

Don Roos

Kiinteistöautomaation, sähkösuunnittelun ja LVI-suunnittelujen haasteet BIM-mallisessa suunnittelu- ja urakointimalleissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

25.4.2017

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Don Roos Kiinteistöautomaation, sähkösuunnittelun ja LVI suunnittelujen haasteet BIM-mallisessa suunnittelu- ja urakointimalleissa 37 sivua + 13 liitettä 25.4.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	Lehtori Osmo Massinen
<p>Insinöörityössä tuotiin esille eri sähkösuunnittelu osastojen väliset haasteet tietomallisuunnittelussa sekä kehitys ehdotuksia selkeämpään suunnitteluun.</p> <p>Työn tavoitteena oli tuoda esille uusia suunnittelu mahdollisuuksia tietomalli suunnittelussa, sekä selkeyttää ristiriitoja eri suunnittelu osastoiden välisessä suunnittelussa. Työssä tuotiin esille esimerkkitapauksia kohteista rakennus vaiheessa sekä valmiista kohteista ja havainnollistettiin miten, rakennukset suunniteltiin tietomalleilla sekä esitettiin BIM-suunnittelun hyvät ja huonot puolet. Työssä esitettiin myös rakentajien näkökulmia tietomallipohjaiseen suunnitteluun.</p> <p>Selvittämällä alan haasteita sekä lukemalla urakoitsijoiden haastatteluja selvisi, että tietomallintamista hyödynnetään nykyään liian vähän, vaikka se on jo kehittynyt valtavasti vuosien varrella. Tulevaisuudessa sen käyttö tosin tulee yleistymään.</p> <p>Työssä on kokoelma kehitys ehdotuksista, dokumentaatiosta, ja tietoa suunnittelutyön aloittamisesta. Ne sisältävät esimerkkejä tietomallien tehokkaampaan käyttöön ja tuovat esille niiden laajemmat käyttömahdollisuudet. Kokoelma on saatu kasattua käytännössä esille tulleista kokemuksista sekä alan kirjallisuudesta kerätyillä ehdotuksilla.</p>	
Avainsanat	BIM, sähkösuunnittelu, suunnittelujen haasteet

Author Title	Don Roos Challenges in automation, electrical planning and HPAC planning in BIM modeled planning and contractmodels
Number of Pages Date	37 pages + 13 appendices 25th April 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Power engineering
Specialisation option	Power engineering
Instructor	Senior Lecturer Osmo Massinen
<p>The purpose of this thesis was to disclose the BIM-planning challenges that appear between the different sections in electrical planning, and to present development suggestions for a clearer planning outcome.</p> <p>The main goal was to disclose new planning opportunities with BIM, and to clear conflicts between different sections of electrical planning. The thesis includes examples of buildings in their construct and complete state, and demonstrates how they were planned with BIM, the good and bad sides of BIM-planning were demonstrated. Visual points of view for BIM-planning from the builders are also demonstrated.</p> <p>By investigating the challenges that planning sector includes, and reading interviews with the contractors, it became clear that Building Information Modeling is not used in an optimal way, even though it has improved a lot during the last few years. In the future the use of BIM will grow.</p> <p>The thesis includes a collection of improvement suggestions, documentation, and information for starting a project with BIM. They consist of examples for more effective use of BIM-planning, and present wider use opportunities for it. The collection has been put together from actual experiences in the working field and by collecting suggestions from literature.</p>	
Keywords	BIM, electrical planning, challenges in planning

Sisällys

1 Johdanto	1
2 BIM-tietomallintamisen periaatteet	2
3 Automaatiosuunnittelu BIM-tietomallilla	3
3.1 Tekijänoikeudet automaation BIM-tietomallissa	3
3.2 BIM-mallitiedosto automaatiourakan laskennassa	4
3.3 Automaatiosuunnittelun toteutusvaihe	5
3.4 Automaatiosuunnittelun loppudokumentointi	7
4 Automaatiojärjestelmät	8
4.1 KNX -järjestelmä	9
4.2 Väylärakenne	10
4.3 Väylätekniikka	10
5 Yleisimmät tietomallinnuksessa käytetyt ohjelmat	13
5.1 Magicad	13
5.2 Cads	14
6 Tiedonsiirto	15
6.1 IFC	15
6.2 DWG	16
7 Logiikka ohjelmointi BIM-suunnittelussa	17
8 ST-kortiston ohjeet automaatiosuunnittelussa	17
9 ST-kortiston ohjeet LVI-suunnitteluussa	19
10 Suunnittelijoiden näkökulma rakennusautomaation tietomallinuksesta	21
11 Rakennustyömaaturvallisuus tietomallintamalla	22
12 Automaatiotyö Lappeenrannan kaupungille	24
13 Automaatiojohdotukset	25
14 Pohdinta	34

Liitteet

Liite 1. Urpolan koulun valvonta-alakeskukset

Liite 2. Urpolan koulun säätökaavio TK 05 1/6

Liite 3. Urpolan koulun säätökaavio TK 05 2/6

Liite 4. Urpolan koulun säätökaavio TK 07 3/6

Liite 5. Urpolan koulun säätökaavio TK 06 4/6

Liite 6. Urpolan koulun säätökaavio TK 06 5/6

Liite 7. Urpolan koulun säätökaavio TK 08 6/6

Liite 8. Urpolan koulun pisteluettelo 1/5

Liite 9. Urpolan koulun pisteluettelo 2/5

Liite 10. Urpolan koulun pisteluettelo 3/5

Liite 11. Urpolan koulun pisteluettelo 4/5

Liite 12. Urpolan koulun pisteluettelo 5/5

Liite 13. Urpolan koulun hälytysten yhteenveto

Lyhenteet

BIM	Building information modeling. Rakennuksesta luodaan digitaalisesti yksi tai useampi todellisuutta vastaava virtuaalimalli.
DWG	AutoCad Drawing Database. Käytetään AutoCad-ohjelmiston tiedonsiirrossa.
EHS	European Home Systems. Väylärakentamisessa käytettävä ratkaisu.
ETS	Engineering tool software. Sillä ohjelmoidaan, suunnitellaan sekä määritetään rakennusten älykkäitä ratkaisuja KNX-ohjelmistoa käyttäen.
IFC	Industry Foundation Classes. Käytetään tuotetietojen siirtelyyn ja on sen kansainvälinen standardi jota sovelletaan kiinteistön ylläpidossa ja rakentamisessa.
IPR	Intellectual Property Rights. Tarkoitetaan mm. patentin, hyödyllisyysmallin, tekijänoikeuksien ja tavaramerkin alkuperämerkintöihin liittyviä oikeuksia.
KNX	Lyhenteellä tarkoitetaan liitettävyyttä, kytkevyyttä ja yhteensopivuutta.
RAU	Rakennusautomaatio.

1 Johdanto

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää suunnittelutiedostoihin sisältyviä Building information model-malleja, jotta niistä saisi laajemman käsityksen suunnittelussa käytettävistä kojeista ja laitteista. Aihe tuli ajankohtaiseksi, koska nykyään automaatio-, sähkö- ja LVI- suunnittelumallit toteutetaan tekemällä samoja asioita niiden syöttäessä komponentteja ja määrittelyjoukkoja suunnittelutiedostoihin. Opinnäytetyö aihe on saatu Metropolia Ammattikorkeakoululta.

Työn tavoitteena on kehittää laaja ja selkeä toteuttamistapa automaatio-, sähkö- ja LVI-suunnittelijoiden käyttämiin malleihin. Mallit pyritään luomaan niin että ne olisivat käyttäjille mahdollisimman selkeät ja sisältäisivät myös yksittäisten laitteiden kaapeloinnit. Lisäksi malleilla pyritään siihen, että työtä pystytään jatkamaan selkeästi ja tehokkaasti jo toisen aloittamasta työstä.

Työ toteutetaan vertailemalla puutteita vanhoissa BIM-mallisissa suunnittelu- ja urakointimalleissa.

2 BIM-tietomallintamisen periaatteet

Perusta älykkäälle suunnittelulle on 3D-mallintaminen verrattuna 2D-piirustusten käyttöön. BIM-mallintaminen perustuu 3D-malliin jota kaikki projektiin kuuluvat henkilöt työstävät ja josta pystytään näkemään ajantasaista tietoa muiden suunnitelmista. [3.] BIM-mallintamisella pystytään myös näkemään virheet ja ristiriidat suunnittelun aikaisessa vaiheessa jolla, vältetään kalliit virheet rakennusvaiheessa.

BIM-mallisessa suunnittelussa saadaan selkeä kuva rakennuksen tietomallista joka sisältää sijainti-, geometria ja maantieteellistä tietoa sekä ominaisuus ja määrätietoa.

Tietomalli on rakennuksen ja rakennusprosessin elinkaaren aikaisten tuotetietojen kokonaisuus. Se on käytännössä moniulotteinen kuva rakennuksesta sekä sen sisältämistä laitteista ja ominaisuuksista. Tietomallien tarkasteluissa voidaan käyttää joko pelkkää arkkitehtitasoista kuvaa tai tietomallia, joka sisältää kaikki rakennesuunnittelijan mitoittamat rakenteet sekä mukaan kuuluvan talotekniikan (BIM).

Tietomallissa olevat tiedot on luotu rakennesuunnittelijoiden ja rakentajien lisäksi tietojärjestelmien tulkittavaksi. Tietomallinuksessa on käytettävä myös tietotekniikkaa. Malleja voidaan kuvata rakennuksen tietojen tallentamisena eri ohjelmien avulla. [2, s.1.]

IFC:tä (Industry Foundation Classes) käytetään tuotetietojen siirtelyyn, ja se on sen kansainvälinen standardi, jota sovelletaan kiinteistön ylläpidossa ja rakentamisessa. Siirtojen tuloksena saadaan rakennuksen tietomalli, joka sisältää rakennukseen kuuluvat laitteet ja ominaisuudet digitaalisessa muodossa. Malli voi sisältää mm. tietoja rakennuksen tontista ja ympäristöstä. [1.]

3 Automaatiosuunnittelu BIM-tietomallilla

Rakennusautomaatiojärjestelmä on kokonaisuus, joka on perinteisesti sijoittunut sähkö- ja LVI- suunnittelijoidenväliseen rajaan. Tästä johtuen suunnittelussa esiintyy hankaluuksia tehtäväjaossa minkä takia taas päädytään siihen, että automaatiosuunnittelu hoidetaan LVI-suunnittelun ohessa. Automaatiosuunnittelussa tarvitaan kuitenkin usein tietotaitoja molemmista osa-alueista, jolloin lopputulos ei ole aina paras mahdollinen.

Rakennusautomaatiota käytetään prosessien ohjaamiseen, valvomiseen sekä ylläpitoon. Vaikka tehtäväalue on laaja, ei rakennusautomaatiolla ole paljon viranomaisten laatimia määräyksiä. Laitteiden ja niiden sähköistystyöt on erikseen määritetty sähköturvallisuuslaissa.

Koska tehtäväalue on niin laaja, tulisi automaatiosuunnittelun nähdä erillisenä suunnittelualana, johon nykyään kuuluu LVI- ja sähkösuunnittelun lisäksi monta muutakin järjestelmää, kuten kulunvalvonta sekä valaistuksen ohjaus.

3.1 Tekijänoikeudet automaation BIM-tietomallissa

Tietomallin omistajuus perustuu immateriaalioikeuksiin (IPR). Oikeudet suojaavat teoksia, keksintöjä sekä kuvallisia ja sanallisia teoksia eri muodoissa. Immateriaalioikeuksien avulla turvataan työn tulosten taloudellinen hyödyntäminen. Tähän sisältyy aineeton yksinoikeus jolla tarkoitetaan että vain oikeuden haltijalla tai jollain muulla hänen luvallaan on oikeus käyttää patentteja tai julkaista teoksia. [2, s.1.]

Tietomallin oikeudet rakentamisessa voivat olla rakennuttajan tai konsultin, riippuen sopimuksesta. [2, s.1.]

3.2 BIM-mallitiedosto automaatiourakan laskennassa

Mallitiedostoon sisältyy, Järjestelmäkaavio, pisteluettelo, säätökaaviot, laiteluettelo sekä erillinen venttiililuettelo, toimintaselostukset säätökaavioista, piirustusluettelo, ohjelmaluettelo, rakennusautomaatioselostus eli yleiskuva sekä tasopiirustukset.

Järjestelmäkaaviot laaditaan aina kiinteistökohtaisesti. Kaavion tarkoitus on esittää järjestelmä graafisesti. Siitä tulee käydä ilmi mm. alakeskusten sijainnit, määrät ja tunnuksukset, alakeskuksiin liitettävien riviliittimien ja moduulien lukumäärät, sijainnit ja tunnuksukset, varavoimajärjestelmä, verkon rakenne, valvontakeskuksen sijainti sekä kaikki häilytyksessä tapahtuvat siirrot. [4, s.11.]

Pisteluettelossa esitetään kiinteistön kaikkiin alakeskuksiin liittyvät I/O-pisteet. Siinä tulee esittää myös pistetietoon liittyvät laite, alajärjestelmät, alakeskukset, laitetunnukset sekä laitteiden fyysiset pisteet ja ohjelmalliset toiminnot.

Säätökaaviossa kuvataan yleisesti käytössä olevien piirrosmerkkien avulla automaatiojärjestelmään liitettyjä prosesseja. Siihen sisältyy prosessikaaviokenttä, jolla esitetään prosessin pääkomponentit sekä instrumentointi. Kaavioista selviää myös alakeskusten ja kenttälaitteiden väliset kaapeloinnit ja kytkennät. Myös alakeskuksiin ja sähkökeskuksiin liittyvät fyysiset säätö- ja ohjauspisteet sisältyvät säätökaavioon. [4, s.12.]

Laiteluettelo sisältää suunnittelutiedot kaikista kenttälaitteista. Luettelossa esitetään laitteiden positiotunnukset, tyypit sekä määrät. Myös laitteiden mahdolliset erikoisvaatimukset liitetään luetteloon.

Säätökaavioiden toimintaselostukset pyritään liittämään suoraan säätökaavioihin. Toimintaselostus kuvaa laitteiden toimintaa yksityiskohtaisesti fyysisten ja ohjelmallisten toimintojen osalta.

Piirustusluettelossa esitetään kaikki suunnittelussa käytetyt dokumentit. Se nopeuttaa suunnittelijan työskentelyä, kun pystytään varmentamaan suunnittelussa käytetyt tiedot.

Ohjelmaluettelo sisältää ylimääräiset ohjelmatoiminnot jotka eivät näy säätökaavioiden

toimintaselostuksissa, kuten kulunvalvonnassa tapahtuvia virheitä sekä erilaisia raportointeja.

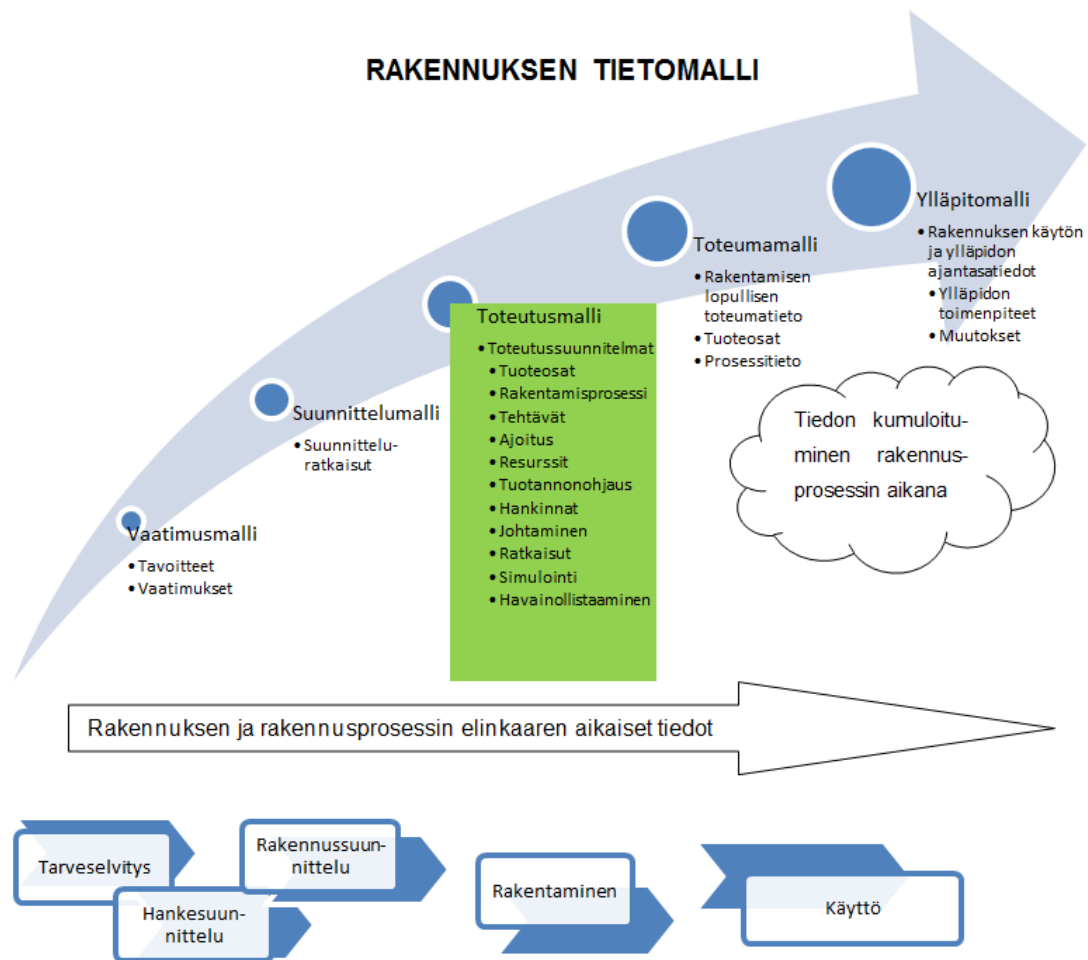
Rakennusautomaatioselostuksessa luodaan yleiskuva. Sen tarkoituksena on esittää järjestelmän toteutustapa sekä toimintatavat. Selostuksessa esitetään asennustyöhön liittyvät vaatimukset, järjestelmän toiminta sekä tekniset vaatimukset.

Tasopiirustuksissa esitetään työhön kuuluvien laitteiden sijainnit sekä kaapelointi. Automaation tasopiirustuksiin piirretään myös LVI- sekä sähköpiirustuksissa olevat laitteet.

3.3 Automaatiosuunnittelun toteutusvaihe

Aluksi suunnittelija käy arkkitehdin kanssa läpi ehdotussuunnitteluvaiheessa tehtävät tilavaraukset, jonka pohjalta luodaan vaatimusmalli. Tämän jälkeen suoritetaan yleissuunnitteluvaihe johon, sisältyy verkostojen pääreittien sekä aluekaavioiden mallintaminen. Arkkitehti pystyy helpommin varautumaan rakennuksen tilatarpeisiin kun, mallista ei vielä tässä vaiheessa tehdä kattavaa järjestelmämallia. Tarkka tietomallinnus suoritetaan yleissuunnitteluvaiheessa, siinä valitaan alue tai tila, johon mallinnus tehdään sellaisella tarkkuudella, että siihen voidaan varmistaa komponenttien ja laitteiden mahduminen. Tämän jälkeen suunnittelija suorittaa törmäystarkastelun, jonka avulla havaitaan puutteet tai virheet suunnittelussa ennen varsinaisten rakennustöiden alkamista. [5.]

Automaatiosuunnittelijat sekä muut suunnittelijat pystyvät lukemaan samaa tietomallia, joka helpottaa suunnittelua, kun pystytään vähentämään eri tietomalliversioiden virheitä. Myös asiakkaan on helpompi tulkita tietomallikuvauksesta tiloihin tehtyjä suunnitelmia.



Kuva 1. Toteutusvaiheen ajoitus on esitetty kuvassa 1. [30.]

Toteutussuunnitteluvaiheessa järjestelmien tarkkuudet ovat jo merkittävästi laadukkaampia. Suunnittelijat luovat järjestelmistä simulointeja, joihin lisätään selostuksia ja piirustuksia. Simuloinnit ovat välttämättömiä urakkatarjouslaskentojen kannalta. Lopuksi luodaan ylläpitomalli, sen avulla tarkastellaan rakennuksen ylläpidosta aiheutuvia kustannuksia, sekä ennalta ehkäistään mahdollisia muutoksia rakennuksen tulevaisuuden kannalta.

3.4 Automaatiosuunnittelun loppudokumentointi

Loppudokumentointi on kuvaus valmiista kohteesta, johon ei lähtökohtaisesti tehdä muutoksia tai revisiota. Mikäli dokumentteihin tehdään muutoksia, on niihin kirjattava muutoksen tekijän tiedot, päivämäärä sekä muutoksen sisältö. Loppupiirustuksissa ei tule olla minkäänlaisia (edes sammutettujen tai jäädytettyjen tasojen) suunnitteluvaiheen merkintöjä. Ennen piirustusten luovutuksia on suunnitelmista poistettava muun muassa ylimääräiset kuvat, käyttämättömät tekstit sekä viivat. Dokumentointi kootaan lopuksi yhdeksi tiedostoksi, josta on löydyttävä kaikki valmis tieto kohteesta. [7, s.4.]

Dokumentointi aloitetaan piirtämällä se oikean kokoiseen mittakaavaan. Ennen kuin loppupiirustuksiin sijoitetaan laitteet tai tehdään päivityksiä, on oltava varmoja siitä, että muutokset ovat ajan tasalla. Kun mittakaava saadaan oikeaan kokoon, pystytään varmistua siitä, että kuvassa olevat symbolien mittakaavat sekä sijainnit pitävät paikkansa.

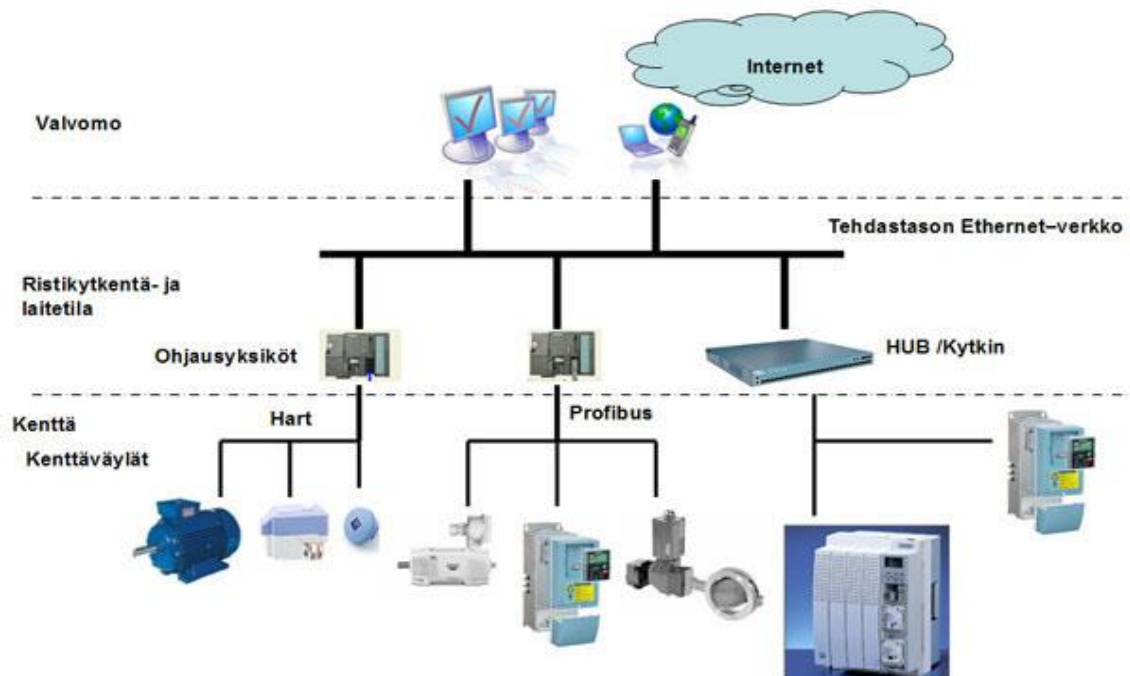
Kiinteistöautomaatiossa rakennuksesta ja siihen kuuluvista laitteista luodaan käyttö- ja huolto-ohjeet. Ohjeet yhdistetään ja niistä luodaan huoltokirja. Jokaiselle laitteelle tehdään asennustapa tarkastukset, jonka jälkeen niistä laaditaan pöytäkirjat luovutusdokumentteja varten. [6.]

Laitteille suoritetaan toimintakokeet, joissa jokaisen laitteen toiminnot tarkistetaan ja kirjataan ylös.

Kun tehdään käyttöönottotarkastus, toimitetaan tarkastuksen tekijälle kohteen huoltokirja, liitteet, kaikki lopullista asennusta vastaavat dokumentit, sekä todellisiin mittaustietoihin perustuvat tiedot. Kun käyttöönotto tarkastus on suoritettu, varmistetaan vielä että dokumentointi on tehty oikein. [6.]

4 Automaatiojärjestelmät

Kun puhutaan automaatiojärjestelmistä, voi kyse olla yksittäisestä logiikalla toimivasta laitteesta tai kokonaisen rakennuksen ohjausjärjestelmästä. Tehtaiden keskusyksiköinä käytetään valvomoasemia, jotka perustuu teollisuusstandardiin ja sen pohjalta asemaan liitettyihin PC,- ja I/O-yksiköihin. [8]. Tehdaskäytössä olevat järjestelmät rakennetaan yleensä niin, että järjestelmää ylläpidetään keskusvalvomosta joka on yhdistetty internetiin ja yhdistetään kentällä oleviin laitteisiin ethernet verkon kautta. Tieto tulee itse laitteelta ensin sen ohjausyksikölle, jonka kautta ristikytkentä tilaan (joissa yleensä suoritetaan myös valvontaa), ja sieltä edelleen keskusvalvomoon.



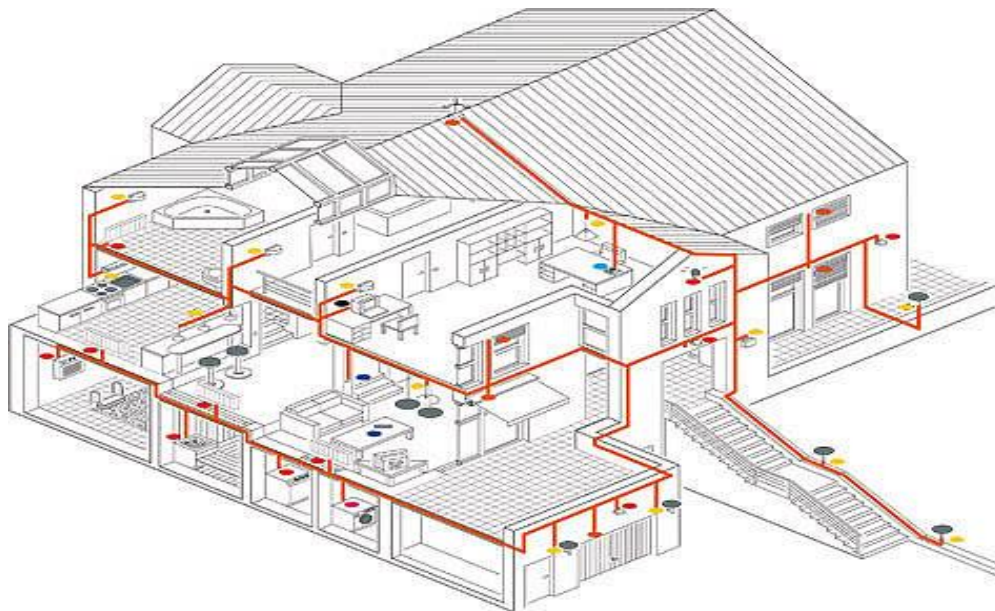
Kuva 2. Esimerkki automaatiojärjestelmän ohjauksesta. [8.]

4.1 KNX-järjestelmä

KNX on edistynyt kommunikointi järjestelmä laitteiden välillä. Järjestelmän virallinen nimitys on kiinteistöohjausjärjestelmä, joka perustuu väyläpohjaiseen kiinteistöohjaukseen. Laitteistolla on oma väylä, jota pitkin tieto kulkee. Eroja normaaliin valaistusjärjestelmään ovat muun muassa valaistuksen sytytys, joka suoritetaan kytkimen avulla, jossa sähkökuorman ohjaus tapahtuu kytkimen kautta, kun taas KNX-järjestelmässä ohjaus valaisimelle tapahtuu epäsuorasti. Epäsuoralla ohjauksella tarkoitetaan, että järjestelmä ei tarvitse omaa keskusyksikköä, vaan sen kaikissa komponenteissa on integroituna ominaisuuDET itsenäiseen ohjaukseen väylissä. Epäsuora ohjaus järjestelmässä vaikuttaa negatiivisesti laitteiston hintaan, mutta koska keskusyksikköä ei tarvita, säästää järjestelmät aloituskustannukset. [9.]

Kun järjestelmä ensi kertaa otetaan käyttöön, vaatii se toimiakseen Engineering Tool Software-ohjelman.

Järjestelmä vaatii toimiakseen pienen tilan, joten täysin samaa kokoa oleva järjestelmä voi toimia esimerkiksi yhdessä kerrostaloasunnossa tai suuressa liikerakennuksessa. Kuvassa 3 on toteutettu omakotitalon valaistus KNX-ratkaisulla.



Kuva 3. KNX-ratkaisu omakotitalossa. [14.]

Järjestelmällä on paljon etuja. Esimerkiksi järjestelmään liitetyn valaistusryhmän tai vaikka koko asunnon valaistuksen saa päälle yhdestä katkaisijasta ennalta määritettyyn valaistustilaan. Toisaalta jos halutaan kaikkein energiatehokkain ratkaisu, voidaan käyttää liiketunnistimia millä vältetään myös kaikki tarpeeton katkaisijoiden käyttö. Lisää etuja ovat muun muassa järjestelmän helppo muokattavuus. Järjestelmään luodaan uusi toiveiden mukainen ohjelma, eikä fyysisistä kaapelien tai kytkimien sijoittelustakaan aiheudu vaivaa, kun järjestelmä toimii väyläpohjalla. [10.]

KNX-ratkaisulla pyritään siihen, että asiakas saa toivomansa avoimen ratkaisun rakennuksen ohjauksiin. Järjestelmän tärkeimpiin ominaisuuksiin kuulu myös se, että sen elinikä on useamman vuoden ajan eikä sitä tarvitse jatkuvasti päivittää, sekä se, että tekniseen tukeen saa tarvittaessa nopeasti ja helposti yhteyden muun muassa etäyhteyden avulla, jolla järjestelmää pystytään ohjaamaan tai muokkaamaan etänä. Kun järjestelmään halutaan lisätä laitteita, onnistuu se helposti, koska kaikkien valmistajien laitteet toimivat keskenään. [10.]

Järjestelmän voi muun muassa ohjata parantamaan kodin turvallisuutta visuaalisesti esimerkiksi sytyttämään valoja tai liikuttamalla verhoja asukkaiden ollessa poissa. Se voi sisältää laitteita, jotka pystyvät lähettämään murtohälytysilmoituksen etäyhteydellä tai vaikka matkapuhelimen välityksellä.

4.2 Väylärakenne

Kun väyliä suunnitellaan, on otettava huomioon muun muassa tilassa jo aikaisemmin oleva laitteisto sekä niiden kaapelointi sekä se, tuleeko väylään liitettäviä logiikoita tai liittykö väylä automaatiojärjestelmään. Suunnittelussa huomioidaan myös ympäristö ja sen asettamat vaatimukset, tekniikat, joilla kaapeloinnit toteutetaan, tiedonsiirronopeus, kaapelien enimmäispituudet, ohjelmointiin vaadittavat työkalut, mahdolliset laajennukset laitteille tulevaisuudessa, laitteiden toiminta vikatilassa, sekä se, onko laitteisto jo aikaisemmin ollut käytössä, jotta saadaan vaikutelma sen yleisestä toiminnasta. [12.]

4.3 Väyläteknikka

Tekniikka perustuu laitteiden väliseen ohjaukseen käyttämättä erikseen määriteltyä tietokonetta. Väyläteknikalla tieto lähetetään jokaiselle laitteelle, joka on liitetty siihen,

kun taas normaalissa sähköjärjestelmässä kytketään laite päälle suoraan esimerkiksi kytkintä painamalla. Väyläteknikassa erotetaan myös syöttö sekä laitteiden ohjaustiedot omille kaapeleille, jotta asentaminen olisi helpompaa. [14.]

Väyläteknikassa panostetaan koko ajan enemmän turvallisuuteen sekä kiinteistöjen energiatehokkuuteen. Esimerkiksi KNX-tekniikkaan käytetään turvallisuuteen liittyvien laitteiden komponentteja integroituina väyläasennuksiin. Näin vältetään esimerkiksi mahdolliset tulipalot, kun voidaan erikseen valita yksittäisiä virtapiirejä, jotka halutaan eristää järjestelmästä siksi aikaa, kun ketään ei ole kotona. [14.]

Väylien tarkoituksena on älykkäiden käyttöliittymien yhdistäminen. Väylät ovat kaksisuuntaisia, jotta tiedonsiirtäminen sujuisi nopeasti ja vaivatta.

Väylätyyppejä on laaja valikoima mutta yleisimpiin kuuluvat seuraavat.

Bluetooth on henkilökohtainen lähiverkko jota käytetään väylärakennuksessa silloin kun kaapeleiden vetäminen ei ole mahdollista. Tällä saadaan luotua yhteys lyhyen kantaman välisille laitteille.

BACnet on rakennusautomaatiossa käytettävissä oleva tiedonsiirto ohjelma, joka pystyy toimimaan itsekseen eikä tarvitse muita ohjelmistoja tai laitteita. Kun tarvitaan tiedonsiirtoa valvomoiden tai muiden järjestelmien välillä BACnet on hyvä vaihtoehto, koska se ei ole myöskään riippuvainen muista laitevalmistajista.

Ehs on kenttäväylä joka on erityisesti suunniteltu kotioloihin eli kotiautomaation sovelluksissa käytettäväksi.

ModBus kehitettiin tarkoituksena liittää ohjelmoitavia logiikoita. Ratkaisulla pystytään yhdistämään useampi laite samassa verkossa käytettäväksi. Yleisin käytötapa Modbusille on teollisuuden valvontalaitteiden yhdistäminen kentällä oleviin laitteisiin.

BatiBus on kenttäväylä johon ei tarvitse liittää erikseen väylänohjauspiiriä, se pystytään integroimaan mikroprosessoreihin valmistajasta riippumatta.

Lonworksilla toteutetut väylät ovat eniten käytettyjä väyläratkaisuja rakennusautomaatiossa ympäri maailmaa. Jos vertaillaan esimerkiksi ModBusia tai ProfiBusia LonWorksiin,

on niillä valtavat erot. Sen sijaan että tietoa siirrettäisiin tietoa päälaitteiston kautta, pystytään LonWorksilla muun muassa siirtämään sitä minkä tahansa samassa verkossa olevan LonWorks-laitteen kautta. Ratkaisulla pystytään kommunikoimaan ethernetin avulla. Lon on niin sanottu hajautettu järjestelmä, jota hyödynnetään tehokkaampaan verkon kapasiteetin siirtoon. Järjestelmään sisältyy LonTalk-protokolla, joka perustuu matemaattisesti laadittuun kaavaan ja takaa sen ettei tiedonsiirrossa esiinny ruuhkaa [20 s,31]. Verkkoa pystyy myös muokkaamaan vaivatta, jokaisen verkkoon liitettävän laitteen yhteensopivuudesta toistensa kanssa. Tämä myös takaa verkolle huomattavasti pidemmän elinkaaren. [20 s,31.]

LonWorksilla voidaan suorittaa toimintoja portaittain. Toimintoja voidaan aluksi tehdä muutama ja lisätä niitä koko ajan tarpeen mukaan. Tekniikka nostaa rakennuksen arvoa esimerkiksi normaalilla tekniikalla rakennettuun rakennukseen, johtuen sen tarjoamasta käytännöllisyydestä, vaikka laitteiden kustannukset eivät ole suuria. [20 s,32.]

ProfiBus on toistaiseksi nopein saatavilla oleva kenttäväylä ratkaisu. Se perustuu maailmanlaajuiseen OSI (open system interconnection)-, standardiin. Profibus koostuu eri tasoista, joista jokainen käsittelee tarkalleen määritettyjä tehtäviä. Ensimmäinen taso käsittelee fyysisiä toimintoja. Toinen taso käsittelee ohjelmistotietoja, sekä määrittelee käyttäjän tiedot. Seitsemäs taso käsittelee laitetietoja sekä niiden toimintoja. [13.]

ProfiBus- järjestelmissä käytetään "Bus master-laitetta", joka ohjaa "slave-, laitteita" eli siihen liitettyjä laitteita, jotka vaativat Bus masterin toimiakseen. Slave nimitystä käytetään kaikista I/O laiteohjaimista, venttiileistä tai muista mittauksessa käytetyistä laitteista. Ne prosessoivat tietoa ja lähettävät sen master-laitteelle. [13.]

Master laite eli ohjaava laite koostuu kahdesta luokasta. Ensimmäisen luokan laite käsittelee normaalin tietojenkäsittelyn slave-laitteiden välillä, jotka siihen on liitetty. Toisen luokan master-laite on useimmiten erikoislaite jota käytetään slave-laitteiden käyttöönottoon sekä tarkkailemaan niiden diagnostiikkaa. [13.]

Ensimmäisen luokan master-laite on ohjelmoitava logiikka tai tietokone joka käyttää erityistä sille laadittua ohjelmaa. Se käsittelee slave-laitteiden tiedonsiirtoa sekä niiden I/O-, tietojen käyttöönottoa.

Toisen luokan master-laite on asema, jota voidaan myös käyttää tietokoneen avulla. Sen

päättehtävät ovat huoltotarpeiden sekä diagnostiikan tarkkailu. Sillä pystytään suorittamaan käyttöönotto slave-laitteille vain väliaikaisesti.

5 Yleisimmät tietomallinnuksessa käytetyt ohjelmat

Tietomallinnusohjelmia on valtavasti mutta yleisimmät sekä monipuolisimmat ovat MagiCad-, sekä Cads-ohjelmistot.

5.1 MagiCad

Ohjelmisto sisältää valtavasti toimintoja, jotka helpottavat huomattavasti työtä ennen rakennusvaiheen aloitusta, sitä käytetään tehokkaiisiin sähkö-tele ja datajärjestelmien suunnitteluihin. Tulevaisuudessa Revit MagiCadille ohjelmalla pystytään mallintamaan kaapelit suoraan 3D-kuvana ja esittämään niiden painot sekä painon vaikutukset kaapelihylyille ja reiteille. Magicad sisältää seuraavanlaisia sovelluksia,

Törmäystarkastelussa käydään läpi mahdolliset ristiriidat LVI- ja sähkölaitteiden sijoittelussa kuten kaapelihylyjen läpi menevät ilmastointi putket.

Kohteen selkeässä ulkoasussa pystytään hahmottelemaan rakennuksen jokainen tila 3D-kuvana ennen kuin mitään on fyysisesti rakennettu. Ohjelma luo myös kuvan 2D-muodossa pohjalle samalla kun piirtää 3D-tilassa tai päinvastoin.

Älykkäät johtoreitit ja kaapelihylyt sovelluksella voidaan piirtää johtoreitit automaattisesti oikein sekä nopeasti, standardien ja vaatimusten mukaan

Automaattiset työkalut piirtoon sovelluksella voidaan säätää automaattisesti esimerkiksi kaapelihylyjen risteyksiä, korkeuksien muutoksia ja standardisoitua yhteyksiä kaapelihylyille ja johtimille.

Elektronisten komponenttien helpot asennukset sovellus sisältää automaattisen tuotetieto lisäyksen joka auttaa muun muassa valaisimien, pistorasioiden, kytkimien sekä turvalaitteiston asennuksissa.

NavisWorks-yhteys Sovelluksella voidaan siirtää laitteita ja malleja suoraan NavisWorks-ohjelmaan.

5.2 Cads

Ohjelmistolla on paljon samoja ominaisuuksia kuten MagiCadilla mutta sisältää myös uusia ominaisuuksia.

IFC-tietomalleilla pystytään tuomaan sekä viemään IFC-muotoisia tietomalleja. Sillä voidaan luoda yhdistelmämallia. [15.]

Piirikaaviot antaa suunnittelupohjan piirikaavioiden piirtämiselle. Siinä on muun muassa automaattinen komponenttien sijoittelu, selkeä sivujen hallinta, ja valmiit johdotusten viittaukset. [15.]

Logiikat sovelluksessa on valmiina eri valmistajien logiikoiden I/O-moduuleja. Sillä voidaan luoda myös omia kortteja tai laitteita.

Tasopiirustuksista tietomalleihin sovelluksella pystytään luomaan esimerkiksi keskuskaavioita suoraan tasopiirustuksista.

Sähköisellä määrälaskennalla pystytään muun muassa laskemaan tietoja suoraan IFC-tietomallista, sekä viemään määräluettelot tarjouslaskentaohjelmistoihin. Sillä voidaan tuottaa standardien mukaiset sähköpisteluelletot. [15.]

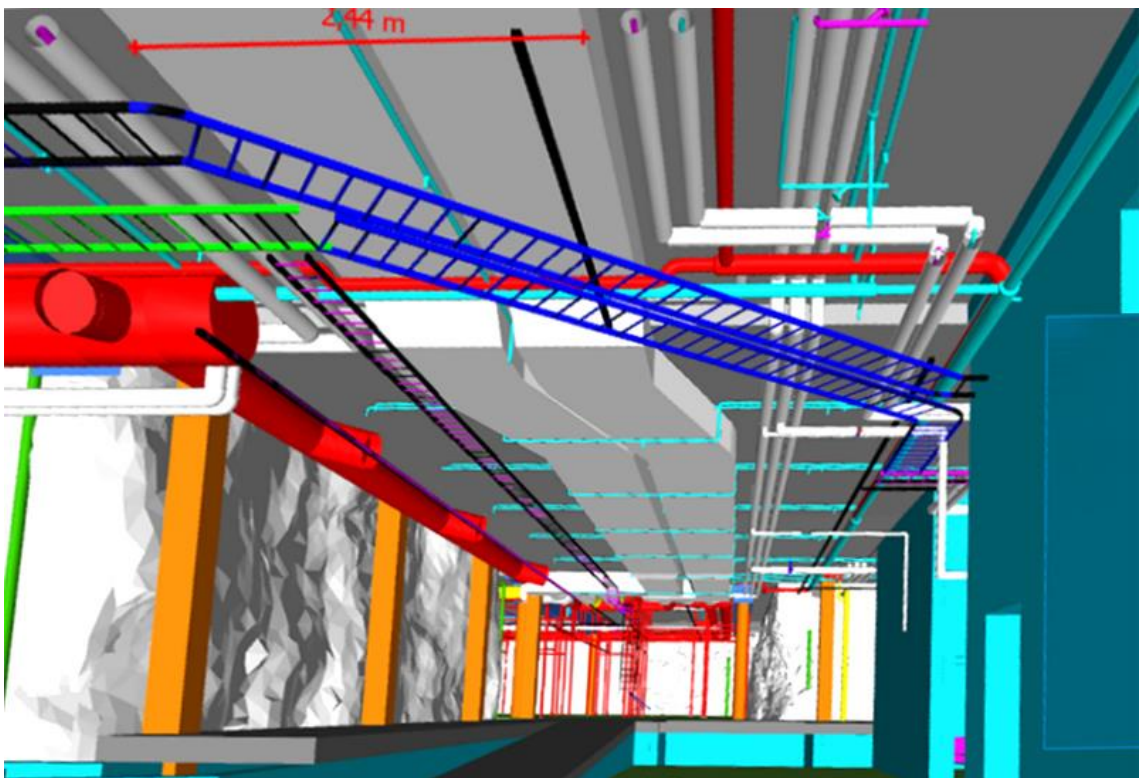
6 Tiedonsiirto

Jos tietomallintaminen suoritetaan esimerkiksi MagiCad-ohjelmistolla, aloitetaan laitteiden siirto lisäämällä huoneiden korkeudet ja laitteiden asennuskorkeudet. Tämän jälkeen laitteille lisätään positionumerot ja muut tiedot. Laitteet voidaan siirtää myös suoraan sellaisenaan DWG-, tai IFC-tiedostoina.

6.1 IFC-tiedonsiirto

Rakennusten pohjakuvissa käytettävä Industry Foundation Classes mahdollistaa tiedonsiirron keskenään CAD-ohjelmien avulla. IFC-tiedostoja siirretään yleensä parametreina, jos ohjelmat ovat samankaltaisia tiedonsiirto on helpompaa koska se ei vaadi niin suurta kokoa tiedostolta. IFC-malleja tukevia ohjelmia on myös erilaisia kuten sellaisia jotka eivät sisällä 3D-tietoa mallista, vaan laskee jo tehdyn työn kautta. [16, s.1.]

Etuna IFC-tiedostolla on se, että sillä voidaan suodattaa tarvittava haluttu tieto, eikä jää tarvetta siirtää kaikkea ylimääräistä tiedostoihin sisältyvää tietoa. Esimerkiksi kaapelihylly suunnittelu on tehokasta IFC-mallinnuksella kuten kuvassa 4 on esitetty.



Kuva 4. Esimerkki IFC-muodossa olevasta rakennus kohteesta. [18.]

Tiedostoja voidaan tuoda attribuutteihin neljällä mahdollisella tavalla,

Kun mallin avaa ja luo siitä uuden projektin, muuttaa se automaattisesti tiedoston samanlaisiksi elementeiksi kuin kuvassa mistä tieto tuodaan.

Kun tietomalli liitetään käynnissä olevaan projektiin, se estää projektin päälle piirtämisen.

Tunnistetaan IFC-mallin muutokset, jolloin pystytään tunnistamaan samanlaisten versioiden erot, jonka jälkeen se liittyy tehdyt muutostyöt käynnissä olevaan projektiin. [16, s.7.]

Kun IFC-malli päivitetään, päivittää se käynnissä olevan projektin IFC-mallin kaltaiseksi. Toiminnoista voidaan valita, halutaanko päivittää nykyiset IFC-tiedostot ja tuoda nykyinen pohja, vai päivittää vain IFC-tiedostot. [16, s.7.]

6.2 DWG-tiedonsiirto

Kun IFC-tiedonsiirtoa käytetään pohjakuvien siirtoon, on Autocad Drawing Database-tiedonsiirto (DWG) otettu käyttöön tasopiirustusten siirtoon. DWG on Autocadin oma tallennustapa, joka on nykyään kaikkein yleisin tallennuksen muoto Autocadissa.

Kun DWG-tiedosto avataan, voidaan siitä nähdä vain tiedoston omat attribuutit. Tämän takia DWG-tiedostot kannattaa usein liittää aloitettuun projektiin. Mikäli kuvat ovat monimutkaisia ja sisältävät valtavasti dataa, avataan ne ArchiCad-projektissa. [17, s.1,4.]

DWG-tiedostoihin sisältyy useampia eri attribuutteja, seuraavassa esitellään niistä muutama.

Kun ArchiCadista tallennetaan tietoa, käytetään kynät ja värit sovellusta. Värit muuttuvat automaattisesti rgb-järjestelmän avulla vastaavaan AutoCad ohjelmiston väriin. Kun kuvat avataan ArchiCadissa kynän värit muuttuvat automaattisesti AutoCadin mukaisiin väreihin, mutta kynänumerot jäävät samanlaisiksi kuin AutoCadissa. [17, s.5.]

Tasot sovelluksessa sijoitetaan piirustuksessa olevat kuvat samoille tasoille, jotka on luotu samalla kynällä. Kuvissa olevien eri elementtityyppien, kuten ikkunoiden tai ovien,

mitoista saadaan tehtyä omat tasot ArchiCadin mukaan. [17, s.4.]

AutoCadin viivatyypejä on mahdollista säätää vaihtamalla kuvatasossa käytettyä tyyppiä. Mikäli AutoCadissa tulee vastaan viivatyypejä joissa on "shape objekteja" on ne mahdollista siirtää ArchiCadistakin AutoCadiin. [17, s.5.]

7 Logiikkaohjelmointi BIM-suunnittelussa

Toistaiseksi BIM-mallintamisella ei käytetä logiikkaohjelmointia, koska sille ei ole vielä kehitetty järkevää toimintatapaa.

Logiikkaohjelmoinnista voitaisiin esimerkiksi luoda simulointi suoraan 3D-kuvaan, josta nähtäisiin suoraan laitteiden toimintaperiaate käytännössä, edellyttäen että jo valmis toimintaohjelma voitaisiin ladata mallinnusohjelmaan.

Mahdollisuuksia olisi myös luoda suoraan mallinnus ohjelmiin logiikoiden kalibrointiin tarkoitettu työkalu, josta suunnittelija pystyisi asettamaan kalibrointitiedot logiikoille ennen kentälle asentamista, näin saataisiin nopeutettua logiikoiden ohjelmointiin kuluva aikaa.

8 ST-kortiston ohjeet automaatio-suunnittelussa

Sähköurakan suunnittelutyötä ei tule ajatella vain LVI- ja sähkösuunnittelun kannalta. Suunnittelun alkuvaiheessa työt sekä vastuut jaetaan talotekniikan erikoissuunnittelijoiden välillä. RAU-suunnittelussa pyritään luomaan suunnitelmia, joiden tarkoituksena on rakentaa energian tehokkuutta sekä ympäristöä tukeva hallintajärjestelmä, taloteknisiin järjestelmiin. [19, s.1.]

Automaatio-suunnittelussa on noudatettava TATE12-tehtäväluettelon kokonaisuuksia

Kun suunnitteluvaihe aloitetaan, tehdään järjestelmäkuvaus, kuvauksessa tuodaan esille LVISJ-järjestelmien toimintoja rakennusautomaation kannalta. Suunnittelun loppuvaiheessa tuodaan esille koko työn laajuus automaatiourakan näkökulmasta, jolla saadaan yleisnäkemyks rakennuskohteesta. [19, s.2.]

Työselostuksen tarkoituksena on esittää rakennusautomaatio järjestelmien tekniset

ominaisuudet. Kuvaukset sisältävät kohteeseen asennettavien automaatiolaitteiden sekä järjestelmien vähimmäisvaatimukset. [19, s.2.]

Säätökaaviot ja toimintaselostukset sisältää automaatiojärjestelmään lisätyt prosessit ja niiden liitteet. RAU-suunnittelijat luovat rakennuskohteesta kaaviot järjestelmittain tai prosesseittain. Jokainen automaatiojärjestelmään erikseen liitetty kohde, kuten valojen ohjaukset ulkona kuvataan kaaviossa. Kaavioissa voidaan kuvata kentällä olevien tiettyjen laitteiden kaapeloinnit yksityiskohtaisesti. Selostuksessa kirjoitetaan sanallisesti laitteiden, järjestelmien tai prosessien toiminnot, jotka eivät käy ilmi kaavioista. Sisällön tulee olla selkeä ja toiminnallinen. [19, s.3.]

Yhteensovituskaavioista selviää rakennuksen järjestelmien liitynnät sekä yhteistointa. Kuvauksiin sisältyy tieto, jota järjestelmien välillä siirretään, esimerkiksi paloilmoinjärjestelmän ohjaus hisseille tai paloilmoinjärjestelmän ohjaus hätäkuulutuksen käynnistämiseksi. Tiedon siirto sekä tähän liittyvät toiminnot, kaapeloinnit ja laitteet automaatiojärjestelmän kannalta selviää yksityiskohtaisemmin säätökaaviosta. [19, s.2.]

Laitesijoituspiirustusten pohjana käytetään arkkitehdin luomaa suunnitelmaa johon RAU-suunnittelijat piirtävät laitesijoitukset. Yleensä tavoitteena on esittää automaatiourakoitsijan asennuksiin, laitteisiin tai kytkentöihin liittyvät sijainnit. Piirustukset sisältävät myös jokaisen alakeskuksen, sekä esimerkiksi riviliittimien tai säätimien koteloinnit. [19, s.6]

Automaatiosuunnittelijoiden tehtävänä on myös laatia laiteluettelo, jossa jokainen hankinnassa oleva laite esitetään prosessettain. Luettelo sisältää muun muassa säädettävien venttiileiden painehäviöt sekä virtaumat sekä taajuusmuuttajien vaatimat tehot. Luetteloon merkitään myös laitteiden tekniset tiedot, jos ne eivät vastaa työselostuksen vähimmäisvaatimuksia. [19, s.6.]

Automaatiosuunnittelijoiden vastuuseen kuuluu laitteistojen liittäminen RAU-järjestelmään, IO- sekä väyläliityntöjen määrytykset, järjestelmään liitettäessä. Määrytykset väyläliityntöjen toimintatavoissa, kuvata väyläliityntöissä tapahtuvat tiedonsiirrot, esimerkiksi hälytykset teho-, tai asetusarvot. Väyläliityntäpisteiden ja IO-pisteiden välillä tapahtuvat tiedonsiirrot, joista tehdään lähtötietoaineisto ja se välitetään LVIS-suunnittelijoille. IO- ja väyläliityntöjen esittäminen suunnitelmissa. [19, s.7.]

RAU-suunnittelijat esittävät kaikki savunpoistossa olevat liittynät LVI-suunnittelijoiden luoman kaavion pohjalta.

Pienten ilmanvaihtokoneiden kannalta automaatio-suunnittelijat määrittävät kaikki IO-liittynät RAU-järjestelmään, esittävät IO-liittynät sähkösuunnitelmissa, tekevät IO-liittytöjen avulla tiedonsiirrot, esimerkiksi hälytykset tai asetusarvot sekä esittävät toimitusrajat suunnitelmissa. [19, s.8.]

Liittytöjen sekä sähköjärjestelmien toimintojen esittäminen sähkösuunnitelmissa kuuluu automaatio-suunnittelijoiden vastuulle, kuten myös mahdollisten siirtojen kannalta merkittävä lähtötiedot. Jos esimerkiksi RAU-järjestelmään siirretään uutta tietoa, voidaan lähtötiedoilla esittää järjestelmän vaatimat toiminnot. [19, s.8.]

9 ST-kortiston ohjeet LVI-suunnittelussa

Tärkein ominaisuus tietomalleilla tehdyissä suunnitelmissa on, että rakennukseen liittyvät osat pystytään esittämään selkeästi jokaiselle hankkeeseen osallistuvalla osapuolella. [28, s.1] Mallinnus on jaettu erillisiin tarkkuus tasoihin yhdestä neljään, jossa taso neljä on vaativin.

1. Kohde mallinnetaan perusgeometrian sekä sen sijainnin kannalta oikein.
2. Kaikki rakenteet jaetaan elementteihin, perusgeometrian kannalta mallinnetaan siten, että kohteen rakenteiden määrät käyvät ilmi mallista.
3. Tyypielementit sekä tyypipaikallavalut ovat geometrian kannalta oikein ja sisältävät liittymät, valutarvikkeet sekä raudoitteet. Kokoonpanoista, joissa on käytetty terästä tehdään betonielementeistä vastaavat mallikokoonpanot.
4. Vaatimukset ovat samat kuin kohdassa 3, mutta lisäyksenä mallinnetaan teräskokoonpanojen liittopilareihin raudoitteet. [28, s.2.]

Rakennusten lämmitysjärjestelmä valitaan rakennuksen sijainnin, koon, käyttötarkoituksen sekä energiantarpeen perusteella. Lämmityslaitteita käytetään rakennusten tilojen, käyttöveden sekä ilmanvaihdon tuloilman lämmitykseen. Rakennuskannasta melkein puolet liittyy kaukolämpöverkkoon, johon sisältyy julkiset rakennukset, liikerakennukset, asuinkerrostalot sekä rivitalot, rivitaloista tosin noin puolet ovat kaukolämmöllä lämmitettäviä. [27, s.4.]

Ilmastoinnin suunnittelua varten tulee tilaajan tai tilaajan edustajan luovuttaa kohteesta lähtötiedot suunnittelijalle. Mikäli suunnittelijan on määriteltävä lähtötiedot itse, tulee ne hyväksyttäväksi tilaajalla ennen rakentamisen aloitusta [26].

LVI-suunnittelun lähtötiedot sisältävät seuraavia elementtejä.

Laitteista, jotka tilaan sijoitetaan on esitettävä olosuhdeluokat sekä niiden lisävaatimukset. Sisäolosuhteet on tilaajan päätettävä, laitetoimittajan toimittamien laitetietojen jälkeen. [26, s.4.]

Tuulesta aiheutuvat kuormitukset, epäpuhtaudet ympäristössä kuten kaasut sekä kosteus tai lämpölähteistä aiheutuva kuorma. [26, s.4.]

Rakennuksen korkeus kohdat, kulkureittien sijoitukset.

Määritettävä kevyt tai raskas rakenne, aukot sekä ovet, ja rakennuksessa käytetty materiaali. [26, s.4.]

Määritetään tilassa tapahtuva veto sekä äänentaso.

Ennalta ehkäistään riskit sekä riskien vaikutukset, otetaan huomioon mahdolliset häiriötilanteet. [26, s.4.]

Määritetään tilassa olevat läpivienti kohdat, jaetaan tila tulipalon sattuessa osastoihin, varmistetaan tulipalon sammutus tehokkuus. [26, s.4.]

10 Suunnittelijoiden näkökulma rakennusautomaation tietomallinnuksesta

Tällä hetkellä rakennusautomaation tietomallia ei suunnittelijoiden kesken pidetä yhtä hyödyllisenä kuin suoraan rakennuskohteesta saatavalla tiedolla. Suurin käyttö tietomallilla esiintyy törmäystarkasteluja tekemällä. Koska automaatiolaitteet eivät yleensä vie paljon tilaa, ei tietomalliosuutta rakennusautomaation kannalta pidetä tarpeeksi hyödyllisenä. [21] Tietomallit tosin ovat välttämättömiä suunnittelutoimistoissa, joissa on erikseen LVI-, automaatio-, sekä sähkösuunnitteluosastoja. Tietomalleilla nähdään selvästi omat urakkarajat, mallien avulla voidaan selailla samaan aikaan muiden suunnittelijoiden tekemiä muutoksia joita pääsee kommentoimaan. Jokainen suunnittelija saa käsityksen lopputuloksesta sekä mahdollisista tulevista muutoksista tilaan, ja voidaan jättää esimerkiksi vapaata tilaa tarpeen mukaan.

Toisaalta kohteen tiedot voidaan siirtää normaalilla 2D-, menetelmällä yhtä helposti kuin 3D:llä.

Tietomalleja voitaisiin kehittää lisäämällä niihin ominaisuuksia jotta LVI-, sähkö-, sekä rakennusautomaatiosuunnittelijat voisivat nähdä suoraan, minkä osaston vastuulla ovat esimerkiksi epäselvät järjestelmäkohteet.

Suurena ongelmana rakennusautomaatiossa pidetään vähäistä standardi määrää. Jotta rakennusautomaatiojärjestelmien välillä voitaisiin varmistaa tehokas tuki sekä huoltotyövalmius, olisi järjestelmää suunniteltaessa hyödyllistä ottaa huomioon, että monelta eri yritykseltä löytyisi jo valmiiksi lisenssit kyseiseen järjestelmään. [21.]

Tietomallien käyttö urakoinnissa on jäänyt todella vähäiseksi. Tulevaisuudessa sen käyttö tulisi lisääntyä, ja jotta työtavat olisivat tehokkaita ja työtulokset olisivat parhaat mahdolliset, olisiärkevintä kehittää omia tietomallinnusohjelmia pelkästään urakoitsijoiden käyttöön. Toiminnot olisivat suorina, helppoja ja nopeita toteuttaa. Ne voisivat sisältää tiedot yhteensopivista komponenteista ja laitteista järjestelmän kanssa ennen kuin rakennustyöt aloitetaan sekä aivan pelkistettyä tietoa rakennukseen asennetun järjestelmän valmistajasta.

Tietomallinnusta urakoinnissa ei toistaiseksi pidetä erityisen tärkeänä. Nykyään automaatio keskittyy pääosin teollisuudessa konehuoneisiin, kun taas yksityisasunnoissa ja

liikerakennuksissa sitä löytyy vähän joka puolelta. Näissä eniten työtä aiheuttavat normaalit komponenttiasennukset. Tietomallin käytöstä voisi olla hyötyä suurempien laitteiden asennuksista tai hahmottelussa, kuten tilojen, kanavien, johtoreittien tai antureiden kannalta.

11 Rakennustyömaaturvallisuus tietomallintamalla

Yleisesti tietomalleilla keskitytään suunnittelemaan rakennuksen runkoa ja sen valmiiksi saamisen aikatauluihin, työjärjestelyihin sekä visualisointiin. Turvallisuus työmaan kokonaisprosessin kannalta on sen sijaan saanut vähemmän huomiota. Työmaalla työskenneltäessä turvallisuusasiat ja niiden hallinta voivat olla haasteellista viestittää eteenpäin työntekijä tasolle. Tästä johtuen työtapaturmien määrä rakennustyömailla on säilynyt valitettavan korkeana, kun verrataan sitä muihin teollisuuden aloihin. [22.]

Simulaatiot

Työmaille on kehitetty tietomallipohjaisia simulaatioita esimerkiksi kohteen nosturisijoittelun ja nosturin ulottuvuusalueen mahdolliseen nosturin romahtamiseen ylettyvään alueeseen. Simulaatioilla pyritään siihen, että henkilökunta pystyisi suunnittelemaan turvallisuutta etukäteen ennen rakentamista. [23, s.8.]

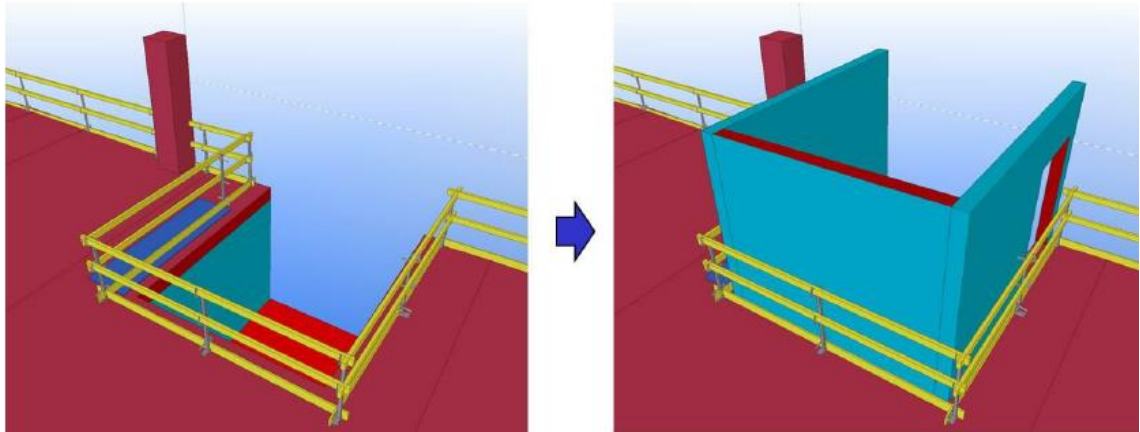
Turvallisuus simulaatioita on muun muassa seinien purkutöistä, lattiatöihin vaadittaviin putoamisen esto ratkaisuihin.

Tietomallipohjaiseen työmaa-alueeseen sisältyy rakennustyömaa ja sen läpi kulkevat kadut sekä muu lähiympäristö, johon nosturityöt voivat vaikuttaa, alueella olevat tilapäiset laitteet sekä rakennukset, tilapäisesti alueella oleva urakoitsijoiden materiaali, sekä ennalta arvioitavat riski-alueet. [23, s.10.]

Simulaatioista käy ilmi selvät tietomallinnuksen hyödyt, kuten se, että mallintamalla saatiin luotua väliaikaiset rakennus telineet, josta nähdään miltä ne käytännössä työmaalla näyttäisivät.

Epäkäytännölliset puolet tietomallinnuksessa ovat visualisointiin tarvittavien työkalujen puute sekä videoiden tekoon vaadittavat animointityökalut. [23, s.10.]

Seinien purkutyösimulaatioissa on käytetty tietomallintamista ennen seinien poistamista fyysisesti, ennakoitua turvallisuuden takaamiseen, kuten kuvassa 5. on esitetty.



Kuva 5. Esimerkki putoamisvaaran ennakoinnista tietomallintamalla [24].

Suunnittelijan tehtävään kuuluu seinän poiston jälkeen jäävä putoamisriskin arvioiminen, johon suunnitellaan väliaikaiset kaiteet tai avonaisten kohtien peittämiseen lattias-
 ssa tarvittavat esteet. Suunnittelu sisältää kaiteiden ja kansien kiinnikkeet sekä toteutettavat kiinnitystavat. [23, s.12.]

Lattian alle voidaan suunnitella putoamisen esto verkkoja rakennuksen ajaksi sekä simuloida verkon kestävyyttä putoavan kohteen painon mukaan. Suunnitteluun kuuluu verkon kestävyden mittaukset, verkon kiinnitykset sekä niiden kiinnikkeiden suunnittelu.

Tietomallisuunnittelun turvallisuuden kehitysalueet

Jotta turvallisuutta saataisiin kehitettyä BIM-suunnittelulla tehokkaasti olisi hyvä ottaa huomioon ennakoitu alueella tapahtuvat rakennusten, laitteiden sekä materiaalin asettelu sekä riskien ennakointi alueilla, joissa on putoamisvaara.

Tietomallisuunnittelua voidaan kehittää riskien analysoinnissa visuaalisesti, mikä tulee tulevaisuudessa olemaan tehokkaampaa riskien havaitsemisessa.

Tietomallintaminen tulee tulevaisuudessa olemaan entistä tärkeämpi työkalu rakennusten jokaisen työvaiheen esittämisessä turvallisuuden, kommunikoinnin sekä ajankoh- taisten riskien esittämisessä. Näitä alueita tulisi jatkuvasti kehittää selkeämmiksi. [23, s.42.]

12 Automaatiotyö Lappeenrannan kaupungille

Urpolan koulun ala-asteelle rakennettiin neljäkerroksinen koulurakennus joka toteutet- tiin suunnittelutoimisto JP-Talotekniikka Oy:n toimesta. Projektissa käytettiin Mikkelin kaupungin ohjeistusta: Mikkelin kaupungin kiinteistöautomaatiikka kiinteistössä. Projek- tin tavoitteena oli uudistaa rakennuksen vanhaa laitteistoa. [29.]

Säätö ja valvontasuunnitelma koostui piirustusluettelon mukaisista projektin suunni- telma-asiakirjoista, joihin kuului:

- työselostus
- säätökaaviot
- toimintaselostukset
- laiteluettelot
- moottoriluettelo
- Automaatiopisteluuettelo
- Automaatioperiaatekaavio

Projektiin sisältyi seuraavat toimilaitteet:

- peltimoottorit
- säätöventtiilien toimimoottorit
- säätöventtiilit
- magneettiventtiilit
- osoittavat mittarit
- ilman paine-eromittarit
- ilman lämpötilaa mittaavat lämpömittarit

Tuloilmakoneet (ks, liite 2-7)

Rakennuksessa käytettiin neljää tuloilmakonetta, TK 05:tä, TK 06:ta, TK 07:ää sekä TK 08:aa.

Tuloilmakoneiden poisto- ja tuloilmapuhaltimien ohjaukset toteutettiin käymään taajuusmuuttujan avulla jatkuvasti 20- 100 % välisellä käyntiteholla. Säädot perustuivat ulkoilman sekä koulurakennuksen käytön mukaan.

Laitteiden hätäpysäytykset oli toteutettu asentamalla hätäpysäytyspainike pääsisäänkäynnin tuulikaappiin. Kun painiketta painetaan puhaltimet eivät pysty käynnistymään ilman kuittausta painikkeelta ja säätöjärjestelmältä.

Käytävien ja portaikkojen valaistukset ohjataan lux-anturan mukaan päälle jos antura havaitsee lisävalon tarpeen. Valoisana aikana käytävien sekä portaikkojen valaistus ohjautuu automaattisesti pois päältä mikäli tilassa on riittävästi valoa. Muina kuin säännöllisen päivittäisen käytön aikoina valot säädetään pois päältä käyttämällä impulssikytkintä jos tilassa on tarpeeksi pimeää.

Valvonta ala-keskukset (ks liite 1) toteutettiin asentamalla niihin ohjelmistot, jotka paljastavat ala-keskuksissa sekä niihin liittyvissä kenttälaitteissa esiintyvät toimintahäiriöt. Mikäli häiriö havaitaan ilmaistaan se hälytyksellä. Tärkeimmät ilmoitukset, jotka tulee paljastua valvontaohjelmistolla ovat:

- ala-keskus moduulien vioittuminen
- tiedonsiirron häiriöt
- hälytys- ja käyttötilapisteiden kenttäkaapelien katkos
- mittausviestin poistuminen alueelta (tarkoituksetta lähetetty mittaus viesti ei saa ohjata tai säätää)

13 Automaatiojohdotukset

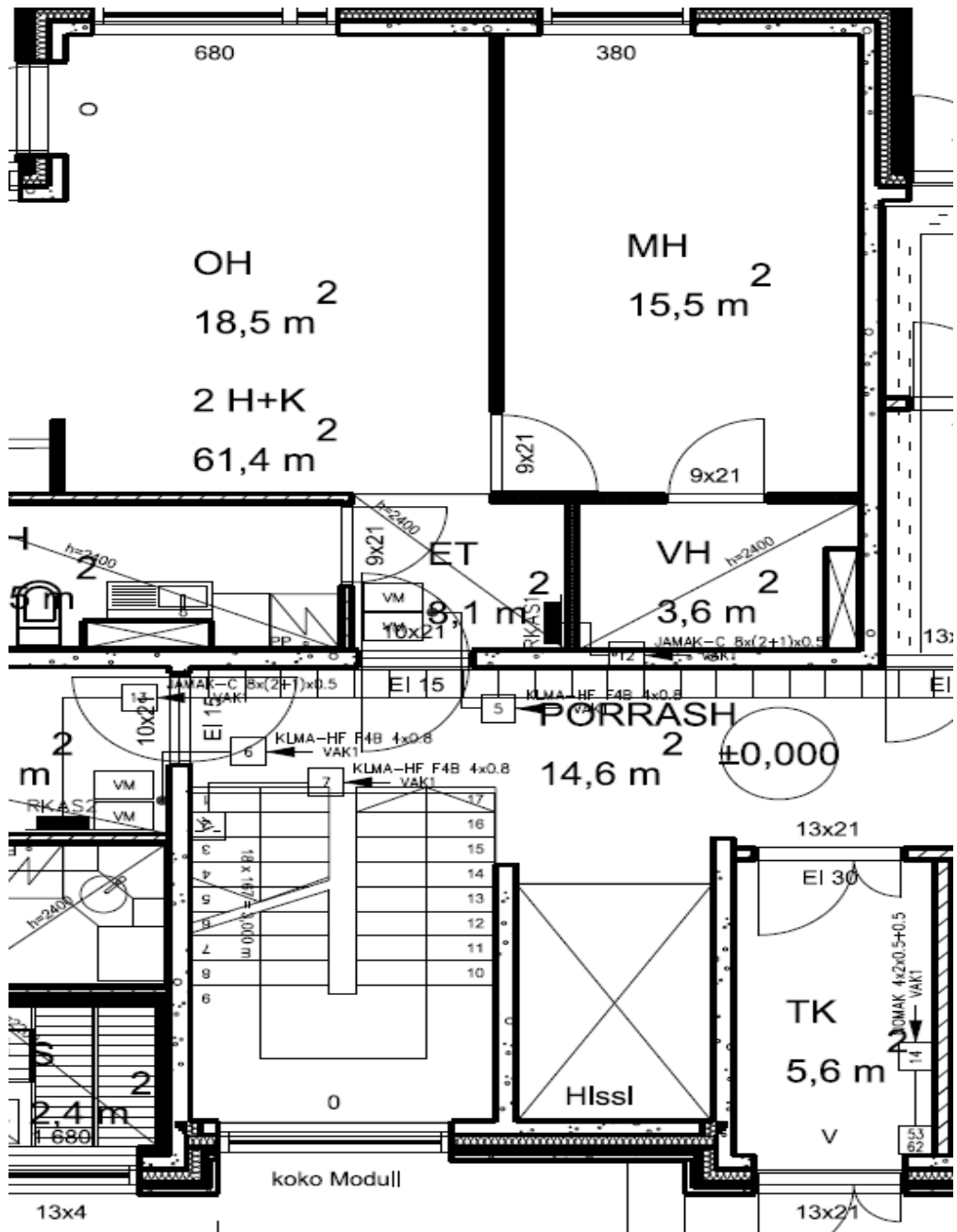
Automaatioon liittyvien johdotusten osuus työurakasta on merkittävä, yleensä sen työn osuus on lähes 10 % asennustyön kokonaisajasta. Tekemällä johdotukset BIM-suunnittelulla työsuunnittelu helpottuisi.

Automaatioon liittyvä johdotus kuuluu perinteisesti sähköurakkaan ja useimmin isoissa julkisissa urakoissa sen työn osuus on merkittävä. Johto hankintana ei ole kallis, mutta sen asentamiseen liittyvä työaika on merkittävä. Mallintamalla johdotusta saadaan oikeat määrät kaapeleita. Samalla työmäärä tulee oikein arvioitua ja samalla tarkentuu

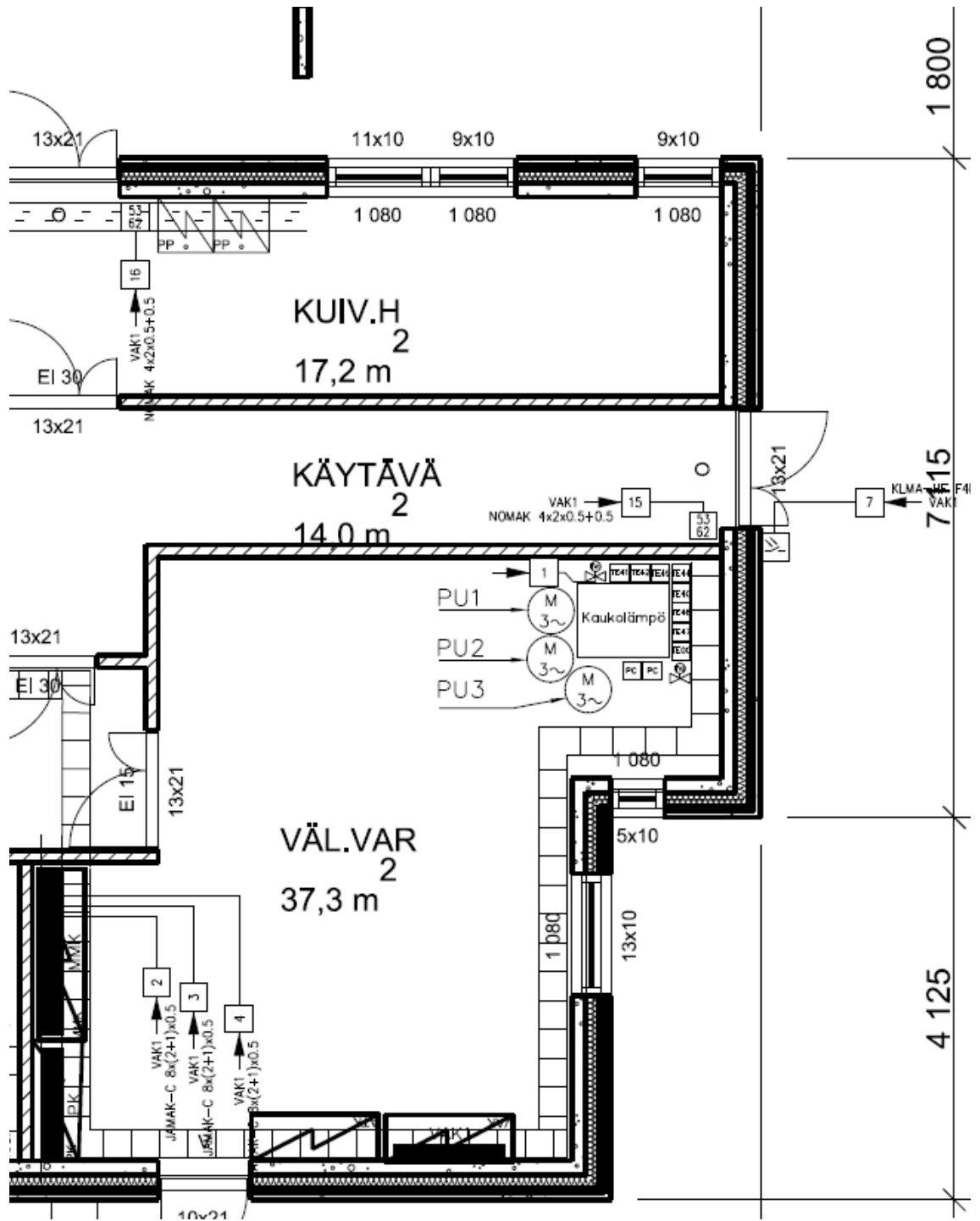
johtoteiden tarve. Automaatiojohdot eivät saa olla samoilla hyllyillä vahvavirtakaapeleiden kanssa, joten suunnitteluvaiheessa tarkentuu jo oikea hyllytarve, eikä tule ongelmia työn aikana, kun suunnitteluvaiheessa tehdään törmäystarkastelu oikeilla hyllymäärillä.

Automaatiojohdotukset esimerkkityö

Työ suunniteltiin rakennuksen kellarikerrokseen. Suunnittelun tavoitteena oli antaa esimerkki selkeästä johdotuksesta yksittäisille automaatiolaitteille. Kuvissa 6 ja 7 esitetään kellarikerroksen eri puolet.



Kuva 6. Kellarikerroksen osa 1, läntinen puoli.



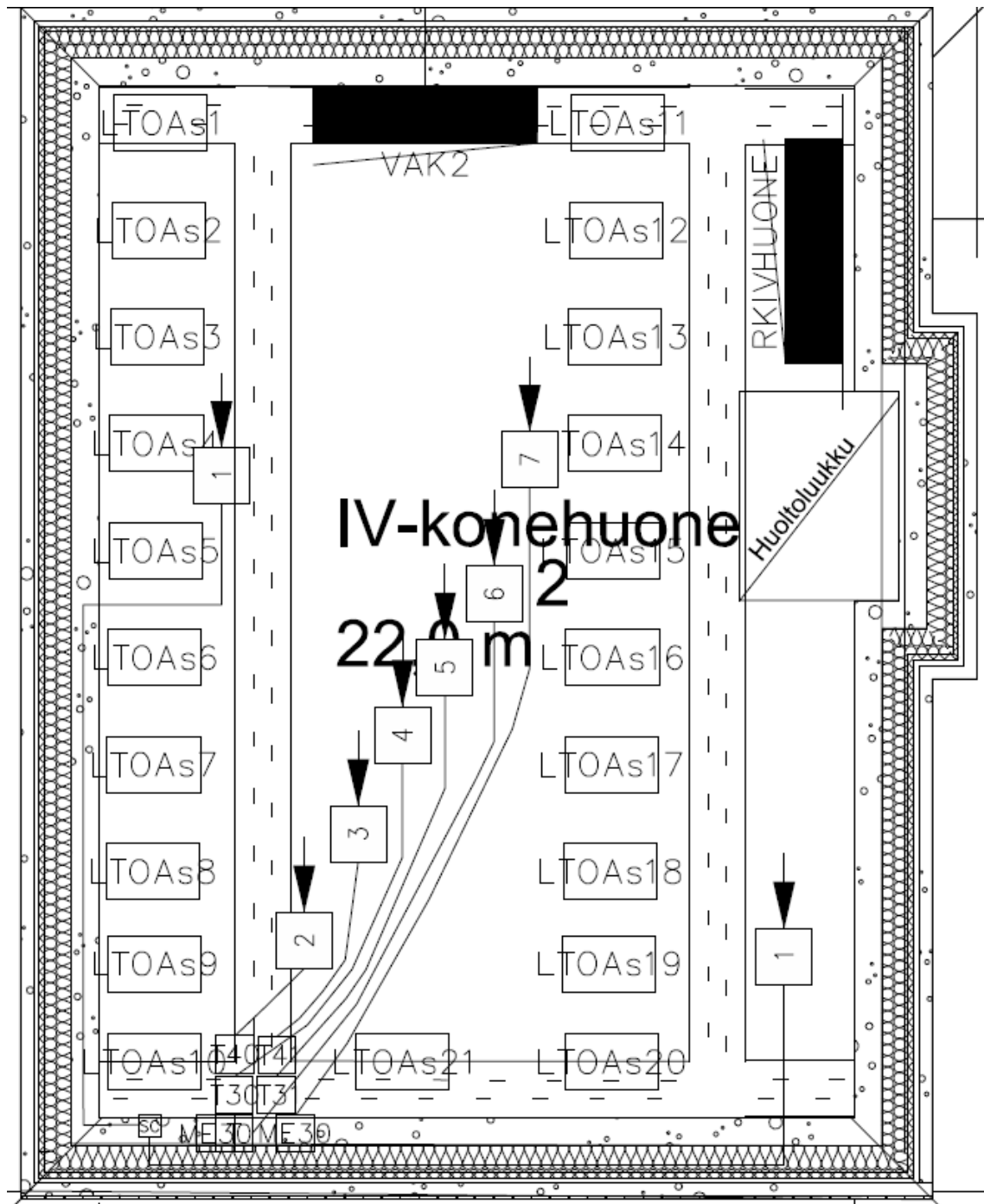
Kuva 7. Kellarikerroksen osa 2, itäinen puoli.

Kellarikerroksesta tehtiin johtoluettelo, joka esitetään taulukossa 1.

Taulukko 1. Kellarikerroksen johtoluettelo.

Järjestelmä	Nimitys	IP-luokka	Viitetunnus	E_SYM-BTXT1	Määrä	Yks.
S110	Hylly (300mm, 90)				5	KPL
S110	Hylly (300mm, Liitos)				2	KPL
S150	STPMO007		#_MO5		1	KPL
S150	STPMO007		#_MO6		1	KPL
S21	STPMO002		#_MO1		1	KPL
S21	STPMO002		#_MO2		1	KPL
S21	STPMO002		#_MO3		1	KPL
S211	STPMUU01		#_TH10		1	KPL
S211	STPMUU01		#_TH12		1	KPL
S211	STPMUU01		#_TH13		1	KPL
S211	STPMUU01		#_TH14		1	KPL
S211	STPMUU01		#_TH7		1	KPL
S211	STPMUU01		#_TH8		1	KPL
S211	STPMUU01		#_TH9		1	KPL
S23	STPRU001		#_BB1		1	KPL
S23	STPRU001		#_BB2		1	KPL
S232	2DBOXC_1000x800x1000		#_ED1	LTOAs10	1	KPL
S251	STPKM001		#_SW1		1	KPL
S251	STPKM001		#_SW2		1	KPL
S251	STPMUU05		#_ED2	VM	1	KPL
S251	STPMUU05		#_ED3	VM	1	KPL
S251	STPMUU05		#_ED4	VM	1	KPL
S251	STPMUU05		#_ED5	VM	1	KPL
T520	SHV04123		#_AC1	53	1	KPL
T520	SHV04123		#_AC2	53	1	KPL
T520	SHV04123		#_AC3	53	1	KPL
T8	STPMUU01		#_TH4	T40	1	KPL
T8	STPMUU01		#_TH5	T31	1	KPL
T8	STPMUU01		#_TH6	T41	1	KPL
S110	Hylly (300mm)				26,7	m
S2_C	JAMAK-C 8x(2+1)x0.5		-_W18		39,9	m
S2_C	JAMAK-C 8x(2+1)x0.5		-_W20		9,8	m
S2_C	JAMAK-C 8x(2+1)x0.5		-_W6		21,8	m
S2_C	KLMA 2x0.8+0.8 HAR-MAA		-_W1		21	m
S2_C	KLMA-HF F4B 4x0.8		-_W2		19,2	m
S2_C	KLMA-HF F4B 4x0.8		-_W24		15,9	m
S2_C	KLMA-HF F4B 4x0.8		-_W8		18,2	m
S2_C	MCCMK 3x2.5/2.5		-_W16		17	m
S2_C	NOMAK 4x2x0.5+0.5		-_W10		12	m
S2_C	NOMAK 4x2x0.5+0.5		-_W12		15,3	m
S2_C	NOMAK 4x2x0.5+0.5		-_W14		18,8	m
T810_C	JAMAK-C 2x(2+1)x0.5		-_W4		26,6	m

Rakennukseen suunniteltiin myös IV-konehuone, jossa esitettiin automaatiolaitteet sekä niiden yksittäiset johdotukset.



Kuva 8. Rakennuksen IV-konehuone ja sen sisältämät laitteet.

IV-konehuoneen johtoluettelo esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. IV-konehuoneen johtoluettelo.

Järjestelmä	Nimitys	IP-luokka	Viitetunnus	E_SYM-BTXT1	Määrä	Yks.
S110	Hylly (300mm, 90)				5	KPL
S110	Hylly (300mm, Liitos)				2	KPL
S150	STPMO007		#_MO5		1	KPL
S150	STPMO007		#_MO6		1	KPL
S21	STPMO002		#_MO1		1	KPL
S21	STPMO002		#_MO2		1	KPL
S21	STPMO002		#_MO3		1	KPL
S211	STPMUU01		#_TH10		1	KPL
S211	STPMUU01		#_TH12		1	KPL
S211	STPMUU01		#_TH13		1	KPL
S211	STPMUU01		#_TH14		1	KPL
S211	STPMUU01		#_TH7		1	KPL
S211	STPMUU01		#_TH8		1	KPL
S211	STPMUU01		#_TH9		1	KPL
S23	STPRU001		#_BB1		1	KPL
S23	STPRU001		#_BB2		1	KPL
S232	2DBOXC_1000x800x1000		#_ED1	LTOAs10	1	KPL
S251	STPKM001		#_SW1		1	KPL
S251	STPKM001		#_SW2		1	KPL
S251	STPMUU05		#_ED2	VM	1	KPL
S251	STPMUU05		#_ED3	VM	1	KPL
S251	STPMUU05		#_ED4	VM	1	KPL
S251	STPMUU05		#_ED5	VM	1	KPL
T520	SHV04123		#_AC1	53	1	KPL
T520	SHV04123		#_AC2	53	1	KPL
T520	SHV04123		#_AC3	53	1	KPL
T8	STPMUU01		#_TH4	T40	1	KPL
T8	STPMUU01		#_TH5	T31	1	KPL
T8	STPMUU01		#_TH6	T41	1	KPL
S110	Hylly (300mm)				26,7	m
S2_C	JAMAK-C 8x(2+1)x0.5		-_W18		39,9	m
S2_C	JAMAK-C 8x(2+1)x0.5		-_W20		9,8	m
S2_C	JAMAK-C 8x(2+1)x0.5		-_W6		21,8	m
S2_C	KLMA 2x0.8+0.8 HAR-MAA		-_W1		21	m
S2_C	KLMA-HF F4B 4x0.8		-_W2		19,2	m
S2_C	KLMA-HF F4B 4x0.8		-_W24		15,9	m
S2_C	KLMA-HF F4B 4x0.8		-_W8		18,2	m
S2_C	MCCMK 3x2.5/2.5		-_W16		17	m
S2_C	NOMAK 4x2x0.5+0.5		-_W10		12	m
S2_C	NOMAK 4x2x0.5+0.5		-_W12		15,3	m
S2_C	NOMAK 4x2x0.5+0.5		-_W14		18,8	m
T810_C	JAMAK-C 2x(2+1)x0.5		-_W4		26,6	m

Rakennukseen tuli valvonta-alakeskus 1 joka esitetään kuvissa 9 ja 10.

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
	KESKUS																										
A	RYHMÄ	OSOITE		TUNNUS	JOHDOTUS	kVA/kW	A / A	HUOM.	A																		
B									B																		
C									C																		
D	0	VAK2			JAMAK-8x(2+1)x0.5				D																		
E	1	Moottorisoiu	venttiili						E																		
F	2	MKK	as1-9		JAMAK-C-8x(2+1)x0.5				F																		
G									G																		
H	3	MKK	as1-9		JAMAK-C-8x(2+1)x0.5				H																		
J	4	MKK	as1-9		JAMAK-C-8x(2+1)x0.5				J																		
K									K																		
L	5	Vesimittarit	As1		KLMA-HF F4B 4x0.8				L																		
M	6	Vesimittarit	As2		KLMA-HF F4B 4x0.8				M																		
N	7	Hämäräkytkin	portaati		KLMA-HF F4B 4x0.8				N																		
O									O																		
P	7	Hämäräkytkin	ulkona		KLMA-HF F4B 4x0.8				P																		
R	12	RK	As1		JAMAK-C-8x(2+1)x0.5				R																		

Kuva 9. Valvonta alakeskus-1 osa 1.

		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
D muutokset E muutokset F muutokset	A	KESKUS																	RYHMÄ	OSOITE	TUNNUS	JOHDOTUS	kVA/kW	A / A	HUOM.			
		B																		13	RK As2		JAMAK-C 8x(2+1)x0.5					
	C																		14	Ovikytkentärasia		NOMAK 4x2x0.5+0.5						
	D																		15	Ovikytkentärasia		NOMAK 4x2x0.5+0.5						
	E																		16	Ovikytkentärasia		NOMAK 4x2x0.5+0.5						
	F																											
	G																											
	H																											
	J																											
	K																											
	L																											
	M																											
	N																											
	O																											
	P																											
	R																											

Kuva 10. Valvonta alakeskus-1 osa 2.

Keskuskaavio Valvonta alakeskus kahdesta, joka sijoitettiin kellarikerrokseen. Keskus esitetään kuvassa 11.

		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
D muutokset E muutokset F muutokset	A	KESKUS																	RYHMÄ	OSOITE	TUNNUS	JOHDOTUS	kVA/kW	A / A	HUOM.			
		B																										
	C																											
	D																		1	SCAs1		JAMAK-C 2x(2+1)x0.5						
	E																		2	TE40		KLMA 4x0.8+0.8 HARMAA						
	F																		3	TE30		KLMA 4x0.8+0.8 HARMAA						
	G																		4	ME30		KLMA 4x0.8+0.8 HARMAA						
	H																		5	T41		KLMA 4x0.8+0.8 HARMAA						
	J																		6	T31		KLMA 4x0.8+0.8 HARMAA						
	K																		7	PDE30		KLMA 4x0.8+0.8 HARMAA						
	L																											
	M																											
	N																											
	O																											
	P																											

Kuva 11. Valvonta alakeskus-2.

14 Pohdinta

BIM-mallintamisen haasteiden tutkimisen jälkeen kävi ilmi, että tulevaisuudessa tietomalliohjelmien käyttö tulee kehittymään ja laajentumaan valtavasti LVI-, sähkö sekä automaatio suunnittelussa. Kaiken suunnittelun pystyy toteuttamaan tulevaisuudessa 3D-tekniikalla. Malleihin voidaan liittää informaatiota kustannuksista tai materiaaleista, älykkäitä malleja pystytään jakamaan omiin kokonaisuuksiin ja suunnittelemaan yksityiskohtaisemmin.

2D-piirustuksia tullaan toki käyttämään mutta se tulee keskittymään projektien alkuvaiheiden suunnitteluun. Asiakkaille tulisi esittää tai luoda koulutuspaketti, joka olisi huomattavasti selkeämpi kuin suunnittelijoille pidettävä ohjelmistokoulutus, jotta voitaisiin päästä pois vanhoista tottumuksista suunnittelutöissä ja saataisiin sisäistettyä tietomallintamisen hyödyt sekä tehokkuus. [25.]

Tietomalleista ei tarvitse myöskään aina olettaa, että se on valmis rakennemalli. Se voi sisältää pelkistetyn pohjatiedon. Tietomallintaminen tulee varmasti kasvamaan valtavasti kansainvälisesti ja Suomessa sen kehittämiseen löytyy jo valtavasti koulutusta sekä vastaavaa työtä.

Lopputuloksena BIM-mallintamisen haasteiden selvityksenä oli se, että mallintamista ei ole saatu vielä tarpeeksi laajaan käyttöön. Ohjelmistot ovat kehittyneitä ja tarvitsevat vain lisää käyttäjiä.

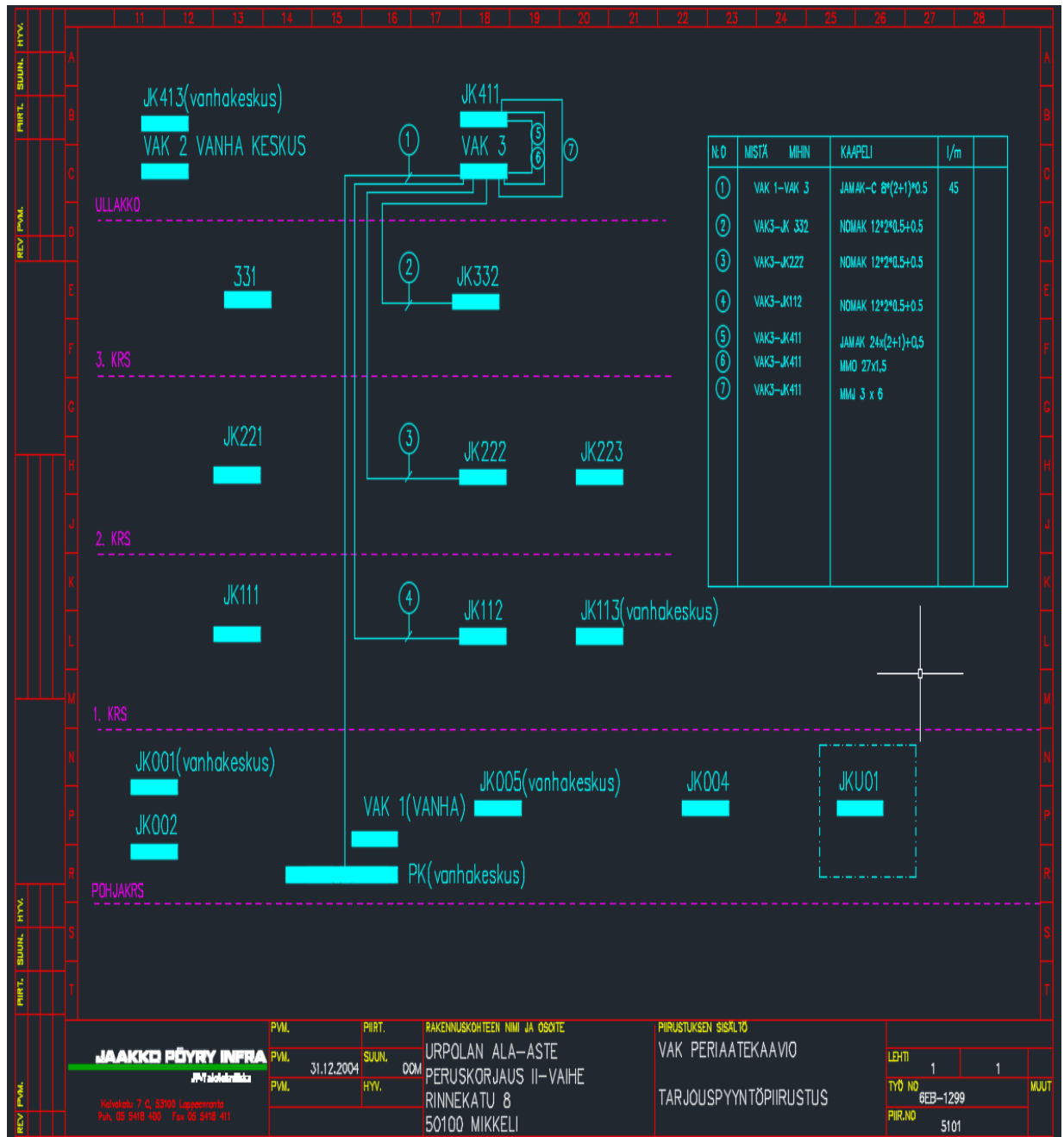
Lähteet

- 1 Tutkimus ja kehittämistoiminta. Verkkodokumentti. Tekla Oyj. <<https://www.teklastructures.support.tekla.com>. . Luettu 6.2.2017.
- 2 Tutkimus ja kehittämistoiminta. 2013. Verkkodokumentti. <www.rakennustieto.fi/material/attachments/tutkimus-_ja_kehittamistoi-mita/6JKJJeMCJ/BIM_avoimet_vastaukset.pdf>. Päivitetty 13.8.2013. Luettu 7.2.2017
- 3 BIM-tietomallintamisen periaatteet. 2013. Verkkodokumentti. <www.rakennustieto.fi/material/attachments/tutkimus-_ja_kehittamistoi-mita/6JKJJeMCJ/BIM_avoimet_vastaukset.pdf>. Päivitetty 13.8.2013. Luettu 10.2.2017
- 4 Rakennusautomaatiojärjestelmä. 2013. Verkkodokumentti. Tampereen kaupunki. <www.tampere.fi/tilakeskus/material/JZx7LP7ys/Rakennusautomaatiojarjestelma_suunnitteluohje_200813.pdf>. Päivitetty 20.8.2013. Luettu 10.2.2017
- 5 Käsikirja Talotekniseen suunnitteluun, Yleiset tietomallivaatimukset. 2012. Granlund Oy. Rakennustietosäätiö.
- 6 Automaatiosuunnittelu. 2016. Verkkodokumentti. Ensto Oy. <www.amk.fi/Ensto/www.amk.fi>. Luettu 16.2.2017
- 7 Luovutusainestovaatimukset. 2016. Verkkodokumentti. Tampereen tilakeskus liikelaitos. <www.tampere.fi/tilakeskus/material/IziCZx3xf/Luovutusaineistovaatimukset_2016-10-25.pdf>. Päivitetty 25.10.2016. Luettu 16.2.2017
- 8 Automaatiojärjestelmät. Verkkodokumentti. <www03.edu.fi>. Luettu 16.2.2017
- 9 Käsikirja asuntojen ja rakennusten ohjauksiin, KNX Peruseriaatteet. KNX Association. 2010.

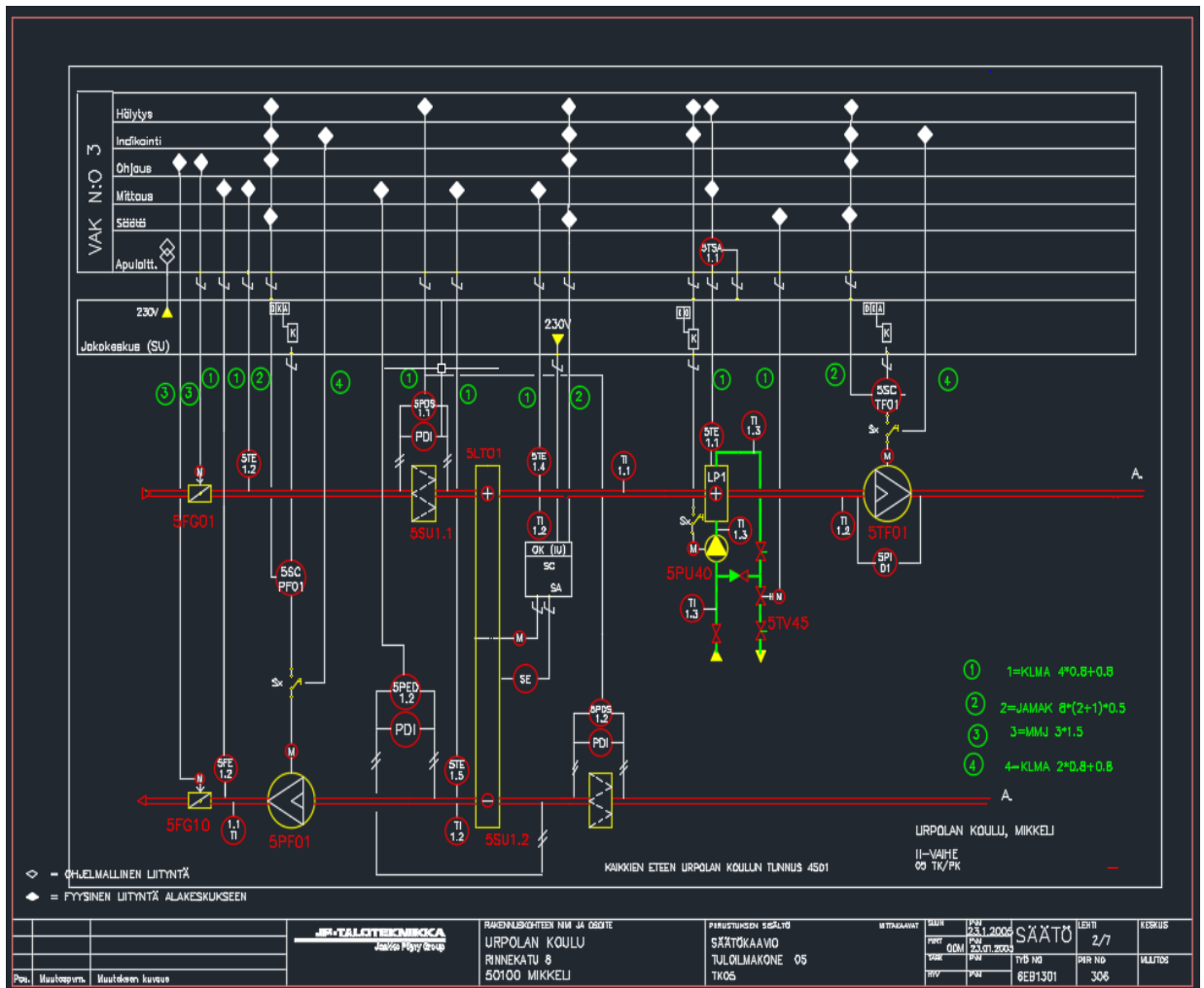
- 10 KNX-järjestelmä, järjestelmän rakenne. Verkkodokumentti. <www.luovasahko.fi>. Luettu 16.2.2017
- 11 ST-Käsikirja 21, Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät, Sähköinfo OY 2006.
- 12 KNX, väylärakenne. Verkkodokumentti. <www.oamk.fi>. Luettu 17.2.2017
- 13 Profibus-järjestelmä, väyläratkaisut. Verkkodokumentti. <www.automation.com>. Luettu 20.2.2017
- 14 Väyläteknikalla älykäs rakennus. 2009. Verkkodokumentti. Ensto Oy. <www.rakentaja.fi/artikkelit/4053/ensto_eib.htm>. Päivitetty 29.10. Luettu 20.2.2017.
- 15 Cads mallintaminen. Verkkodokumentti. Kymdata Oy. <www.cads.fi/ohjelmistot/cads-electric>. Luettu 22.2.2017
- 16 IFC-tiedonsiirto. 2013. Verkkodokumentti. <www.mad.fi/tiedostot/pdf/kasikirja16/YS.IFC_web.pdf>. Päivitetty 14.1.2013. Luettu 22.2.2017
- 17 DWG-tiedonsiirto. Verkkodokumentti. <www.mad.fi/tiedostot/pdf/AC9_YS_DWG.pdf>. Luettu 24.2.2017
- 18 Tietomallintaminen on haaste ja mahdollisuus. 2016. Verkkodokumentti. <http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/artikkelit/asennukset/fi_FI/BIM>. Päivitetty 4.5.2016. Luettu 2.3.2017
- 19 Automaatiosuunnittelu, ST 711.01. ST-kortisto.
- 20 LonWorks kenttäväylä, ST 15. ST-kortisto.
- 21 Suunnittelijoiden näkökulma. Verkkodokumentti. Granlund Oy. <www.granlund.fi>. Luettu 2.3.2017
- 22 Tietomalli rakentamisen turvallisuusjohtamisessa. 2009. Verkkodokumentti. VTT Oy. <www.vtt.fi/sites/bimsafety>. Luettu 8.3.2017

- 23 BIM-based Safety Management and Communication for Building Construction. 2011. Verkkodokumentti. VTT Oy. <www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2011/T2597.pdf>. Luettu 8.3.2017
- 24 BIM-based-fall-protection-planning. 2014. Verkkodokumentti. <www.researchgate.net>. Luettu 8.3.2017
- 25 Pertula, Tiina. 2014. Liikenteen suunta. Liikenne ja infra alan T&K-lehti, 1.2.2014.
- 26 LVI-suunnittelu. LVI-kortisto. LVI 30-10236
- 27 LVI-suunnittelun ohjeet. LVI-kortisto. LVI 40-10572
- 28 LVI-suunnittelun vaatimukset. LVI-kortisto. LVI 03-10568
- 29 Lappeenrannan kaupungin tiedostot, Urpolan Koulu.
- 30 Kolari, Antti. 2012. Rakennuksen tietomalli rakennusalan perustutkinnossa. Insinööriyö. Savonia Ammattikorkeakoulu.

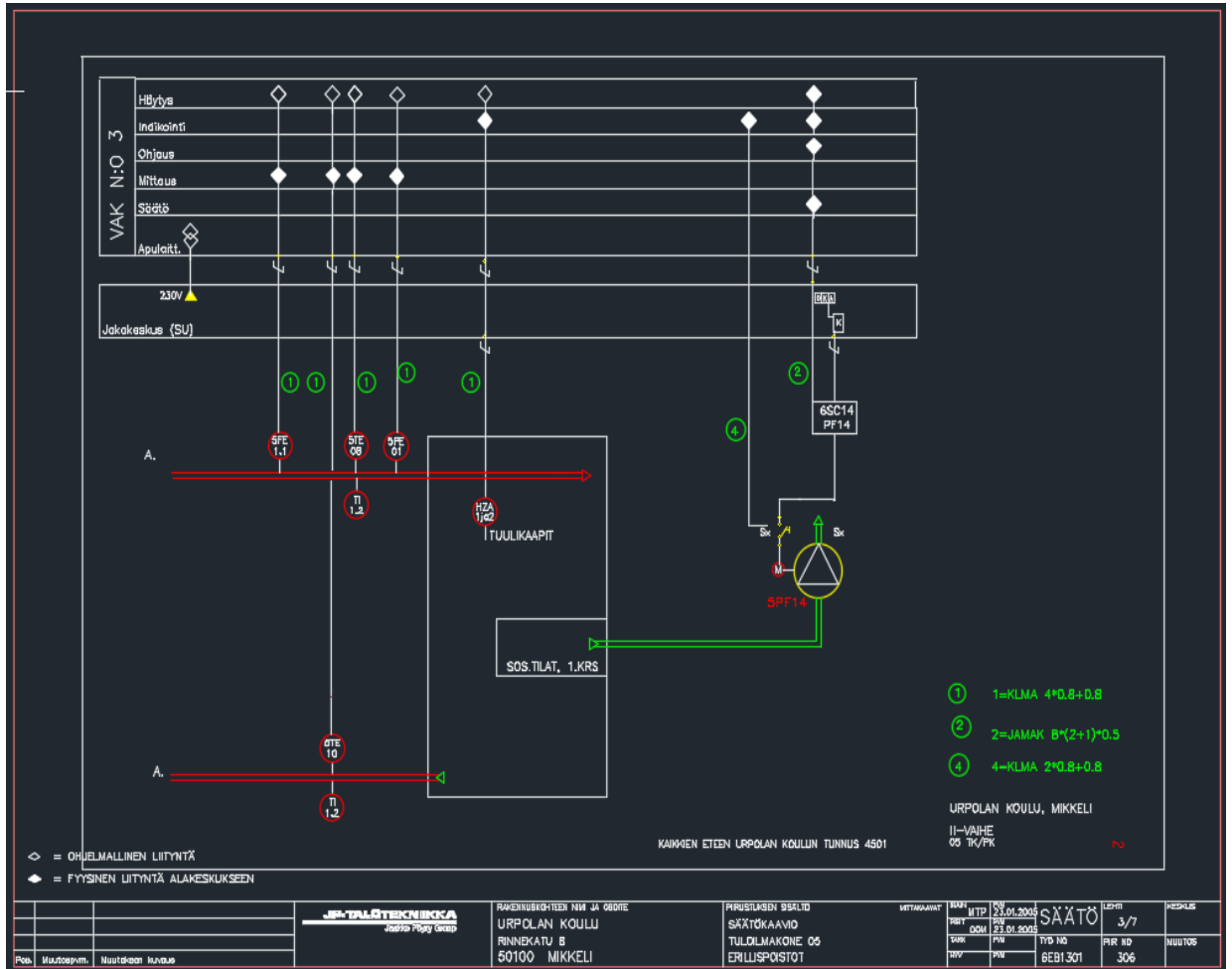
Urpolan koulun valvonta-alakeskukset



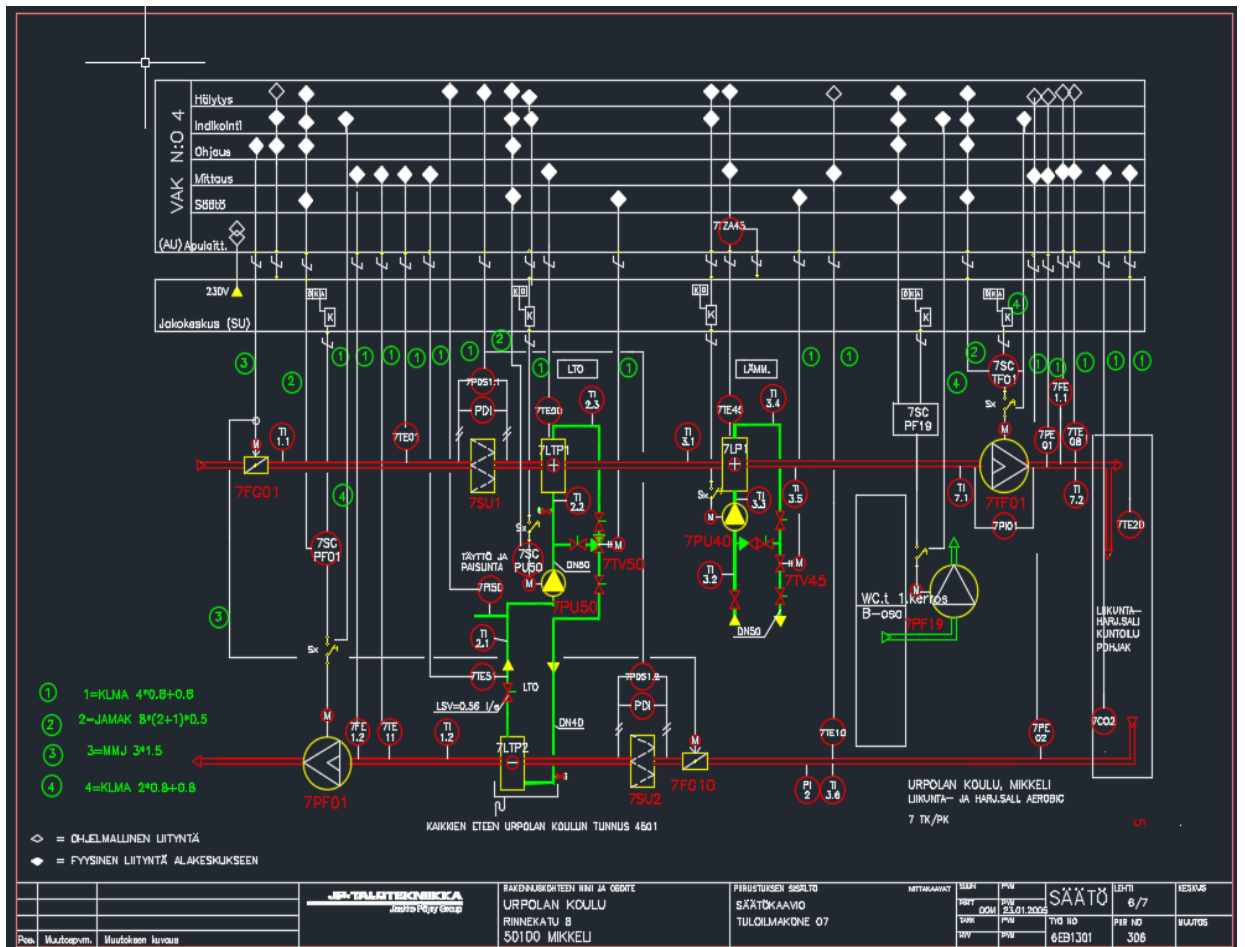
Urpolan koulun säätökaavio TK 05 1/6



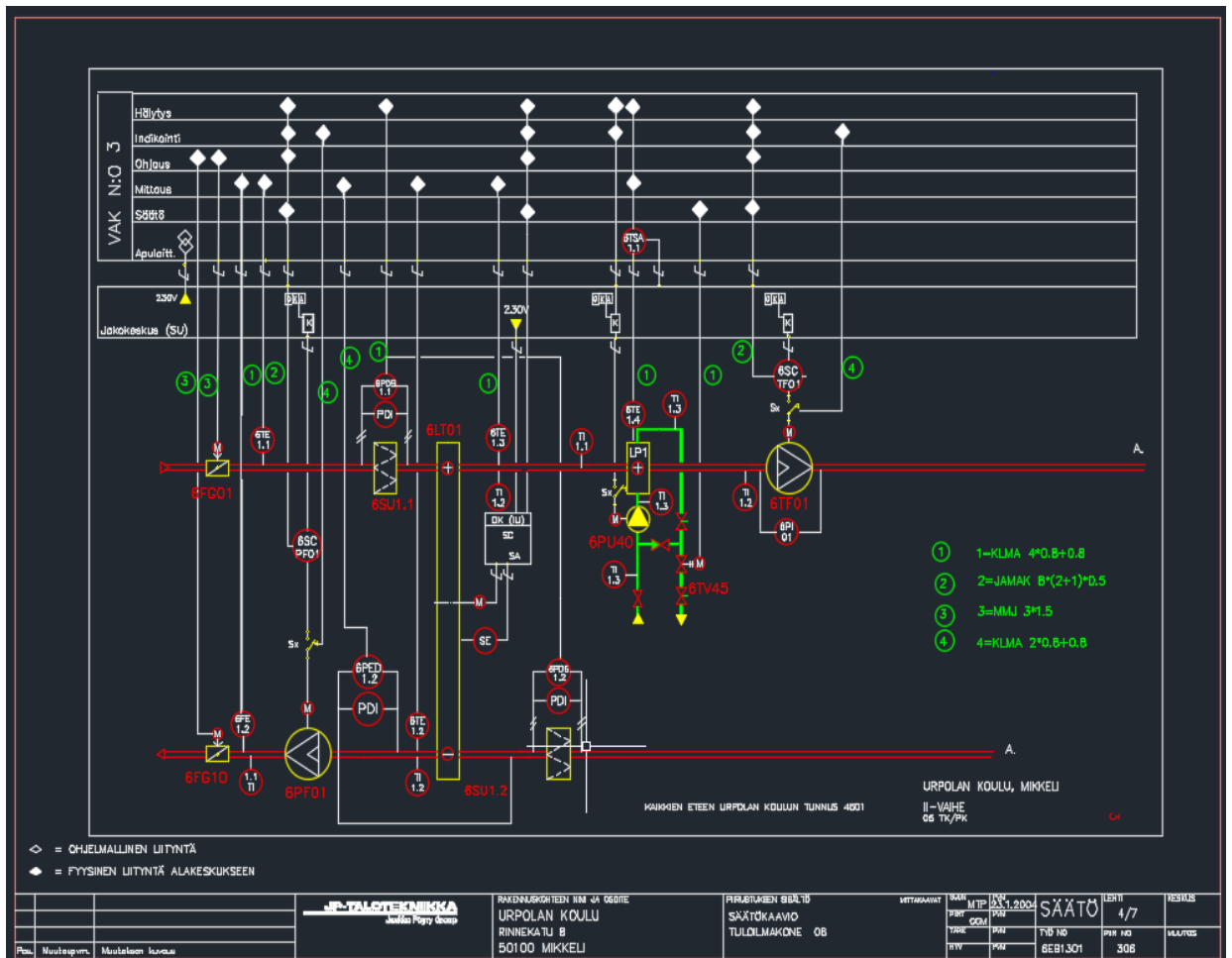
Urpolan koulun säätökaavio TK 05 2/6



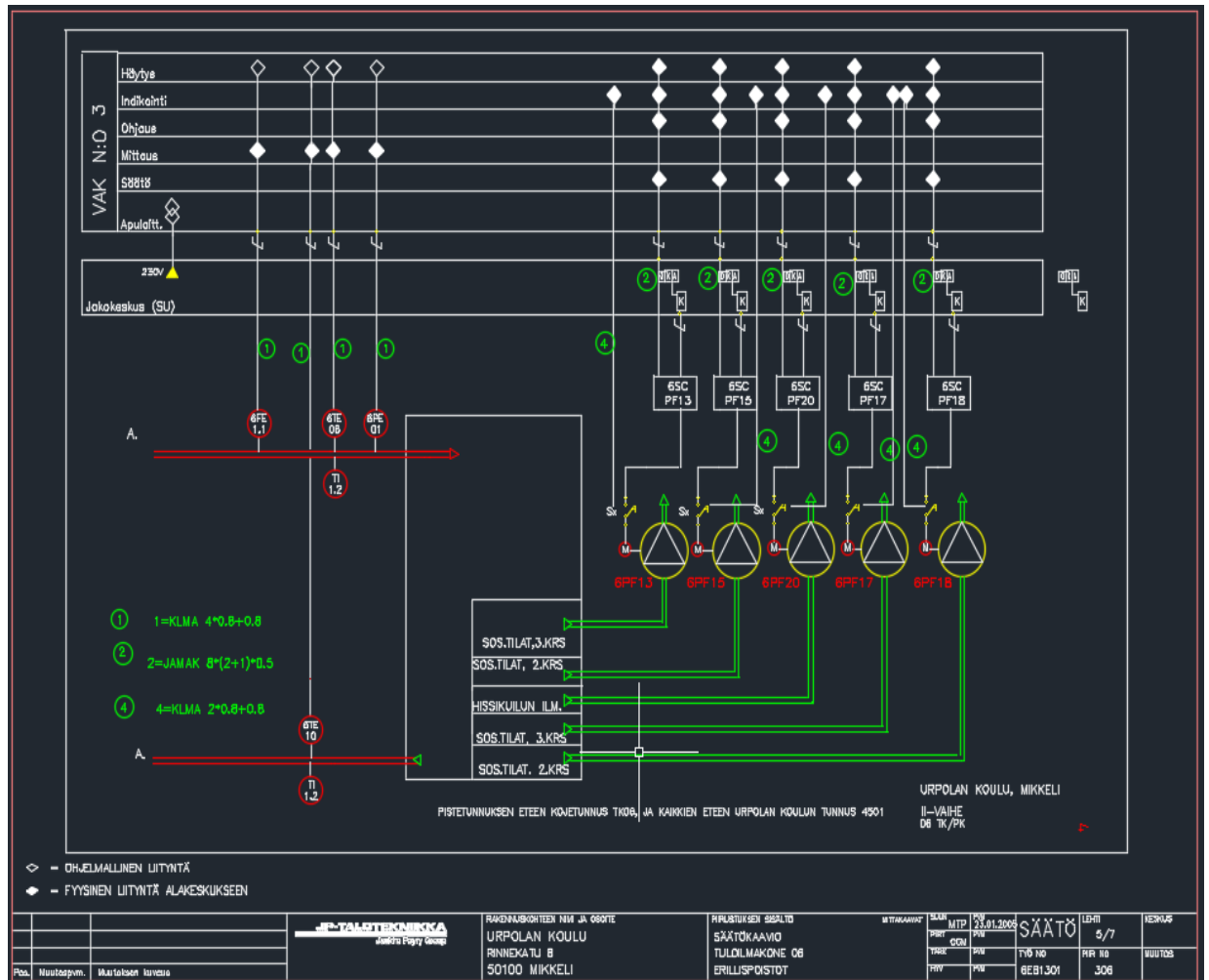
Urpolan koulun säätökaavio TK 07 3/6



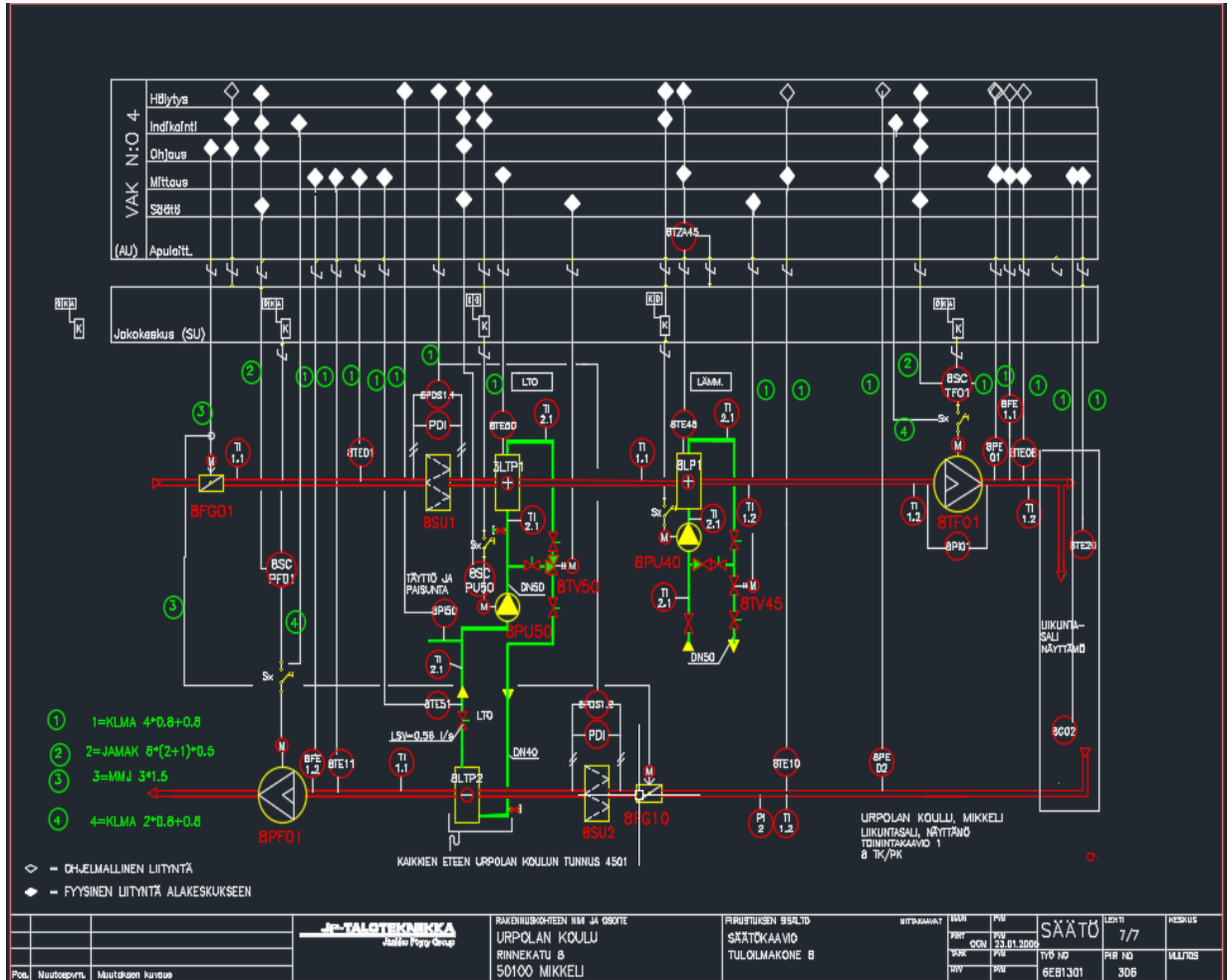
Urpolan koulun säätökaavio TK 06 4/6



Urpolan koulun säätökaavio TK 06 5/6



Urpolan koulun säätökaavio TK 08 6/6



Urpolan koulun pisteluettelo s. 4/5

URPOLAN KOULU		KIRJE					SUU		VALVONTAPISTELETTELÖ													
TK-7/TK-8		KUN					SUU		VALVONTAPISTELETTELÖ													
VAK 2		KUN					SUU															
		KUN					SUU															
	JÄRJESTELMÄTUUNUS																					
	LÄI ETOIMINTATUUNUS																					
	PIK-3 / PK-8																					
	KUVAUS																					
TK03 FG 01	pellimootori	1												1	1							
TK03 FG 10	pellimootori	1												1	1							
TK03 SCPU50	taajuudenmuuttaja	1								1				1	1							
TK03 SCV1	taajuudenmuuttaja	1				1	1			1				1	1							
TK03 SPN1	tunvakytkin							1														
TK03 TV 45	2-4-emootoriventtiili					1								1	1							
TK03 TV 50	3-seventtiili					1								1	1							
TK03 PU40	pumppu									1												A
TK03 SCV2	taajuudenmuuttaja	1				1	1			1				1	1							A
TK03 SPN1	tunvakytkin							1														
TK03 TE 01	lämpötila mittaus													1	1							
TK03 TE 30	lämpötila mittaus													1	1							
TK03 TE 91	lämpötila mittaus													1	1							
TK03 TE 45	lämpötila mittaus													1	1							
TK03 TE 08	lämpötila mittaus													1	1							A
TK03 TE 20	lämpötila mittaus													1	1							
TK03 COZ	hivoksiin mittaus vom sal 2 kerros																					
TK03 TE 10	lämpötila mittaus													1	1							
TK03 TE 11	lämpötila mittaus													1	1							
TK03 PE11	parantaja													1	1							B
TK03 PE12	parantaja													1	1							
TK03 TZA 45	lyhyin laatu													1	1							A
TK03 PDS 1.1 ja 1.2	lyhyin laatu													1	1							A
TK03 FE 1.1	virtaaman mittaus													1	1							
TK03 FE 1.2	virtaaman mittaus													1	1							

