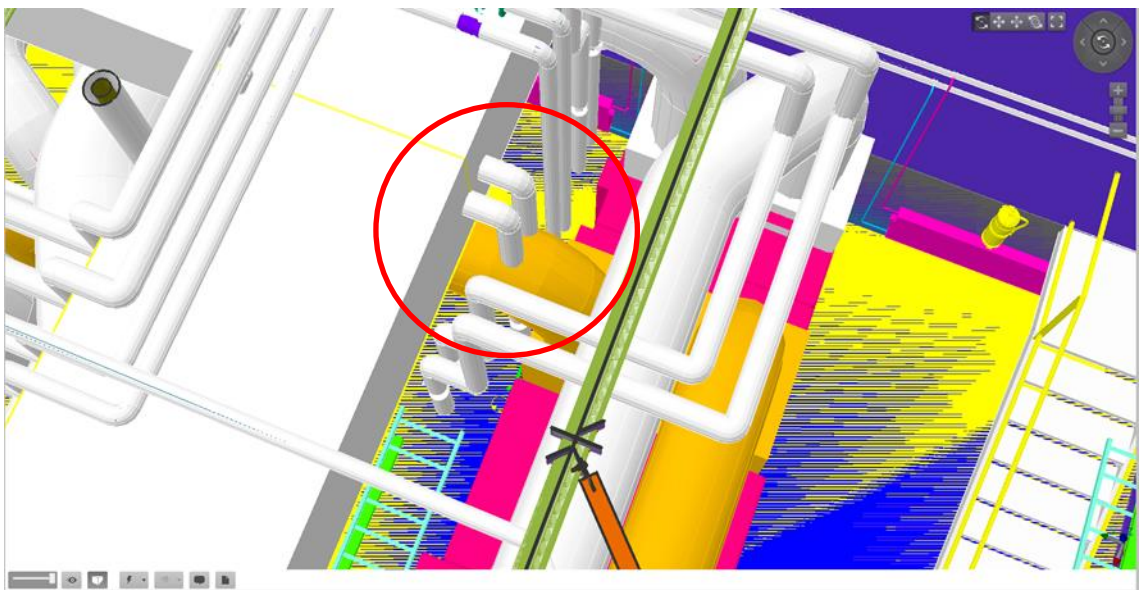
Yhdistelmämallia tarkasteltaessa (kuva 22) huomataan, että uusi putkireitti risteilee ilmanvaihtokanavien kanssa. Kuvasta näkee, että putket kulkevat vaakatasossa suorakaidekanavan läpi ja pystysuunnassa pyöreän kanavan läpi.

Putkihaaroitus on piirretty malliin siten, että haara tulee runkoputkien alta. Asia korjautuisi, jos putkihaara lähtisi putkirungon yläpuolelta, jolloin vaakatasossa putket eivät menisi läpi suorakaidekanavasta. Tässä ratkaisussa tason katto tulisi vastaan, mikä ei käy, ja lisäksi putkiin tulisi ilmatasku.



Kuva 22. Yhdistelmämallikuva, tapaus 2 muutoksen jälkeen. Ongelmakohta ympyröity. (2)

Kuvasta 23 nähdään sama tilanne, mutta eri kulmasta.

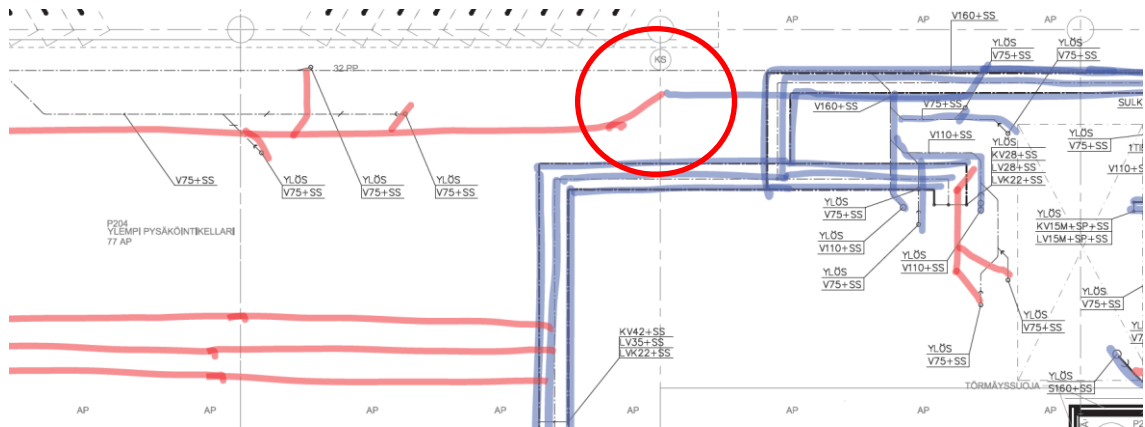


Kuva 23. Yhdistelmämallikuva, tapaus 2 muutoksen jälkeen. Ongelmakohta ympyröity. (2)

Tässä toisessa tapauksessa olisi hyvä olla mukana selitteitä (joista selviäisi putkien ko-rot) tai valokuvia tilanteesta, koska IV-konehuone sisältää paljon tekniikkaa ja kaikki tekniikat pitäisi sovittaa ja saada mahtumaan ahtaisiin paikkoihin risteilemättä.

### 3.1.3 Esimerkkitapaus 3

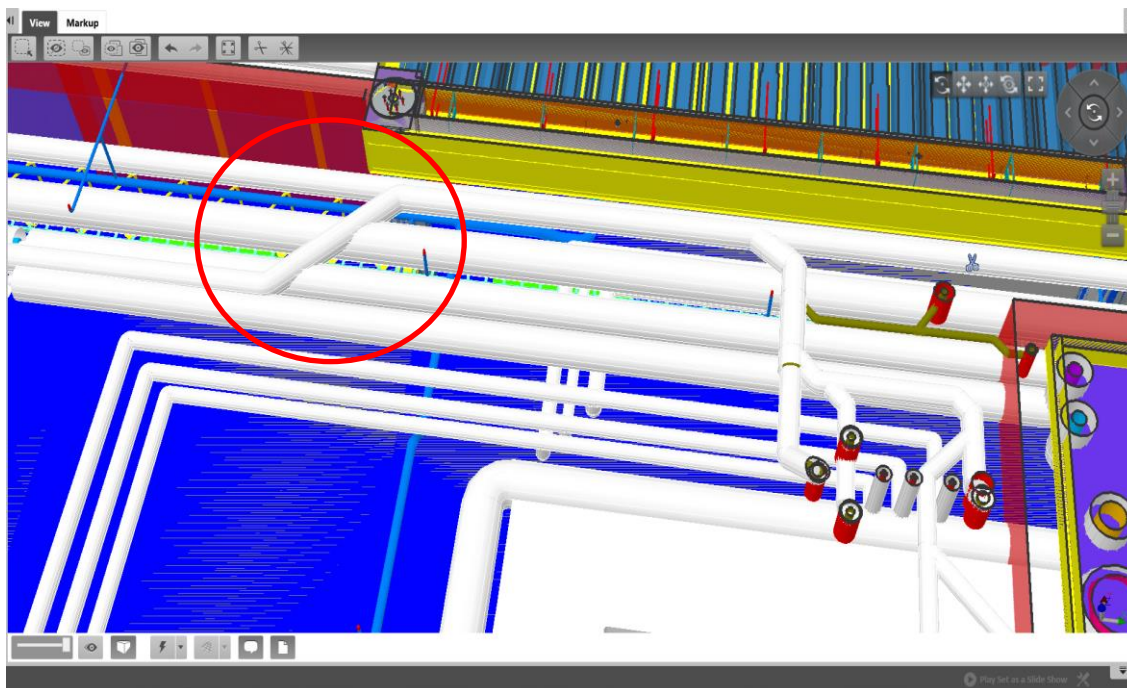
Kolmannessa esimerkkitapauksessa punakynäsarjat on toimitettu LVI-suunnittelutoimistolle PDF:nä. Muutosmerkinnät on tehty kahdella eri värillä, punaisella ja sinisellä, paitsi ilmanvaihtokuvassa sininen on korvattu ilmeisesti vihreällä. Punainen tarkoittaa alkupeleistä suunnitelmasta poikkeavaa muutosta ja sininen tarkoittaa ei suunnitelmasta poikkeavaa muutosta. Täydennykset on tehty lisätekstein. Tietomallin käsittelyssä käytin Tekla BIMsight -ohjelmaa.



Kuva 24. Punakynäkuva käyttövesi- ja viemärintisuunnitelmasta, ongelmakohta ympyröity (2).

Käyttövesi- ja viemärintipunakynäkuvaa tarkasteltaessa (kuva 24) huomasiin, että muutosmerkintöjen perusteella työmaalla olisi jatkettu uutta viemärireittiä vesiputkesta. Tässä herää kysymys: Miten se on todellisuudessa asennettu? Samassa kohdassa ei esiinny muutosmerkintöjä muissa punakynäkuviissa (kuvat 25 ja 26).





Kuva 27. Yhdistelmämallikuva, tapaus 3 muutoksen jälkeen. Ongelmakohta ympyröity. (2)

Yhdistelmämallikuvasta (kuva 27) nähdään tilanne muutoksen jälkeen ja se, kuinka tekniikat risteilevät. Viemärireitti, jota ei ole värjätty tussilla, on poistettu suunnitelmasta. Päivitetysissä mallissa viemäriä on jatkettu lähimmästä viemäristä. Tässäkin tapauksessa urakoitsijan olisi hyvä ilmoittaa viemäriin uudesta korosta, jotta saadaan viemäriin todellinen sijainti.

#### 3.1.4 Yhteenveto

Näissä esille tuoduissa esimerkkitalouksissa punakynäsarjat on tehty siististi. Ongelmia on tullut esille, mutta pääpiirteittäin muutosmerkinnät ovat ymmärrettävissä. Yhdistelmämallia tarkasteltaessa huomataan heti eri tekniikoiden risteilyt sekä epäkohdat, joita pelkällä punakynäkuvien tarkastelulla LVI-suunnittelija ei huomaisi.

### 3.2 Teemahaastattelu

Tämän tutkimuksen toiseksi tutkimusmenetelmäksi valitsin teemahaastattelun. Haastatteluun osallistui Sweco Talotekniikka Oy:ssä työskentelevät asiantuntijat ympäri Suomea. Henkilöesittelyt ovat luvussa 3.2.1. Seuraavassa kappaleessa avaan hieman sitä, mikä on teemahaastattelu.

Teemahaastattelun voidaan sanoa olevan lomakehaastattelun ja avoimen haastattelun välimuoto. Tällaisessa haastattelussa ei edetä tarkoin muotoiltujen kysymysten mukaan vaan etukäteen suunniteltujen teemojen mukaan. Teemat voivat olla hyvinkin laajoja tai sitten tarkemmin määriteltyjä, pienempään aihealueeseen rajattuja mutta antavat joka tapauksessa tilaa vapaalle keskustelulle haastattelijan ja haastateltavan välillä. Haastattelutilanne etenee keskustelun myötä, ja vaikka ennalta suunnitellut teemat ohjaavat keskustelua, ihmisten vapaalle puheelle on myös annettava tilaa. Haastattelu etenee jokaisen ihmisen kanssa eri tavalla, mutta kaikkien kanssa pyritään käymään jokaista teemaa läpi, jolloin saadaan ainestoa läpi käydessä mahdollisimman kokonaisvaltainen tulos haastatteluista. Teemahaastattelua varten valittavat henkilöt tulee valita tarkoin ja miettiä, kenellä olisi mahdollisimman paljon arvokasta tietoa ja aineistoa annettavana tutkimusaiheesta.

Teemahaastatteluun tukeutuvan haastattelijan tulee valmistautua haastatteluun hyvin etukäteen ja tehtävä hyvä pohjatyö aihepiireihin ja teemoihin tutustuessa ja perehtyessä. On tärkeää selvittää kaikkein oleellimmat aiheet tutkimustyöstä, ja kysymykset on operationalisoitava, eli muutettava tutkittavaan muotoon. Ne voi esimerkiksi kirjoittaa ranskalaisin viivoin paperille ja sen lisäksi laatia muutamia avainsanoja tai lisäkysymyksiä lisätiedon hankkimista varten.

Kun teemahaastattelut on suoritettu, puretaan ja analysoidaan saadut materiaalit. Tässä työssä helpottaa, mikäli kaikki haastattelut on esimerkiksi äänittänyt tai videoinut. Tämän työn haastatteluja ei videoitu vaan ainoastaan äänitettiin. Teemahaastatteluaineistoa voi analysoida usealla eri tavalla, esimerkiksi kvantitatiivisuutta ja kvalitatiivisuutta yhdistäen. Aineiston teemoittelu ja sitä seuraava tyypittely on yleinen tapa analysoida saatua materiaalia, sillä teemoihin kohdistunutta haastattelua on luontevaa ryhtyä analysoimaan teemoittain. Tätä jälkimmäistä analysointitapaa käytän tässä työssä. (10, s. 55–56)

### 3.2.1 Henkilöesittelyt

#### Haastateltava numero 1

Työskentelee teknisenä assistenttina Sweco Talotekniikka Oy:ssa. Koke-  
musta alalla 19 vuotta. Suorittanut rakennuspiirtäjän tutkinnon ammattikou-  
lussa.

#### Haastateltava numero 2

Työskentelee teknisenä assistenttina Sweco Talotekniikka Oy:ssa. Koke-  
musta alalla yli 30 vuotta. Suorittanut konepiirtäjän tutkinnon ammattikou-  
lussa.

#### Haastateltava numero 3

Työskentelee LVI-suunnittelijana Sweco Talotekniikka Oy:ssa. Valmistui  
LVI-suunnittelijaksi (AMK) vuonna 2018.

#### Haastateltava numero 4

Työskentelee suunnittelujohtajana Sweco Talotekniikka Oy:ssa. Valmistui  
talotekniikan insinööriksi (AMK) vuonna 2003.

#### Haastateltava numero 5

Työskentelee suunnittelupäällikkönä Sweco Talotekniikka Oy:ssa. Valmis-  
tui talotekniikan insinööriksi (AMK) vuonna 2012.

#### Haastateltava numero 6

Työskentelee projektipäällikkönä Sweco Talotekniikka Oy:ssa. Valmistui  
insinööriksi (AMK) vuonna 2007.

#### Haastateltava numero 7

Työskentelee teknisenä avustajana Sweco Talotekniikka Oy:ssa. Suoritta-  
nut LVI-piirtäjän tutkinnon vuonna 1985.

### 3.2.2 Haastatteluaineiston analysointi

Suurin osa haastatteluista (haastateltavat 3–7) toteutettiin haasteltavien kanssa Skype-puhelutoiminnolla, muut tehtiin kasvotusten. Haastattelut nauhoitettiin, joten kaikille haastateltaville toimitettiin suostumuslomake (liite 1) suostumusta varten. Tässä luvussa erittelen haastatteluaineiston haastattelulomakkeen mukaisesti (liite 2) ja vertailen tuloksia.

#### 1. Mitä ymmärretään punakynäsarjoista?

Kaikkien haastateltavien vastaukset tähän kysymykseen olivat samankaltaisia. Haastateltavat kertoivat, että punakynäsarjat ovat urakoitsijalta saatuja suunnitelmista poikkeavia muutoksia, jotka päivitetään suunnitelmiin. Punakynäsarjat tulevat LVI-suunnittelutoimistolle joko paperisena, PDF:nä tai kuvakaappauksina. Haastateltava numero 7 kertoo, että osa urakoitsijoista haluaa punakynät takaisin, kun taas jotkut kehottavat säilyttämään tai hävittämään ne. Isoissa kohteissa urakoitsijat hyvinkin useasti haluavat punakynäsarjat takaisin. Useimmiten punakynät kuitenkin jäävät LVI-suunnittelutoimistolle.

#### 2. Omat kokemukset punakynäsarjojen kanssa (hyvät ja huonot puolet)

Kaikki haastateltavat mainitsivat ainakin joitain huonoja puolia punakynäsarjoissa. Maininnat huonoista puolista ovat koskeneet pääosin sitä, että punakynäkuvat ovat epäselviä. Tällöin esimerkiksi muutoksia on merkitty lyijykynällä, jolloin merkinnät hukkuvat taustaan tai ovat liian haaleita. Paperiset punakynäkuvat saattavat tulla LVI-toimistolle suttaantuneina ja rypyisinä. Epäselvien kohtien tulkitsemiseen kuluu ylimääräistä työaikaa ja haastateltavat ovat useasti joutuneet ottamaan yhteyttä urakoitsijaan tilanteen selvittämiseksi. Väärälle pohjallekin merkittyjä muutoksia on tullut, mainitsi haastateltava numero 2.

Useat haastateltavat nostivat esille myös työmaalla tapahtuvien muutosten aktiivisen kirjaamisen. Ne unohtuvat useasti projektin edetessä. Haastateltava numero 6 kommentoi asiasta: ”Meillähän ei ole tarkkaa tietoa siitä, miten urakoitsijat toimivat, ovatko he aloittaneet punakynäsarjojen ylläpidon jo samalla kun työt ovat alkaneet, jotta sinne tulisi dokumentoitua muutokset koko projektin ajalta. Ne tehdään kovassa kiireessä, kun

projektin loppu hämmöittää, jolloin osa muutoksista saattaa jäädä dokumentoimatta. Tällöin suunnitelmista jäävät muutokset huomioimatta.”

### 3. Omat mielipiteet nykyisistä työmenetelmistä punakynäsarjojen kanssa.

Nykyiset työmenetelmät punakynäsarjojen kanssa ovat haastateltavien mukaan ihan hyviä. Tieto saadaan liikkumaan punakynien avulla, korosti haastateltava numero 6. Useimmat haastateltavat kommentoivat aikatauluista. Monen mielestä tulisi kiinnittää huomiota siihen, kuinka ajoissa punakynät toimitetaan toimistolle. ”Punakynäsarjat voisivat tulla ajoissa, menevät monesti aivan viime tippaan. Ainakin kaksi viikkoa olisi hyvä olla aikaa”, haastateltava numero 1 kommentoi aikataulutuksesta. Hän mainitsi myös, että on ollut tapauksia, joissa urakoitsija on tehnyt muutoksia vanhaan suunnitelmaan, vaikka uudet suunnitelmat on jo laitettu eteenpäin. Samaan asiaan otti kantaa myös haastateltava numero 2: ”Urakoitsijalle on tärkeää, että heillä on myös se ajan tasalla oleva malli, johon he tekevät merkintöjä. Suunnitelmat jaetaan samaan projektipankkiin, joten heillä pitäisi olla uusimmat kuvat ja sarjat.”

### 4. Parannusehdotuksia punakynämerkintätavoissa.

Luettelen seuraavaksi ehdotuksia, joita haastateltavat toivat esille.

- Tehdyt muutokset dokumentoidaan heti projektin aikana eikä vasta loppuvaiheessa.
- Selkeämmät merkinnät.
- Merkintävärinä käytettäisiin punaista väriä eikä esimerkiksi lyijy- tai mustekynää.
- Selitteiden lisääminen punakynäkuvan yhteyteen.
- Punakynäkuvan laatijan yhteystiedot esimerkiksi dokumentin reunaan.
- Punakynäsarjat toimitettaisiin LVI-toimistoon PDF:nä.
- Korkojen ilmoittaminen, koskee pääasiassa tietomallinnusprojekteja.
- Epäselvät kohdat dokumentoidaan valokuvien kanssa, liitteenä punakynäsarjoihin.

#### 5. Jos voisit muuttaa vapaasti koko punakynäprosessia, millaiseksi muuttaisit sen?

Lähes kaikki haastateltavat toivat esille sen, että olisi hyvä, jos työmaalla tapahtuvat muutokset päivitetään samalla LVI-suunnitelmiin. Näin loppuvaiheessa ei muodostuisi paljon punakynäsarjoja. Haastateltava numero 6 täsmensi tähän vielä, että isommat muutokset korjattaisiin välittömästi. Pienet muutokset, kuten putkien reittimuutokset, voitaisiin dokumentoida yhteen ja loppuvaiheessa korjata kaikki kerralla.

Sopimusmuodosta oli mainittu haastateltavan numero 4:n toimesta, hän ehdotti Allianssi-sopimusmuotoa. Tämä tarkoittaisi sitä, että punakynäsarjoja päivitetäisiin koko ajan. Projektin aloituskokouksessa LVI-suunnittelija voisi tuoda esille punakynäkuvien merkityksen loppukuviin ja niiden laatuun. Tilaajalle voisi lisätä tietoisuutta siitä, kuinka tärkeää on saada hyvät punakynäkuvat tietomallinnushankkeissa. Näin saadaan laadullinen toteumamalli hankkeessa. Haastateltava numero 5:n mielestä olisi tärkeää keskustella punakynäsarjoista perusteellisesti jo alusta lähtien: ”Mitä enemmän projektin alussa sovitaan pelisääntöjä, niin sitä vähemmän tarvitsee lopussa enää ihmetellä.” Haastateltava numero 4 on samaa mieltä, hänestä urakoitsijavalinnoissa ja tarjousasiakirjoissa pitäisi velvoittaa urakoitsijaa paremmin siitä, millä tavalla ja millä tarkkuudella punakynäitä laaditaan. (11)

#### 3.2.3 Yhteenveto

Haastatteluiden perusteella punakynien epäselviä merkintöjä tulee jatkuvasti vastaan. Urakoitsijalla on niin sanotusti vapaat kädet sen laatimiseen. Kaikki haastateltavat ovat ilmaisseet mielipiteensä siihen, että punakynäkuvia voisi laatia selvemmin. LVI-suunnittelijan ja urakoitsijan välistä kommunikointia pitäisi lisätä. Työmaalla tehdyt muutokset tulee dokumentoida talteen, ettei hankkeen loppuvaiheessa unohdeta tehtyjä muutoksia. Tilaajalle tulisi lisätä tietoisuutta punakynäsarjojen laadun vaikutuksesta toteumamalliin ja rakennuksen tulevaisuuteen, esimerkiksi ylläpitoon ja huoltoon.

Haastatteluissa kävi ilmi, että osa haastatteliijoista on kokenut tietomallihankkeiden osalta punakynäsarjojen määrän pienentyneen hankkeen loppuvaiheessa. Tämä johtuu siitä, että tietomallintamalla LVI-suunnittelija pystyy tarkastelemaan itse jo suunnitteluvaiheessa, mitä tekniikkaa menee mahdollisesti ristiin muun tekniikan kanssa. Näin

LVI-suunnittelija voi tuottaa tarkempia sekä vähemmän tai ei ollenkaan risteyksiä sisältäviä LVI-suunnitelmia ennen kuin toimittaa suunnitelmat työmaalle.

Haastateltava 4 mainitsi myös sen, että osa työmaista hyödyntää tietomallinnusta rakentamisessa ja osa ei ollenkaan. Tietomalli tarjoaa urakoitsijalle uuden tavan tarkastella suunnitelmia. Sitä käyttämällä urakoitsijat pystyvät tarkastelemaan suunnitelmia kolmiulotteisesti, mikä lisää visuaalisuutta ja urakoitsijat näkevät tarkemmin, miten tekniikat menevät. Tällöin työmaalla tapahtuva rakennusprosessi tehostuu entisestään. Työmaalla tapahtuvat suunnitelmista poikkeavat muutokset vähenevät, ja sitä kautta punakynäsarjojen määrä myös vähenee.

### 3.3 Nykyiset ohjeistukset ja menetelmät

Nykyiset vaatimukset ja ohjeistukset punakynäsarjoista ovat suppeita. Yleisissä tietomallivaatimuksissa mainitaan asiasta lyhyesti. Alla lainattu vaatimus ja ohjeistus YTV2012:sta.

#### Vaatimus:

Kun suunnittelusopimukseen kuuluu ns. ”punakynäpiirustusten” teko, jonka tavoitteena on saada As Built –tasoiset geometriamallit (=toteumamalli), tulee TATE-urakoitsijoiden yhdessä toimittaa suunnittelijalle tiedot muutetuista verkostoreiteistä.

TATE-suunnittelija mallintaa näiden tietojen perusteella mallin geometrian. (4. s 41.)

#### Ohjeistus:

Urakoitsijoilla on velvollisuus keskenään tarkastaa toistensa piirustuksista tai malleista, että verkostojen muutokset tulevat kaikkien urakoitsijoiden punakynäkuviin. Esimerkiksi IV:n reittimuutos voi tarkoittaa sitä, että putki- ja sähköurakoitsijan kuviin on tultava myös muutos. Nämä muutokset on esitettävä suunnittelijalle jokaisen urakoitsijan piirustuksissa 3D-mallin päivittämisen mahdollistamiseksi. Vaihtoehtoisesti muuttunut kohta voidaan valokuvata urakoitsijoiden toimesta, josta voidaan selvittää muutosperiaatteet. (4, s.41.)

Ohjeistuksessa on otettu kantaa, että eri tekniikan osat eivät saa risteillä keskenään, joten TATE-urakoitsijoiden tulee tarkastella yhdessä muutoksista aiheutuvat mahdolliset risteilyt ja merkitä ne piirustuksiinsa.

Lisää tietoa aiheesta etsittiin alan RT- sekä LVI-kortistosta. RT-kortistosta löytyi kaksi hakutulosta hakusanoilla ”punakynä” ja ”punakynäsarja”, ”Talo 2000 -nimikkeistöön perustuvat CAD-kuvatasonot” ja ”Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo”. Molemmista RT-kortistoissa on mainittu lyhyesti punakynäsarjoista, mutta ei niiden määrittelystä.

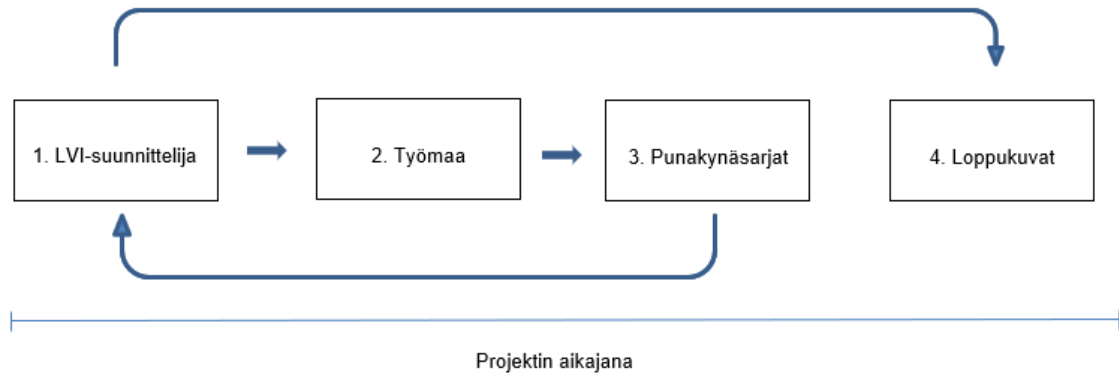
## 4 Ehdotukset parempaan työskentelyyn

### 4.1 Ohje punakynäsarjojen tekoon jatkossa

Tässä insinööriyössä toteutetuista tutkimuksista, eli työmaalta saadut punakynäsarjat osio 3.1 ja haastattelut osio 3.2, saadun informaation avulla olen laatinut muistion (liite 3) johon olen kerännyt asioita, joilla voidaan parantaa ja tehostaa työskentelyä punakynäsarjojen kanssa. Ohjeistus sisältää ehdotuksia parempiin punakynäsarjojen merkintätapoihin. Tämä ohje otetaan mahdollisesti käyttöön Sweco Talotekniikka Oy:ssä.

### 4.2 LVI-suunnittelijan sekä urakoitsijan yhteistyö

Kuvan 28 kaavio kuvaa, miten punakynäsarjojen kanssa on nykyään toimitettu. Ensimmäisessä vaiheessa, 1. LVI-suunnittelija, tehdään suunnitelmat toteutuskelpoiseksi työmaalle. Valmiiksi saadut suunnitelmat toimitetaan työmaalle eli vaiheeseen 2. Tässä vaiheessa työmaa pyrkii toteuttamaan suunnitelmat käytännön tasolla ja mahdollisten muutosten tapahtuessa työmaa dokumentoi suunnitelmasta poikkeavat muutokset talteen. Isommissa muutoksissa työmaa käy LVI-suunnittelijan kanssa keskustelua siitä, miten toimitaan.

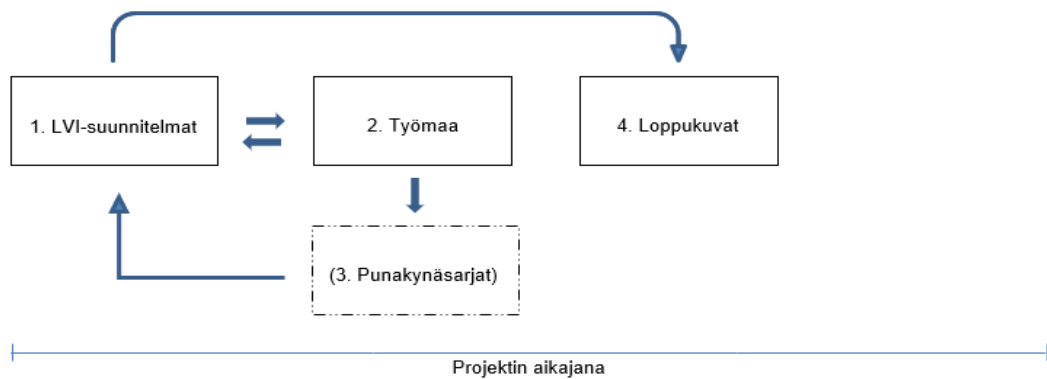


Kuva 28. Kaavio 1.

Hankkeen lähestyessä loppua työmaa toimittaa dokumentoidut suunnitelmista poikkeavat muutokset eli punakynäsarjat (kaavion kolmas kohta) LVI-suunnittelijalle päivitettäväksi ajan tasalle. Ja lopulta päivitetty suunnitelmat tehdään loppukuviksi (kaavion neljäs kohta).

Haastatteluiden perusteella muutosten dokumentointi työmaalla ei aina toteudu tarpeeksi usein, jolloin asioita saattaa unohtua projektin edetessä. Tämä johtaa siihen, että projektin loppukuvat eivät vastaa työmaalla asennettua tekniikkaa. Työmaalta saatujen punakynäsarjojen laatu vaihtelee laidasta laitaan. Osista 3.1 nähdään, että urakoitsijan tekemät punakynäkuvat poikkeavat toisistaan paljon. On selkeitä ja heti ymmärrettävissä olevia punakynäkuvia, kun taas osa kuvista on sellaisia, joiden tulkitsemiseen LVI-suunnittelija joutuu käyttämään ylimääräistä aikaa ja työtä.

Toinen kaavio (kuva 29) kuvaa optimaalista työskentelyä punakynäsarjojen kanssa. Ensimmäinen ja toinen vaihe ovat samoja kuin kaaviossa 1. Avainasia tässä kaavio 2:ssa on se, että LVI-suunnittelija ja työmaa kommunikoivat keskenään enemmän. Työmaa ilmoittaa suunnitelmista poikkeavista muutoksista jatkuvasti LVI-suunnittelijalle, jolloin loppuvaiheessa syntyy vähemmän tai ei ollenkaan punakynäkuvia. Tällä tavoin LVI-suunnittelija voi tehdä loppukuvat, vaihe 4, ohittamalla vaiheen 3 eli punakynäsarjojen teon. Loppukuvista tulee entistä laadukkaammat.



Kuva 29. Kaavio 2

Noudattamalla kaavio 2:n kuvaamia vaiheita säästetään projektiin käytettävää aikaa ja rahaa. Tämä on optimitilanne punakynäsarjojen tapahtumasarjassa.

## 5 Yhteenveto

Tietomallintaminen rakennushankkeissa lisääntyy alalla jatkuvasti. Tätä hyödyntämällä voimme rakentaa ja suunnitella rakennuksia entistä tarkemmin ja nopeammin laadusta tinkimättä. Tämän toteutuessa punakynien rooli kasvaa entisestään, koska tietomallien pitää vastata toteutettuja rakennelmia. Punakynäsarjojen laatu vaihtelee eri projektien kesken hyvinkin paljon. Tässä työssä tehtyjen tutkimusten tulokset vahvistavat tämän.

Insinööriyössä tutkittiin nykyistä työskentelyä punakynäsarjojen kanssa. Tämän tutkimuksen tueksi sain Sweco Talotekniikka Oy:lta punakynäsarjoja, jotka ovat tulleet työmaalta valmiista kohteista. Lisäksi haastattelin konsernin sisältä eri asiantuntijoita, jotka työskentelevät punakynäsarjojen parissa. Tavoitteena tässä insinööriyössä oli saada laadittua ohjeistus punakynäsarjojen hyödyntämisestä Sweco Talotekniikka Oy:lle.

Tutkimusaineistojen analysoiminen ja haastattelut onnistuivat hyvin. Tutkimustöistä saaduista aineistoista sain laadittua ohjeistuksen (liite 3), jolla pyritään parempaan työskentelyyn punakynäsarjojen kanssa.

## Lähteet

- 1 Tietoa Swecosta. Verkkoaineisto. Sweco Finland Oy. <<https://www.sweco.fi/tietoa-swecosta/>>. Luettu 17.11.2018
- 2 Kuva-aineistot. 2019. Sweco Talotekniikka Oy.
- 3 Mitä on BIM? Verkkoaineisto. Tekla Oyj. <<https://www.tekla.com/fi/tietoa-meist%C3%A4/mit%C3%A4-bim>>. Luettu 17.11.2018
- 4 Talotekninen suunnittelu. 2012. Verkkoaineisto. BuildingSmart. <[https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012\\_osa\\_4\\_tate.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_4_tate.pdf)>. Luettu 8.12.2018
- 5 Suomen ensimmäiset kansalliset tietomallivaatimukset julkistettiin tänään. 2012. Verkkoaineisto. Rakennustieto. <<https://www.rakennustieto.fi/lehdet/ry/index/uutiset/66TTFi8iB.html>>. Luettu 9.12.2018
- 6 Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012. 2012. Verkkoaineisto. BuildingSmart. <<https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>>. Luettu 25.11.2018
- 7 Jäväjä, Päivi ja Lehtoviita, Timo. 2016. Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla. Helsinki: Rakennustieto Oy. Luettu 12.1.2019
- 8 M.A.D. tuotteet. Solibri. Verkkoaineisto. M.A.D. Oy. <<https://www.mad.fi/tuotteet/muut/solibri>>. Luettu 10.2.2019
- 9 Navisworks. Verkkoaineisto. Profox Companies Oy. <<https://www.profox.com/navisworks>>. Luettu 4.2.2019
- 10 Saaranen-Kauppinen, Anita ja Puusniekka, Anna. 2009. Menetelmäopetuksen tietovaranto. KvaliMOTV. Verkkoaineisto. Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto Tampereen yliopisto. <<https://www.fsd.uta.fi/fi/tietoarkisto/julkaisut/kvalimotv.pdf>>. Luettu 12.2.2019
- 11 Haastattelut. Helmikuu 2019. Sweco Talotekniikka Oy.

# Suostumuslomake haastatteluun

Suostun osallistumaan haastatteluun ja annan luvan haastattelun nauhoittamiseen. Haastattelun tuloksia saa käyttää lähteenä opinnäytetyössä.

---

Aika ja paikka

---

Osallistujan allekirjoitus ja  
nimenselvennys

# Aiheet teemahaastatteluun

1. Mitä ymmärretään punakynäsarjoista?
2. Omat kokemukset punakynäsarjojen kanssa (hyvät ja huonot puolet)
3. Omat mielipiteet nykyisistä työmenetelmistä punakynäsarjojen kanssa
4. Parannusehdotuksia punakynämerkintätavoissa
5. Jos voisit muuttaa vapaasti koko punakynäprosessia, millaiseksi muuttaisit sen?

---

## MUISTIO

---

FIKLLA

2019-03-07

### Ohjeistus punakynäsarjojen kanssa työskentelystä

Tämä ohjeistus antaa ohjeita siihen, mitä tulee huomioida, kun toimitaan punakynäsarjojen kanssa, jotta työn laatu paranee ja hankkeen päätteeksi saadaan laadullisesti hyvät suunnitelmat ja tietomalli kohteen ylläpidon käyttöön. Jo hankkeen aloituskokouksessa tulisi tuoda esille punakynäkuvien merkitys loppukuviin ja niiden laatuun. Tilaajalle lisätään tietoisuutta punakynäsarjojen merkityksestä varsinkin tietomallinnushankkeissa.

Tässä ohjeita alla lueteltuna:

- Työmaalla tapahtuvat suunnitelmista poikkeavat muutokset dokumentoidaan heti projektin aikana eikä vasta loppuvaiheessa, esimerkiksi LVI-valvoja voisi seurata, että näin toimitaan.
- Aina työmaakokouksen jälkeen urakoitsija ja LVI-suunnittelija käyvät läpi yhdessä mahdollisia muutoksia ja urakoitsija luovuttaa näistä dokumentoinnin suunnittelijalle suunnitelmien ja mallin päivittämiseksi.
- Punakynäkuvien laadinnassa huomioon otettavia asioita:
  - o Yhteiset merkintävärit, kaikki urakoitsijat käyttävät samoja värejä merkinnöissä
    - Punainen väri = asennettu suunnitelmista poiketen.
    - Sininen väri = asennettu suunnitelmien mukaan (käytetään vain tarvittaessa selventämään kokonaisuutta).
  - o Yhteiset merkintätavat, mahdollisuuksien mukaan tietokoneohjelmalla
    - X = ei asennettu suunnitelmien mukaan.
    - Tekniikan asennuskorot lattiasta.
    - Tekstien lisääminen epäselvistä kohdista.

---

## MUISTIO

---

FIKLLA

2019-03-07

- Yhteinen tiedostomuoto, punakynäsarjat PDF:nä (skannattu tai PDF-työkaluilla tehty) suunnittelijalle.
- Punakynäsarjan laatijan yhteystiedot mukana kuvissa.
- Selitteiden lisääminen epäselvissä kohdissa kuvan reunaan.
- Valokuvien ottaminen epäselvistä kohdista tai tietomallista otettuun tulosteeseen piirtäminen.
- Tietomallihankkeissa korkojen ilmoittaminen.
- Punakynäkuvissa esitetyt muutokset eivät saa olla ristiriidassa muiden aselajien asennusten kanssa.