

Pentti Kortelainen

# Sähkötekniikan tietomallinnus saneerauskohteessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

15.2.2013

|   |  |
|---|--|
| Tekijä<br>Otsikko   | Pentti Kortelainen<br>Sähkötekniikan Tietomallinnus saneerauskohteessa |
| Sivumäärä<br>Aika   | 33 sivua + liite<br>15.2.2013  |
| Tutkinto  | insinööri (AMK)  |
| Koulutusohjelma   | sähkötekniikka   |
| Suuntautumisvaihtoehto  | sähkövoimatekniikka  |
| Ohjaaja   | lehtori Osmo Massinen  |
| <p>Tässä insinööriyössä on perehdytty tietomallintamiseen ja pohdittu sen tuomia etuja korjausrakentamisessa. Aluksi selvitettiin rakennushankkeen eri vaiheet. Seuraavaksi käytiin tietomallinnuksen perusteet lävitse. Mallintamisen kohteena oli Rajakaaren urheiluhalli, jossa suoritettiin laajamittainen saneeraus 2012. Kohde suunniteltiin tavanomaisia suunnitelmia käyttäen.</p> <p>Insinööriyön tarkoituksena ei ollut kehittää tai parantaa tietomallintamista vaan perehtyä yleisellä tasolla mallintamiseen ja tutkia sen käyttöä saneerauskohteissa.</p> <p>Lopputuloksena voidaan päätellä mallintamisen soveltuvan tietyillä osin saneerauskohteisiin. Kuitenkin siitä saatuja hyötyjä joudutaan vielä tarkastelemaan kriittisesti jokaisessa projektissa tapauskohtaisesti.</p> |  |
| Avainsanat  | tietomallinnus, saneerauskohde   |

|  |   |
|--|---|
| Author<br>Title  | Pentti Kortelainen<br>Electrical Engineering Information Modeling in Renovation |
| Number of Pages<br>Date  | 33 pages + 1 appendices<br>15 February 2013                                     |
| Degree   | Bachelor of Engineering   |
| Degree Programme   | Electrical Engineering  |
| Specialisation option  | Electrical Power Engineering  |
| Instructor   | Osmo Massinen, Senior Lecturer  |
| <p>This thesis takes a look at the BIM and reflects on what kind of benefits it has to bring in to building repairing. First this thesis clarifies the chapters of the building project. Second it shows the basics of BIM. The target of the data modeling is Rajakaari's sports hall, where an extensive renovation has been completed. The target was planned by using ordinary plans.</p> <p>The purpose of this thesis was not to develop or improve the BIM, but to see modeling and research how BIM works in renovation.</p> <p>In conclusion the data modeling is suitable also for renovation projects. However the benefits of the modeling must be researched critically in every project, case by case.</p> |   |
| Keywords   | Information Modelling, redevelopment  |

## Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

|       |                                   |    |
|-------|-----------------------------------|----|
| 1     | Johdanto                          | 1  |
| 2     | Rakennushankkeen vaiheet          | 1  |
| 2.1   | Suunnittelun vaiheet              | 1  |
| 2.2   | Tarvesuunnitelma                  | 2  |
| 2.3   | Hankesuunnitelma                  | 3  |
| 2.4   | Rakennussuunnittelu               | 3  |
| 3     | 3D-mallinnus                      | 3  |
| 3.1   | Sähkösuunnittelu ennen ja nyt     | 3  |
| 3.2   | Tietomallinnus                    | 5  |
| 4     | Rakennusmallinnus                 | 7  |
| 4.1   | Tietomallinnuksen tavoitteet      | 7  |
| 4.2   | Talotekniikan tietomallinnus      | 9  |
| 4.3   | Sähkösuunnitelma mallintamalla    | 9  |
| 4.3.1 | Hankesuunnitelmavaihe             | 9  |
| 4.3.2 | Luonnossuunnittelu                | 10 |
| 4.3.3 | Toteutussuunnitelma               | 13 |
| 5     | Tietomallinnus saneerauskohteessa | 14 |
| 5.1   | Rajakaaren urheiluhalli           | 14 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 5.2   | Talotekniset työt                             | 20 |
| 5.3   | Inventointimallintaminen                      | 20 |
| 5.3.1 | Laserkeilaus mallintamisen apuna              | 20 |
| 5.3.2 | Laserkeilaaminen Rajakaaren tiloissa          | 22 |
| 5.4   | Sähkötekniikka Rajakaarella                   | 23 |
| 5.5   | Sähkötekniikan tietomallinnus Rajakaarella    | 28 |
| 5.6   | Urakointitapa ja tietomallinnus sähköurakassa | 30 |
| 6     | Yhteenveto                                    | 31 |
|       | Lähteet                                       | 33 |
|       | Liitteet                                      |    |

Liite 1. TATE 12. suunnittelun tehtäväluettelo

## 1 Johdanto

Tämä insinööriyö tehtiin Klaukkalan Sähkötyö Oy:lle. Klaukkalan Sähkötyö Oy toimii pääasiassa Nurmijärven kunnan alueella sähköurakointiin erikoistuneena yrityksenä. Yrityksessä on 3 toimihenkilöä ja 10 asentajaa. Klaukkalan Sähkötyön asiakkaita ovat; yksityistaloudet, teollisuus ja julkisen hallinnon toimijat. Yritys tekee korjaus-, huolto-, saneeraus- ja uudisrakennustyöt.

Varsinkin saneerauskohteissa on hyvin tavanomaista, etteivät suunnitelmat toteudu sellaisinaan kohteen rakennusaikana. Suurimpina ongelmina on kohteen rakenteista löytyvät erot verrattuna suunnitelmiin sekä eri talotekniikkaurakoitsijoiden laitteiden sijoittelut toisiinsa nähden.

Tässä insinööriyössä pyrittiin etsimään ratkaisua 3-D-mallinnuksella, jolla voitaisiin vähentää suunnitelmissa esiintyviä virheitä ja puutteita. Ensimmäisessä osiossa selvitetään rakennuskohteen suunnittelun eri vaiheet. Toisessa osiossa käydään tuotemallinnus käsitteenä lävitse. Kolmas osio käsittelee tuotemallinnuksen työtapojen ja laitteiden vaatimuksia. Viimeisessä osiossa tutkitaan erään saneerauskohteen suunnittelua tuotemallinnusta hyväksikäyttäen.

## 2 Rakennushankkeen vaiheet

### 2.1 Suunnittelun vaiheet

Rakennushanke sisältää monia vaiheita alkaen päätöksestä aloittaa hanke ja siihen, kun valmis hanke luovutetaan loppukäyttäjälle. Rakennushanke voi olla joko uudisrakennus tai peruskorjattava kohde. Hankevaiheet luokitellaan RT-kortiston 10–10387 mukaan seuraavasti:

- tarvesuunnittelu (TS)
- hankesuunnittelu (HS)
- rakennussuunnittelu (RS)

- rakentaminen (RU)
- käyttöönotto (KO). [1, s. 3.]

Rakennushankkeen osapuolina toimivat käyttäjä, rakennuttaja, suunnittelijat, rakentajat ja viranomaiset. Osapuolten työnjakoa eri rakennusvaiheiden aikana selvitetään taulukossa 1:

**Taulukko 1. Työnjako eri osapuolten välillä hankkeen aikana**

|               | TS | HS | RS | RU | KO |
|---------------|----|----|----|----|----|
| Käyttäjä      |    |    |    |    |    |
| Rakennuttaja  |    |    |    |    |    |
| suunnittelija |    |    |    |    |    |
| Rakentaja     |    |    |    |    |    |
| Viranomainen  |    |    |    |    |    |

Taulukon värisävyllä kuvataan karkeasti rakentamiseen osallistuvien ajankäyttöä hankkeen aikana. Tummin värinsävy kuvaa eniten aikaa vievää työvaihetta.

## 2.2 Tarvesuunnitelma

Tarvesuunnitelma aloitetaan, kun huomataan rakennustilan tarve. Tarvesuunnitelmasa kartoitetaan hankkeen tarkoituksellisuus, edellytykset ja mahdollisuudet. Tilantarvetta suunnitellessa mietitään vaihtoehtoja, rakennetaanko uusi, korjataanko vanha vai

hankitaanko valmiit tilat muulla tavalla. Tilantarvetta kartoitetaan tarpeen vaatimilla edellytyksillä.

### 2.3 Hankesuunnitelma

Hankesuunnitelmassa selvitetään perusteellisesti hankkeen tarpeellisuus, hankinta laajuus ja eri hankintamuodot. Tässä vaiheessa hankkeelle asetetaan laatutaso, toteuttamistapa ja aikataulu. Varsinaisia tarkkoja talotekniikkasuunnitelmia ei tässä vaiheessa tarvita. Hankesuunnitelman pohjalta tehdään investointipäätös. [2, s. 3.]

### 2.4 Rakennussuunnittelu

Hankesuunnittelun pohjalta tehdään luonnossuunnitelma, jossa hanke saa arkkitehtonisen ratkaisun ja teknisen toteutuksen. Luonnossuunnitelman avulla tilaaja ja käyttäjä saavat hahmotelman tulevasta rakennushankkeesta. Suunnitelmalla pyritään mahdollisimman tarkkaan kustannusarvioon. [2, s. 15.]

Luonnossuunnitelman pohjalta tehdään varsinainen rakennussuunnitelma. Tässä vaiheessa pääsuunnittelija tekee talotekniikka- ja rakennesuunnittelijoiden kanssa lopulliset suunnitelmat.

Kun suunnitelmat ovat valmiina, päätetään urakointitapa ja lähetään suunnitelmat tarjouslaskentaan. Tarjouksien perusteella valitaan hankkeeseen urakoitsijat. Urakointitavasta riippuen hankkeessa voi olla yksi urakoitsija, joka hoitaa kaikki rakennushankkeen työvaiheet, tai hanke pilkotaan jokaisella rakennusosa-alueella erillisurakoiksi, jotka rakennuttaja valitsee. [1, s. 2.]

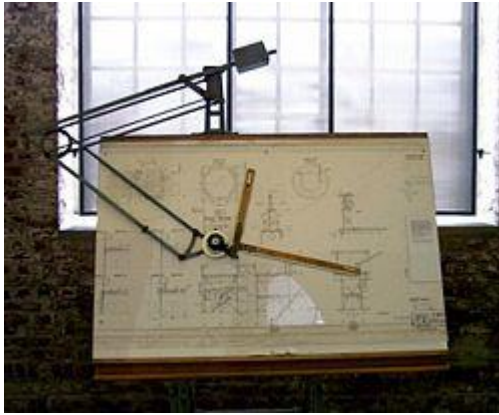
## 3 3D-mallinnus

### 3.1 Sähkösuunnittelu ennen ja nyt

Aina kun on haluttu tehdä systemaattisesti uutta, korjata tai parantaa olemassa olevaa kohdetta, olipa se kone, rakennus tai maisema, on siihen vaadittu suunnitelma.



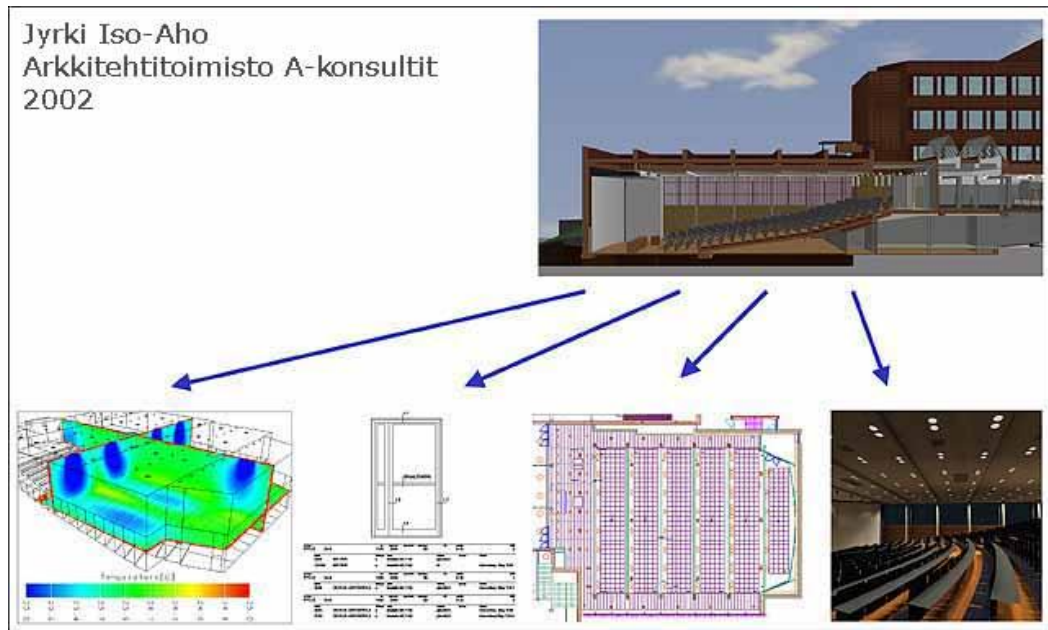
Aikaisemmin, kun ei ollut tietokoneita, tehtiin suunnitelmat suoraan paperille. Suurehkot kuvat tehtiin piirustuslaudalla ja mittaviivoittimilla (kuva 1). Symbolikuvat tehtiin sabluunaviivaimilla, joilla saatiin eri piirtäjien tekemät symbolit samanlaisiksi eri kuvissa. [1, s.1.]



**Kuva 1. Piirustuslauta ja suhdeviivain**

Kun tietokoneet yleistyivät 1980-luvulla, suunnittelussa alettiin käyttää yhä enemmän suunnitteluohjelmia apuna. 1990-luvulla tietokoneavusteinen 2D-suunnittelu korvasi lähes kokonaan käsin piirtämisen. Suunnitteluohjelmia löytyy kaikille erikoisaloille. Ohjelmistot ovat DWG-formaatille tehtyjä, jolloin eri suunnittelu ohjelmilla tehtyjä suunnitelmia voidaan työstää vaivattomasti. [2, s. 50.]

2000-luvulla haluttiin suunnitelmista muutakin tietoa kuin viivatietoa. Suunnitelmia aloitettiin tekemään 3D-pintoina, jolloin kuvasta myös enemmän realistinen ja havainnollisempi. Aluksi 2D-kuvat piirrettiin 3D-kuviksi, tästä seuraavaksi liitettiin myös tietoa kuvaan. Nykyisin puhutaan yhä enemmän tietomallinnuksesta osana suunnitelmaa (kuva 2, ks. seur. s.).

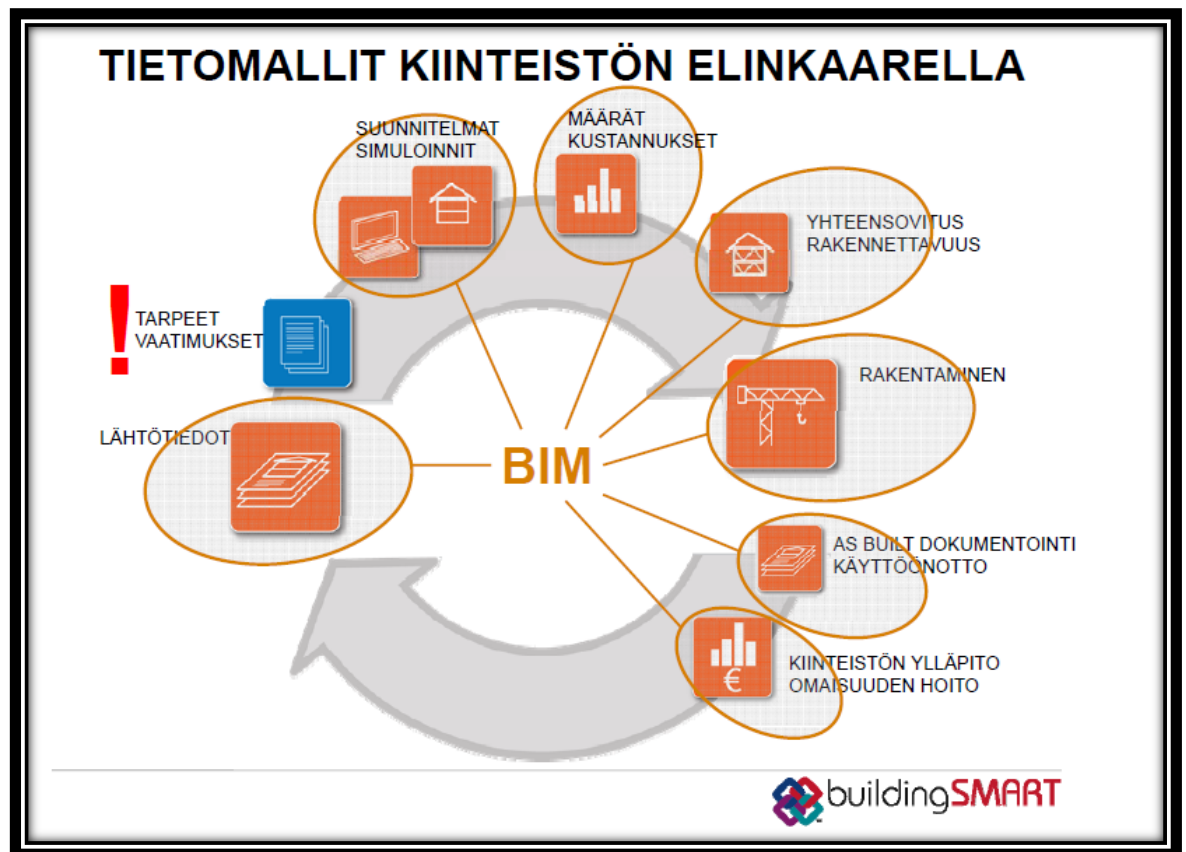


Kuva 2. Rakennuksen tietomallinnusta [4: 1.]

### 3.2 Tietomallinnus

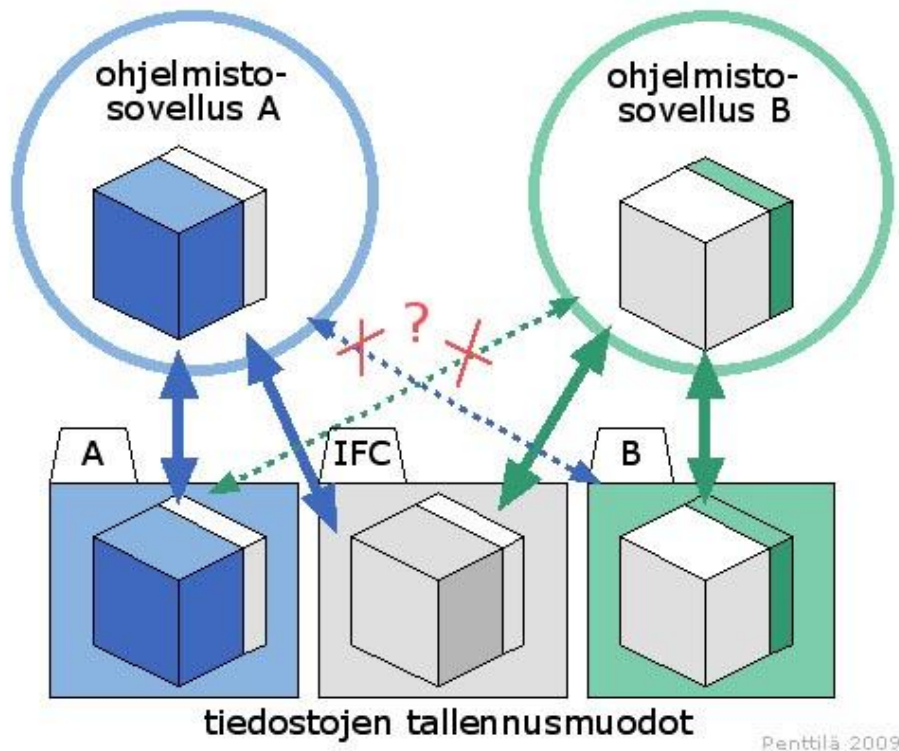
Tietomallinnus on enemmän kuin piirros 3-ulotteisena, kuva on vain yksi havainnointi väline. Mallinnuksessa suunnitelmaan sisällytetään kaikki tarvittava tieto rakennuksesta koko sen elinkaaren ajalta. Tietomallinnus tunnetaan yleisesti lyhenteellä BIM (Building Information Model). Mallinnusta tehdään projektin alkuvaiheesta lähtien jatkuen koko sen elinkaaren loppuun asti. Tiedosto voi olla esim. kustannuslaskelma, 3D-muotoinen suunnitelma-kuva, aikataulut ja hoito- ja sekä kunnossapito-ohjeet (kuva 3, ks. seur. s.). Kaikki tiedostot sijaitsevat yhdessä paikassa serverillä (projektipankki). Projektiin nimetty henkilö toimii pääkoordinaattorina.

Tietomallinnuksessa suunnittelijat mallintavat kohteensa omaan tiedostoon. Aloituspä-laverissa sovittuina ajanjaksoissa tiedostot yhdistetään ja suoritetaan vaadittavat suunnitelmatarkastukset. Tähän kuuluu myös yhteentörmäystarkastelu. [5: 3.]



Kuva 3. Tietomallinnus rakennuskohteessa [4, s. 5.]

Tiedostot tehdään kulloinkin sopivalla sovelluksella. Tiedosto voi olla esim. aloituskokouksesta, taulukko rahoitustarpeesta, DWG-kuva asemakaavasta jne. Tallennus projektipankkiin tapahtuu IFC-muodossa, (Industry Foundation Classes). IFC on tallennusformaatti, jolla muilla formaateilla tehtyjä tiedostoja voidaan lukea ja muokata (kuva 4, ks. seur. s.). Kohteen tietomallinnus sijaitsee projektipankissa, josta käyttäjäoikeudet omaavat voivat tarkistaa tietoja tai mallintaa omaa kohdettaan. Aina, kun alkuperäistä tiedostoa talletetaan toisella formaatilla, tiedon katoaminen on mahdollista. Sen takia monet projektipankit vaativat IFC-tallenteen lisäksi alkuperäisen ns. natiiviformaatissa tallentamisen [5: 2].



Kuva 4. IFC-formaatti [3: 2]

## 4 Rakennusmallinnus

### 4.1 Tietomallinnuksen tavoitteet

Tietomallinnuksella pyritään suorittamaan kiinteistön ja rakennuksen suunnittelu ja toteutus entistä paremmin ja joustavammin. Sillä pyritään tehostamaan laadun varmistus, turvallisuus, tehokkuus ja varmistamaan elinkaarikustannuksien taloudellisuus. Tietomallinnus ei rajoitu pelkästään projektin suunnittelu ja toteutusvaiheeseen, vaan se jatkuu koko kohteen elinkaaren ajan. [6, s. 2.]

Tietomallinnusta voidaan käyttää monessa eri vaiheessa projektin aikana. Investointipäätöksen tukena voidaan mallintaa eri vaihtoehtojen toimivuus. Energia-, ympäristö- ja elinkaarianalyseissa laskelmien vertailua jo tehtyihin ratkaisuihin. Suunnitteluvaiheessa tehdään visuaalisia havainnoita ja huomioidaan mahdolliset risteilyongelmat.

Rakennusvaiheessa voidaan mahdollisten vaihtoehtotuotteiden vastaavuus suunnitteluihin testata jo ennen asennusta.

Mallintamisen onnistumiseksi ja siitä saatavan hyödyn maksimisoiseksi on alusta asti sovittava yhteiset mallinnuksen tavoitteet. Kaikkien projektiin osallistuvien on noudatettava näitä yhteisiä tavoitteita, joita mallinnukselle asetetaan projekti kohtaisesti. [6, s. 4]

Näitä voivat olla esimerkiksi

- projektin päätöksenteon tukeminen
- projektin tavoitteisiin sitouttaminen
- suunnitteluratkaisujen havainnollistaminen
- suunnitelmien yhteensovittaminen
- rakentamisen ja lopputuotteen laadun varmistus
- rakentamisaikaisen prosessin tehostaminen
- turvallisuuden varmistus ja parantaminen rakentamisen ja elinkaaren aikana
- kustannus- ja elinkaarianalyysien varmistaminen
- rakennusaikaisen tiedon siirtämisen mahdollistaminen käytönaikaiseen tiedonhallintaan. [6, s. 2.]

Rakennustieto Oy:n kustantamassa julkaisusarjassa ”Yleiset tietomallivaatimukset 2012”, jotka kattavat uudis- ja korjausrakentamisenkohteet sekä rakennusten ylläpidon ja käytön, esitetään tietomallinnukselle vähimmäisvaatimukset. Suunnittelu sopimuksissa on esitettävä mallinnusvaatimukset ja -sisältö sitovasti ja samansisältöisinä. [4, s. 2.]

## 4.2 Talotekniikan tietomallinnus

Tilaaajan tehtyä periaatepäätös, että tuleva rakennuskohteen suunnitelmat tehdään tietomallinnuksella, se sitoo heti kaikki osapuolet tiukasti projektiin. Projektin johdolta vaaditaan erityistä sitoutumista hankkeen koko aikana. Heidän valinnoistaan riippuu mallintamisen laajuus ja laatu. Suunnittelijoiden valintaan tietomallinnus luo omat kriteerinsä, käytettävien ohjelmien käytettävyys mallintamiseen, suunnittelijan kokemus mallintamisessa ja myös asenne mallintamiseen. Mallintamisellahan pyritään jo suunnitteluvaiheessa tekemään mahdollisimman valmis lopputuote. Yksi onnistuneen mallintamisen läpiviemisen edellytyksiä on tietomallikoordinaattorin sitouttaminen varhaisessa vaiheessa hankkeeseen.

Tietomallikoordinaattori toimii hankkeen aikana mallinnuksen veturina. Hänen tehtäviinsä kuuluu, muun muassa

- ohjeistus tietomallintamisen laajuudesta
- mallinnustehtävät, -vastuu ja -velvollisuuksien selvittäminen hankkeen osapuolille.
- valvonta tietomallinnuksen käytöstä
- ohjeistus ja koordinointi
- raportointi johdolle.

Koordinaattorilla täytyy olla vankka kokemus tietomallintamisesta sekä hyvät ominaisuudet projektin vetämiseen. [6, s. 3.]

## 4.3 Sähkösuunnitelma mallintamalla

### 4.3.1 Hankesuunnitelmavaihe

Hankesuunnitelmavaiheessa ei tehdä varsinaisia suunnitelmia vaan tässä vaiheessa pohditaan eri vaihtoehtoja projektin suorittamiseksi, eli

- ratkaisuvaihtoehdot
  - uudisrakennus
  - saneeraus
- tilantarpeiden kartoitus
  - bruttoala
  - talotekniikka
  - käyttövaatimukset
- kustannusarvio
  - suunnittelukustannukset
  - rakentamiskustannukset
  - aikataulutuskustannus
  - viranomaismääräyksien kustannukset
  - rahoituskustannukset.

Vaikka varsinaisia geometrisia muotoja olevia suunnitelmia ei tehdäkään, hankesuunnitelma vaiheet on hyvä mallintaa. Nykyisin ei ole vielä valmiita ohjelmia, joilla kaikkia hankesuunnitelman vaiheita voitaisiin järkevästi mallintaa, esimerkiksi budjettitavoite, on silti sekin hyvä sisällyttää dokumenttina. Tämän vaiheen mallintamista kutsutaan vaatimusmallintamiseksi.

Vaatimusmalliin on sisällytettävä vähintään tilaohjelma taulukkomuotoisena. Tilaohjelmassa esitetään esim. tilakohtaisesti pinta-alat, tiloihin liittyvät erikoisvaatimukset, lvi- ja sähkövarusteet, valaistus, tilan käyttö ja käyttäjät.

Tilaohjelmaan on tärkeitä nimetä tiloille tunniste, tunniste voi olla huonenumerointi tai joku muu selvä nimeämistapa. On välttämätöntä että tunniste on systemaattinen, tilojen tunnistettavuuden erottamiseksi hankkeen joka vaiheessa. [6, s. 5 – 7.]

#### 4.3.2 Luonnossuunnittelu

Luonnossuunnitteluvaiheessa tehdään jo geometrisiä luonnoksia kohteesta. Tässä vaiheessa mallintaminen pyritään kuitenkin tekemään yksinkertaisena, esimerkiksi valaisimesta riittää niin sanottu laatikkomalli. Johtotiet pyritään mallintamaan koko rakennuksen osalta, johtoteiden kannattimia ei kuitenkaan välttämättä mallinneta. Samoin

kaikki tilaa vievät ratkaisut, kuten esimerkiksi sähkökeskukset mallinnetaan. Tässä vaiheessa tehdään usein vaihtoehtovertailuja usean teknisen ratkaisun välillä, tällöin voi tulla tarve, esimerkiksi visuaalisten näkökohtien takia, mallintaa kohde todellisuutta vastaavalla mallilla (kuva 5). [11, s. 4.]

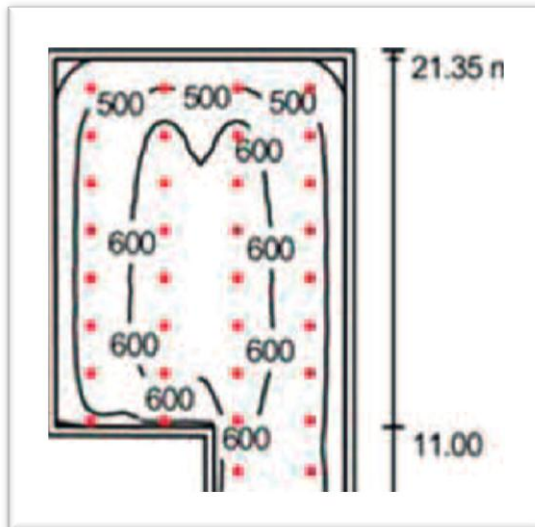


**Kuva 5. Havainnollistamiskuva mallihuoneesta [11, s. 4.]**

Havainnollistamiskuvasta on niin sanotun maallikon helpompi hahmottaa todellinen tilanne kuin pelkästä 2D-tasokuvasta. Useilla mallintamisohjelmilla voidaan kuvakulmaa pyöritellä rajattomasti.

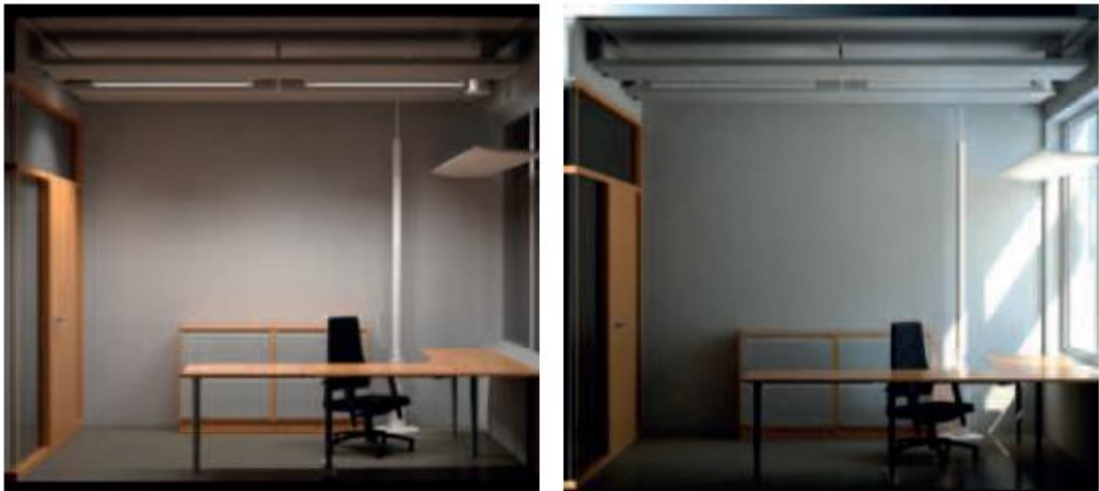
Valaistuksen ja valaisimien määrittelyssä käytetään valaistuslaskentaa, jolla saadaan tiloihin tarvittavan valaistusvoimakkuus määriteltyä numeerisesti. Samalla saadaan häikäisy eri pinnoilta määriteltyä. Tämä kuitenkin edellyttää, että arkkitehti on mallintanut tilojen kalusteet (kuva 6, ks. seur. s.).





Kuva 6. Valaistusvoimakkuuden laskelma [11, s. 5.]

Valaistusvisualisoinnilla saadaan todellisuutta vastaava tilanne mallinnettua. Tämä on aikaa vievämpi tapa kuin pelkkä valaistuslaskelma, mutta esim. päivänvalon ja valaisimien ero valaistukseen saadaan näkymään vaikuttavasti (kuva 7). [11, s. 5.]



Kuva 7. Päivänvalon ja valaisimen vertailu valaistukseen. [11, s. 4]

Tietomallintamiseen siirtyminen vaikuttaa suunnittelijoiden mukaantuloon jo heti rakentamisvaiheen alkuvaiheessa. Mitä enemmän tehdään esimerkiksi suunnittelua eri vaihtoehdoilla löydetään sitä paremmin oikeat tavat ja välineet edetä hankkeessa. On kuitenkin ilmeistä kaikille, että jo suunnitteluvaiheessa havaitut puutteet ja virheet on

helpompi ja taloudellisesti paras korjata heti kuin rakentamisvaiheessa tai pahimmillaan käyttövaiheessa.

Rakennustiesäätiön julkaisemassa kortissa ”Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE 12” käydään lävitse talotekniikkaan liittyvien suunnitelmien rakenne. Julkaisu sisältää laajan tehtäväluettelon koko hankkeen ajalta. Tätä voidaan käyttää liitteenä suunnittelusopimuksia tehtäessä.

Tässä insinöörityössä liitteessä 1 on kopio sähkösuunnitteluun liittyviä tehtäviä ehdotussuunnitelmavaiheessa. Julkaisussa on perustehtävien lisäksi lueteltu erikseen tilattavat ja sovittavat työt. [9, s.2.]

#### 4.3.3 Toteutussuunnitelma

Toteutussuunnitelmavaiheessa seuraavat kohteet mallinnetaan vähintään laitteistojen oikeita tai suunnittelijan arvioimia mittoja käyttäen 3D-malleilla:

- sähkönjakelu
- keskukset
- johtotiet
- valaisimet.

Laitteiston toimittajien 3D-objektien käyttöä suositetaan ensisijaisesti, jos näitä on käytettävissä, ja ohjelmistot tukevat niitä. Asennuskalusteita ei vaadita mallinnettavaksi muualla kuin mallihuoneissa. Asennusputkia ja johtoja ei vaadita mallinnettavaksi näissäkään tiloissa. Kuitenkin, kun puhutaan kattavasta mallintamisesta, suositetaan näidenkin mallintaminen kaikissa tiloissa. Tate 12 -tehtäväluettelossa näistä sovitaan erikseen sovittavissa osioissa.

Turva- ja valvontajärjestelmät mallinnetaan omaan järjestelmään. Näihin liittyy yleensä salattavia ja suojattuja tietoja, jolloin on myös huolehdittava, ettei tiedostoihin pääse muut kuin erikseen sovitut yhteisöt tai henkilöt. [8, s. 7.]

Automaatiojärjestelmät komponenttien osalta mallinnetaan yleensä sähkösuunnitelmiin. Näin saadaan vaadittava tilantarve tietoon. RAU- (rakennusautomaatio) suunnittelija toimittaa riittävät tiedot sähkösuunnittelijalle.

Rakennusurakkaan kuuluvat laitteet, esimerkiksi savunpoistolaitteiden ohjauskaapit, oviohjausautomaation kuuluvat kojeet ja muut selkeästi sähköurakkaan kuulumattomat laitteet mallinnetaan senhetkisen tiedon vaatimuksilla. Nämäkin voidaan mallintaa todellisia laitteistojen malleja vastaaviksi, näistä on kuitenkin muistettava sopia erikseen jo suunnittelun rajapintoja sovittaessa. [6, s. 10.]

## **5 Tietomallinnus saneerauskohteessa**

### **5.1 Rajakaaren urheiluhalli**

Rajamäellä sijaitseva Rajakaari-kiinteistö on rakennettu alun perin Alko Oy:n koulutus- ja harrastustiloiksi. Sen suunnitteli professori Einari Teräsvirta, ja rakennus valmistui v. 1964. Rakennusta on saneerattu useasti 1990 - 2000 -luvulla. Saneerauksien yhteydessä on kokoustiloja muutettu luokkatiloiksi. Viimeisin saneeraus tehtiin 2012.

Rakennus on pääosin betonirakenteinen, ja sitä hallitsee kaarimainen muoto (kuva 8, ks. seur. s.). Nykyisen saneerauksen pääsuunnittelijana toimi Tapani Mustosen arkkitehtitoimisto Arkkitehdit Mustonen Oy. [10, s. 2.]

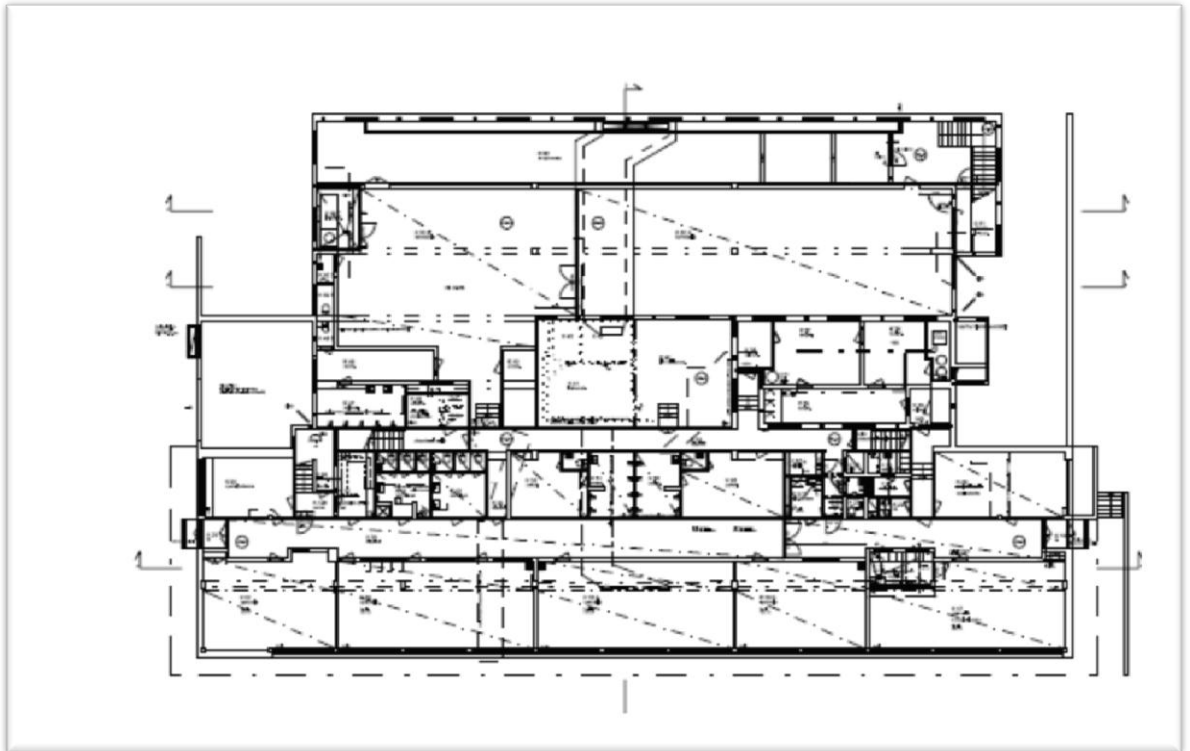


**Kuva 8. Rajakaari, näkymä keskusraitilta.**

Rakennuksen alkuperäisen arkkitehdin tekemiä rakenneratkaisuja on pyritty säilyttämään mahdollisimman paljon eri korjaus- ja muutostöissä. Rakennuksen julkisivut on onnistuttu säilyttämään lähes kokonaan alkuperäisessä muodossa. Kaikki tekniikkaan sisältyvät muutokset ja lisäykset on pyritty piilottamaan rakenteisiin.

Rakennus sisältää kerroksittain seuraavat tilat:

- kellaritilat (kuva 9)
- 3 luokkahuonetta
- 1 oppilashuoneen
- 1 opettajienhuoneen
- budo- ja tanssitilat
- ampumaradan
- varastotila, joka on myös väestönsuojatilana
- talotekniikantilat.



Kuva 9. Kellaritilan arkkitehtipohja 1:500

Rakenteisiin liittyviä purkutöitä tehtiin kellaritiloissa esim. sisääntulokäytävän lattialle, jota jouduttiin viemäriputkistoihin liittyvien asennusten vuoksi avaamaan koko käytävän pituudelta. Suunnitelmissa oli tarkoitus alun perin peruskorjaamalla saada vanha putkisto käyttöön. Kuitenkin vanhojen tarkekuvien perusteella ei voitu riittävän tarkasti kohdistaa putkistojen haaroituksia.

Yksi suurista ongelmista onkin saneerauskohteissa, se että ei voida etukäteen tietää varmasti, mitä rakenteet sisältävät ja missä kunnossa tekniikka on (kuva 10, ks. seur. s.).



Kuva 10. Kellaritilan lattia avattuna

Alakattorakenteita tehtiin opetus- ja opettajatiloihin sekä sisääntulokäytävän osalle. Talotekniikalle jouduttiin avaamaan betonirakenteita (kuva 11). Muille tiloille tehtiin pintaverhoilu ja maalaustyöt.

Betonirakenteet on tehty tyypillisesti vielä 60-luvulla paikalla valutyönä. Rakenteet on jouduttu valamaan kerroksittain. Kattorakenteet pyrittiin suorittamaan myös valamalla, tällöin rakenteista tuli suljettuja. Nykyään rakennukset valmistetaan yleisesti elementtirakenteina, sekä kerroksien välinen osuus tehdään usein ontelolaatalla. Ontelolaatta

valetaan teräsbetonista. Laatta ei ole täysin valettu umpeen, vaan siinä on tyhjiä reikiä (onteloita). Onteloita voidaan käyttää talotekniikan johtoreitteinä. Alakattorakenteet tehdään avattaviksi, tällöin rakenteisiin päästään käsiksi myöhemminkin.



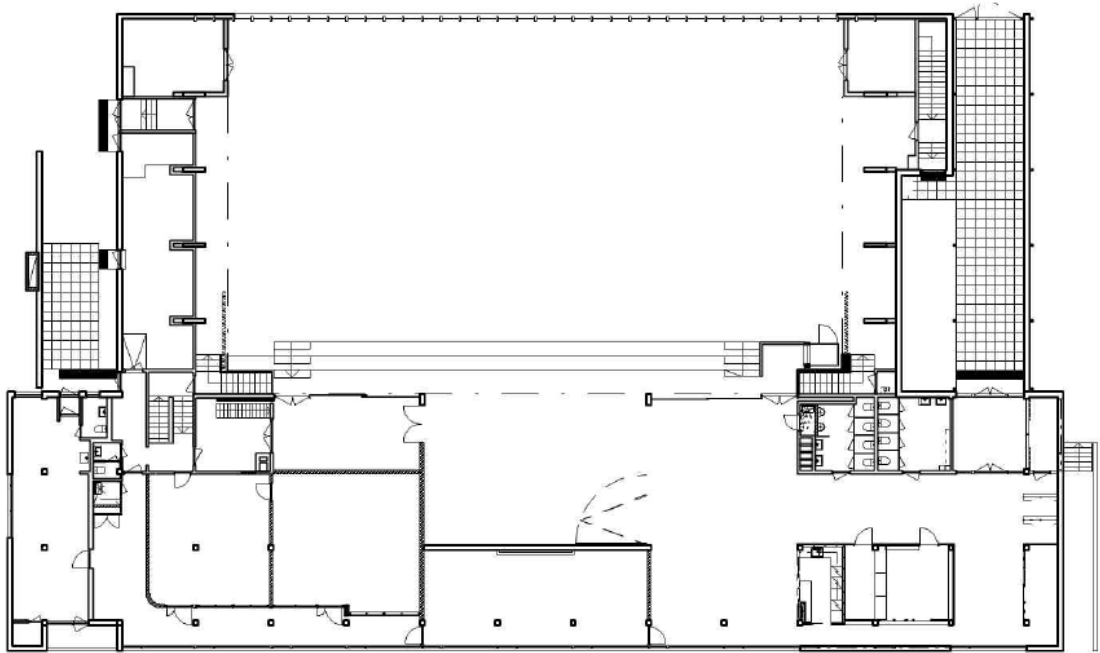
Kuva 11. Purettua alakattorakennetta

Kuvasta voidaan havaita minkälaisia tyhjiä tiloja voi rakenteisiin sisältyä. Näiden todellisia muotoja ei voida todentaa muutoin kuin avaamalla kyseinen rakenne.

1. kerros:

- 3 luokkahuonetta
- sisääntuloaula
- eteistilat
- keittiötilat
- kahviotilat
- lämpö
- näyttämö
- urheilutila
- wc-tilat.

Aulatiloissa avattiin olemassa oleva alakattorakenne ja asennettiin talotekniikan sisältyvät kanavistot ja johtotiet. 1. kerroksessa oli aikaisemmin luokkahuoneina vain yksi opetustila ja yksi opetuskeittiö. Nyt tehdyssä saneerauksessa luokkatiloja tehtiin yksi lisää, ja opetuskeittiö muutettiin luokkahuoneeksi (kuva 12). Muissa tiloissa tehtiin rakenteeseen liittyviä muutoksia vain talotekniikan vaatimassa laajuudessa. Kaikissa tiloissa suoritettiin kuitenkin vähintään pintamaalaus.



**Kuva 12. 1-kerroksen arkkitehtipohja 1:500**

Luokkatilojen uudet tilajaot tehtiin muuraamalla ja tehtiin alakattorakenteet. Alakattorakenteet ovat avattavia, moduulijakoisista ääntä eristävistä levyistä koostuva.

## 2. kerros

- näyttämön parveke
- 2 IV -konehuoneita
- AV-tilat.

IV-konehuoneet saneerattiin uusille koneyksiköille sopiviksi. Tiloissa poistettiin seinärakenteita ja lattiarakenne jouduttiin uusimaan painavimpien koneyksiköiden takia.



## 5.2 Talotekniset työt

Nyt suoritetussa saneerauksessa talotekniikkaan liittyvät laitteet uusittiin täydellisesti. Ilmanvaihto urakassa kaksi vanhaa ilmanvaihtokoneyksikköä vaihdettiin uusiin ja kolme uutta yksikköä lisättiin. Ilmanvaihto kanavisto laitepäätteineen uusittiin kauttaaltaan. Vesi- ja lämpöputkistot vaihdettiin myös uusiin. Rakennus on kytketty kaukolämpöverkkoon.

Sähköurakassa uusittiin kaikki sähkötekniikkaan kuuluvat laitteistot ja niihin liittyvät kaapeloinnit. Urakkaan kuului myös energiasyötön ja pääkeskuksen uusiminen. Sähköurakkaan kuului perustekniikan lisäksi paloilmoitin-, kulunvalvonta-, rikosilmoitin ja äänentoistotyöt.

Rajakaaren peruskorjauksen suunnittelu tehtiin perinteisellä 2D-suunnittelulla. Suunnittelijoilla oli aikaisemmin suoritetuista toimenpiteistä dokumentit käytettävissään.

## 5.3 Inventointimallintaminen

### 5.3.1 Laserkeilaus mallintamisen apuna

Saneerauskohteen mallinnus on työteliäämpi kuin uudiskohteen. Mallinnuksen täytyy täsmätä kaikilta mitoilta ja muodoiltaan todellista kohdetta. Usein vanhemmista rakennuksista ei ole Cad-pohjaista kuvaa lainkaan saatavissa, ja jos onkin, on olemassa mahdollisuus, ettei se pidä todellisen kohteen kanssa paikkaansa. Perinteisen suunnittelun heikkona puolena on juuri se, että suunnitelmia on useita versioita käytettävissä. Kun tiedostoja tallennetaan tai arkistoidaan, on vaarana, että jotain oleellista jää pois. Tietomallinnuksen pääajatuksia on, että kohteesta on vain yksi tiedostokokonaisuus, jota käytetään koko rakennuksen elinkaaren aikana.

Laserkeilausta käytetään nykyään yhä enemmän mallinnuksen apuna valmiissa kohteessa. Laserkeilaus perustuu lähetettävän signaalin peilautumista kohteesta takaisin. Signaalin nopeuden ja kulman avulla saadaan kohteen muodot esille. Mitä enemmän signaaleja lähetetään ja vastaanotetaan, sitä tarkemmin kohde saadaan mallinnettua. Peilattavat säteet muodostavat niin sanotun pistepilven, josta koostuu mallinnettavan kohteen muodot. Pistepilvimallinnusta voidaan käyttää joko pelkästään itsestään mallinnuksessa tai sitä voidaan käsitellä lisää, esimerkiksi kohteesta otetulla valokuvalla.

Kuvassa 13 on mallinnuksessa käytetty pistepilvimallinnusta ja lisätty 3D-mallinnuksella putkistotekniikka:



**Kuva 13. Pistepilvimallinnus ja putkisto [13, s. 2.]**

Pistepilviaineistoa voidaan jatkokäsitellä esim. CAD-pohjaisilla sovelluksilla. Tällöin mallinnukseen saadaan myös materiaalitiedot. [13, s. 42.]

Rajakaaren tilat ovat sokkelomaisia, varsinkin kellaritilat. Kellarissa huoneet ja varastotilat sijaitsevat eri tasoissa, on ahtaita porrasmousuja ja pieniä käytäviä, jotka yhdistävät tiloja toisiinsa. Saneerauskohteissa joudutaan tekemään ratkaisuja usein olemassa olevien rakenteiden ehdolla. Tilojen korkeus määrää talotekniikan reittien valinnan. Ilmastointikanavat joudutaan mitoittamaan vaadittujen ilmamäärien mukaan. Rajakaareissa pääkanavistot ovat halkaisijoiltaan 315 - 900 mm.. Näin suurien kanavien asennus vaatii paljon tilaa ja kaaret vaativat vielä enemmän tilaa (kuva 14, ks. seur. s.). Tiettyt kanavaosuudet vaativat vielä eristyksen.



Kuva 14. IV-kanaviston läpiviennit

### 5.3.2 Laserkeilaaminen Rajakaaren tiloissa

Laserkeilaaminen olisi epäilemättä varmin ja nopein tapa mallintaa Rajakaaren tilat. Tämän kiinteistön sokkelomaisuus asettaa paljon haasteita keilaamiselle, mutta olisi kuitenkin tehtävissä. Valmiiden tilojen mallintamisessa voidaan kuitenkin mallintaa vain ne pinnat, joita ihmissilmälläkin voidaan havainnoida. Kaikki rakenteissa piilossa olevat yksityiskohdat ja piilotetut esim. talotekniikkaan liittyvät asennukset jäävät realistisesti mallintamatta.

Tätä insinööriyötä varten haastateltiin muutamia projektissa mukana olleita henkilöitä. Yksi haastatelluista oli pääsuunnittelijana toiminut arkkitehti Tapani Mustonen. Hänellä on kokemuksia inventointimallintamisesta. Inventointimallintaminen käsittää olemassa olevan kohteen mallintamisen. Hänen suunnittelemissa saneerauskohteissa on käytetty laserkeilausta mallintamisen apuvälineenä. Mustonen sanoi keilauksen onnistuneen näissä kohteissa hyvin. Hän kuitenkin toi julki muutamia tärkeitä huomioita, joita projekteissa on tullut esille. Yksi on laserkeilauksen tarkkuus, on hyvin tärkeää että

keilauksen suorittaja ymmärtää, mihin tarkoitukseen mittaus tehdään. Mustonen painotti kokemuksen tärkeyttä tässäkin asiassa. Vanhoissa rakennuksissa on hyvin yleistä, etteivät esim. seinätasot ja -linjat ole suorita. Tällöin on hyvin tärkeää mallintamisen todenperäisyyden kannalta, että mittapisteitä otetaan tarpeellinen määrä.

Mustonen tähdensi, että on huomattu aina, kun pistepilvimallinnusta muokataan eri sovelluksilla, on vaarana, ettei tiedosto tallennu alkuperäisenä, vaan joitain tiedostoja voi jopa kadota. Näin ollen ohjelmistot eivät ole vielä täysin yhteensopivia.

Kustannusvaikutuksia arvioidessa arkkitehti Mustonen laski laserkeilauksen kustannuksiksi noin 30 000 euroa. Tämä arvio perustuu aikaisemmin vastaavissa rakennuskohteissa suoritettuihin laserkeilauksen kustannuksiin. Lisäksi rakennuttajan edustajana ja rakennustekniikan valvojana toiminut hankeinsinööri Ossi Kauppila arvioi mallintamisen aiheuttavan suunnitteluun noin 20 % lisäkustannuksen. Suunnittelun lisäkustannus johtuu pääosin siitä, että sähkö- ja lvi-suunnittelijat olisi pitänyt vaihtaa. Tällä hetkellä tietomallintamiseen pystyviä suunnittelutoimistoja on suhteellisen vähän, tulevaisuudessa tietomallintamisen yleistyessä, myös kustannusero perinteisen suunnittelun ja tietomallintamisen välillä tasoittuu.

#### 5.4 Sähkötekniikka Rajakaarella

Sähkötekniikkaa liittyy nykyisin rakennukseen entistä enemmän. Automaation osuus kiinteistöissä lisääntyy (kuva 15). Laitekokoonpanoille täytyy suunnitella tilantarve jo hyvissä ajoin. Tämä taas edellyttää, että ko. oleva järjestelmän laajuus on tiedossa. On myös jo suunnitteluvaiheessa pyrittävä huomioimaan lähitulevaisuuden tarve.

Tilojen yhteiskäyttö asettaa lukituksille oman vaatimuksensa. On tiloja, joihin täytyy päästä normaalin aukioloajan ulkopuolella. Näitä ovat esimerkiksi koulun liikuntatilat. Samalla on myös huomioitava tilat, joihin pääsy on sallittu vain koulun normaalina aikana.



Kuva 15. Kiinteistöautomaatiokeskus ja osa ohjauskaapeleista kytkettynä

Yleiskaapelointi pisteitä määritellään yhä enemmän, turva- ja poistumistievalaistuksien määräksiä tiukennetaan ja palohälyttimien tilakohtaiset määrät lisääntyvät. Nämä kaikki lisäävät kaapeloinnin määrää yhä suuremmiksi. Elektronisten laitteiden lisääntyessä joudutaan yhä enemmän kiinnittämään huomiota häiriötaajuuksien ehkäisyyn. Paloturvallisuusmääräykset antavat omat sääntönsä yhteiskaapeliteille.

Sähtöturvallisuusmääräykset määrittelevät myös johtoteitten asentamisesta rakenteisiin. Johtoteiden täytyy olla mm. paloturvallisesti asennettuna ja niihin on jälkepäin tarvittaessa päästävä lisäämään tai poistamaan kaapeleita. Kaikki kytkentäkotelot, jakorasiat ja muut vastaavat näihin liitettävät laitteet on riittävän hyvin huoltotoimenpiteiden kannalta oltava hoidettavissa. Nämä on myös hyvin dokumentoituva sijainti paikaltaan tai muuten merkittävä selvästi jälkepäin havaittaviksi.

Saneerauskohteissa joudutaan hyvin usein tekemään reittivalinnat paikanpäällä ja valitsemaan sopiva asennustapa kulloinkin sopivalla tavalla (kuva 16 ja 17).



**Kuva 16. Johtoteitten ja jakorasioitten sijoitus rakenteisiin**



**Kuva 17. IV-putkistojen ja sähköjohtoreittien risteilyä**

On tullut entistä tärkeämmäksi, että hyvissä ajoin huomioidaan eri tekniikan vaatimat reitti- ja laiteasennuksen vaatimat tilat.

Rajakaaren pääkeskustiloihin oli suunnitelmissa piirretty pääkeskus jossa on myös kiinteistökeskusosa ja kaksi erillistä ryhmäkeskusta. Keskuksia mitoittaessa keskusvalmistamalla, jouduttiin pääkeskus ja kiinteistökeskus irrottamaan toisistaan. Keskustilassa keskuksat sijoitettiin vielä eri seinustalle.

Rajakaarella uusittiin kaikki valaisimet. Osa valaisinten vanhoista rungoista säilytettiin, valonlähde korvattiin uudella (kuva 18). 1. kerroksessa sisääntuloaulassa asennettiin led-valonlähde vanhaan hehkulamppuvalaisimeen. Valaisimien paikat oli tasosuunnitelmassa suunniteltu entisille paikoilleen. IV-kanaviston päätelaitteet olivat kuitenkin suuremmat kuin IV-suunnitelmassa, jolloin valaisinten paikat jouduttiin mitoittamaan uudelleen.



Kuva 18. Valaisimen korjaus uudella valonlähteellä

Urheilutilassa kattovalaisimet myös peruskorjattiin asentamalla uusi valaisin vanhaan valaisinrunkoon. Kuvassa 19 ne on vaihdettuna, noin 300 x 300 mm. valaisimet. Samaan kattorakenteeseen asennettiin uudet urheilutilan loistevalaisimet. Kaarevalla seinäpinnalla näkyvät loistevalaisimet peruskorjattiin lähettämällä ne valaisintehtaalte, niihin asennettiin uudet heijastimet, putket, loisteputkipitimet ja rungot maalattiin. Kattoristikoon asennettiin myös turvavalaisimet, näyttämövalaistus ja äänentoistokaiuttimet.



**Kuva 19. Liikuntatilan valaisin asennukset.**

Valaisimien muutostyössä törmättiin mitoitusongelmaan, suunniteltujen valaisinten piti sopia vanhan rungon sisälle, kuitenkin uusien valaisimien ääriimitat olivat liian suuret.

Luokkien valaisimien asennuksessa jouduttiin huomioimaan kattopintojen tasoerot. Osa valaisimista upotettiin alalaskukattoon, osa asennettiin ripustustangolla. Kuvassa 20 (ks. seur. s.) olevassa luokahuoneessa oli vielä huomioita valaisinrivissä tapahtuva katon korkoero.





Kuva 20. Kattopintojen korkeusero aiheutti ongelmia valaisinasennuksessa.

Valaisin asennuksessa on huomioitava valaisinten symmetrinen asettelu. Usein kattorakenne asettaa omat vaatimuksensa asennukselle. On hyvän asennustavan mukaista, että valaisimien ripustukset ovat linjassaan alakattorakenteeseen nähden.

## 5.5 Sähkötekniikan tietomallinnus Rajakaarella

Kun pohditaan Rajakaaren tietomallinnusta, sitä tarkastellaan tässä opinnäytetyössä pääosin sähkötekniikan näkökulmasta. Mallinnuksesta saatavia hyödyiksi voidaan pitää ainakin seuraavia hyötyjä:

### Kaapelireitit

- kaapeliteitten risteily muun tekniikan reitteihin nähden

- reittivalinnat ahtaissa tiloissa helpompi hahmottaminen
- kannattimien asennuksien mitoitus helpompi laskeminen, kun tiedetään kuormitus
- määrälaskennan nopeus ja tarkkuus
- nousukuilujen ja läpivientien määrittäminen tarkasti mahdollista.

#### Sähkökeskukset ja muut laitekaapit

- tilantarve määrittely voidaan tehdä tarkasti
- kaapelitiet voidaan määrittellä laitetiloissa tarkasti
- ahtaissa tiloissa keskuksien rahtausväylät voidaan mitoittaa ennalta.

#### Yleis- ja turvavalaisimet

- valaisimien tilantarpeen hahmottaminen alaslasketuissa katoissa
- ripustuskannakkeiden mitoitus riippuvalaisimissa
- uuden valonlähteen sijoitus vanhaan runkoon jo suunnitteluvaiheessa
- valaistuksen visualisointi varmistamaan tilojen riittävän valaistuksen
- turvavalaisimien sijoittelu ja tarkastelu kriittisissä paikoissa.

#### Rakennusautomaatioasennukset

- kulkureittien hahmottaminen ovilukitusjärjestelmään
- laitekalusteiden sijoittelu oviympäristöön
- johtoreittien suunnittelu helpompaa, kun tiedetään laitteen tarkka sijoitus.

Edellä luetelluissa kohdissa ilmeni sähkösuunnitelmissa olevia puutteita tai ristiriitoja asennuksen aikana. Kaikkia epäkohtia ei mallinnuksellakaan olisi voitu poistaa suunnittelun aikana. Saneerauskohteessa joudutaan toimimaan olemassa olevien rakenteiden kanssa, sillä aina ei ole mahdollista aukoa rakenteita tarkistaakseen, mitä ne sisältävät. Vaikka olisi käytettävissä alkuperäiset suunnitelmat, ei voida olla varmoja, että ne ovat paikkaansa pitäviä. On tehty muutoksia, joista ei ole dokumentteja tai ne eivät ole käytettävissä mallinnuksen aikana.

## 5.6 Urakointitapa ja tietomallinnus sähköurakassa

Varsinkin saneerauskohteessa täydellisten suunnitelmien tekeminen on usein hankalaa tai jopa mahdotonta pelkästään suunnitteluvaiheessa. Mallintamisessa pyritään suunnitteluvaiheessa ratkaisemaan esimerkiksi talotekniikan laitteistojen ja reittien risteilyt. Tämä ei ole aina mahdollista ilman rakenteiden purkua.

Täydellisen mallintamisen suorittamiseksi joudutaan mallintamista tekemään myös rakentamisen aikana. Mallintamisellahan pyritään myös kustannuksien hallintaan. Todelliset kustannukset tullaan tietämään vasta, kun mallinnus on suoritettu lähes kokonaan kyseisessä kohteessa.

Kun rakennuspäätös on tehty, on valittava urakoitsijat ja urakkamuoto. Urakkamuodot jaetaan maksuperusteen mukaan: laskutyö-, kokonais-, yksikköhinta-, ja tavoitehintaurakointiin.

Laskutyöurakassa urakoitsija veloittaa tehdyt tunnit ennalta sovitun tuntihinnan mukaisesti. Tarvikkeet laskutetaan toimitettujen määrien perusteella. Tarvikkeista yleensä sovitaan määrälennus. Sopimusvaiheessa ei voida tietää tarkkaa hintaa.

Kokonaishintaurakassa urakkaan kuuluu kaikki suunnitelmissa ja erillissopimuksissa olevat työsuoritteet tarvikkeet mukaan luettuna. Työsuoritukset, joita ei ole ollut tiedossa sopimusta tehtäessä, veloitetaan esimerkiksi laskutustyö perusteella työntilaaajalta. Sopimusvaiheessa tiedetään tarkka hinta, jos työsuoritukset voidaan tehdä suunnitelmien mukaan. Lisätyöt nostavat yleensä lopullisia kustannuksia huomattavasti.

Yksikköhintaurakassa ei kohteelle määritellä kokonaisurakkahintaa, vaan jokainen työsuoritus tarvikkeet mukaan luettuna hinnoitellaan tarkasti etukäteen. Maksu suoritetaan pelkästään suoritettujen yksikköjen perusteella. Suunnitelmat voi muuttua urakoinnin aikana, erillistä hinnoittelua ei tarvita.

Tavoitehintaurakassa määritellään kohteeseen kattohinta ja tavoitehintaa. Kattohinnan ylittyessä kustannukset jäävät urakoitsijan riskiksi. Tavoitehinnan alittavalta osalta maksetaan urakoitsijalle bonuspalkkio. Urakointimuoto vaatii tarkat ja paikkansa pitävät suunnitelmat. [14, s. 21.]

## 6 Yhteenveto

Tässä insinööriyössä tarkasteltiin tietomallinnusta osana sähkösuunnittelua ja varsinkin sen soveltuvuutta saneerauskohteeseen. Tarkastelussa käytiin lävitse tietomallinnuksen pääperiaate ja sen erivaiheet. Tietomallinnus on nykyään ja tulevaisuudessa yhä enenemässä määrin suunnittelun perustana. Tietomallinnusta pyritään tuomaan rakennusalallekin ehkä jopa liian kaiken kattavana ja pelastavana ihmepelinä. On kuitenkin huomioitava, että tietomallinnus sisältää vain tiedostoja, jonne ne on jonkun tai joidenkin syötettävä. Tietomallinnuksessa ohjelmisto suorittaa vain hankalat laskutoimitukset ja geometriset kuvat näytölle. Kaikki perustiedot ovat kuitenkin esim. suunnittelijan mietittävä ja syötettävä ohjelmistoon.

Tietomallinnuksella pyritään luomaan kohteesta, esim. rakennus, jo suunnitteluvaiheessa todellinen vastine kohteesta. Tämä asettaa suuret paineet ja odotukset kaikille projektiin osallistujille. Ei riitä, että hallitsee sovelluksen, jolla mallinnus tehdään, vaan on myös hallittava oman alansa kokonaisuus ja ymmärrettävä se ympäristö, mitä mallinnetaan. Ei voida enää hyväksyä suunnitelmia, jossa lukee teksti: *Urakoitsija tarkistaa mitat työmaalla.*

Saneerauskohteen mallintaminen täydellisesti vaatii myös urakointitavan uutta miettimistä. Voidaanko tehdä laskelmia suunnitelmilla, joihin sisältyy epävarmuuksia todellisista kohteen olosuhteista. On harkittava tehdäänkö ensin erillinen rakenteiden purku tai osittainen aukaisu ja mallinnetaan kohde valmiiksi. Tässä tilanteessa yksikköhinnotteluun perustuva urakointitapa voisi olla sopivin.

Saneerauskohteessa mallinnus toimii käytännössä varmastikin parhaiten suunnittelun apuvälineenä. Kohdetta mallinnetaan alun perin niin paljon, kuin se on mahdollista suunnitteluvaiheessa ja täydennetään sitä sitten rakentamisen aikana. Tietomallintamisen suurin hyöty jää työvaiheen aikana saavuttamatta, mutta täydennetty tietomallinnus palvelee kaikkia rakennuksen loppu elinkaaren ajan.

Kysymykseen, olisiko Rajakaaren tietomallintaminen ollut mahdollista käytännössä ja taloudellisesti kannattavaa. Edellä käytyjen, hyvän mallintamisen ehtojen ja tapojen perusteella voidaan todeta, ettei kattavaa mallintamista suunnitteluvaiheessa olisi voitu tehdä. Taloudellisestikin ajateltuna olisi investointi mallintamiseen rakentamisen aikana jäänyt hyödyntämättä. Se, miten paljon rakentamisen aikana täydennetty tietomallintaminen palvelisi tulevaisuudessa, riippuu siitä, tehdäänkö kohteeseen vielä saneerausta vai ei.

## Lähteet

- 1 Talonrakennushankkeen kulku. RT10-10387. 1989. Rakennustieto Oy.
- 2 Nurmio Jarmo. Sähköisen talotekniikan järjestelmien suunnitteluprosessi. 2010. Metropolia.
- 3 Alku Antero. Tietokone 2/2001. Sanoma Magazines Finland Oy.
- 4 Tomi Henttinen. Mihin tietomallinnus on menossa. Verkkodokumentti. <[www.buildingsmart.fi](http://www.buildingsmart.fi)>. Luettu 22.1.2013
- 5 Penttilä Hannu. Mikä tekee suunnitteluprojektista BIM-projektin. Verkkodokumentti. <[www.mittaviiva.fi](http://www.mittaviiva.fi)>. Luettu 25.1.2013
- 6 Yleiset tietomallivaatimukset. Osa 1, Yleinen osuus. 2012. Helsinki. Rakennustieto Oy.
- 7 Karjula Jaakko, Mäkelä Elina. Yleiset tietomallivaatimukset. Osa 11, Tietomallipohjaisen projektin johtaminen. 2012. Helsinki. Pöyry CM Oy.
- 8 Yleiset tietomallivaatimukset. Osa 4, Talotekniikan suunnittelu. 2012. Helsinki. Rakennustieto Oy.
- 9 Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo. TATE 12. 2012. Helsinki. Rakennustieto Oy.
- 10 Mustonen Tapani. Rajakaari. <[www.arkkitehditmustonen.fi/lataa\\_pdf/158\\_rajakaari](http://www.arkkitehditmustonen.fi/lataa_pdf/158_rajakaari)>. Luettu 31.1.2013.
- 11 Yleiset tietomallivaatimukset. Osa 9, Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä. Helsinki. Rakennustieto Oy.
- 12 Yleiset tietomallivaatimukset. Osa 8, Mallien käyttö havainnollistamisessa. 2012 Helsinki. Rakennustieto Oy.
- 13 Härkönen Kim. Laserkeilaus ja sen hyödyntäminen kunnossapitokohteissa. <[www.promait.net\\_2-11](http://www.promait.net_2-11)>. Luettu 30.1.2013.
- 14 Nurmio Jarmo. Suunnittelutyön hankinta ja hinnoittelu ja urakkamuodot. 2011. Metropolia.

## TATE 12. Suunnittelun tehtäväluettelo.

|              |   |   |
|--------------|---|---|
| <b>D 3</b>   | <b>Käynnistäminen</b>   |   |
| <b>D 3.1</b> | <b>CAD- ja tietomallinnusohje</b><br>Osallistetaan CAD- ja tietomallinnusohjeen laatimiseen. CAD- ja tietomallinnusohje määrittää suunnittelussa käytetyt ohjelmistot ja niiden yhteensopivuuden.<br><i>CAD- ja tietomallinnusohjeen tekeminen varmistaa kaikkien osapuolien yhdenmukaisen toiminnan ja suunnitelmien tietoteknisen yhteensopivuuden.</i>   | CAD- ja tietomallinnuksen toimintaohje  |
| <b>D 3.2</b> | <b>Laitetunnusjärjestelmä</b><br>Laitetunnusjärjestelmän selvittäminen ja tarvittaessa laadinta sekä hyväksyttäminen varmistavat laitteiden yhdenmukaisen koodauksen.<br><i>Laitteille on oltava yksilöllinen ja yhdenmukainen tavalla tehty tunnistus niiden sijainnin sekä muihin laitteisiin ja järjestelmiin liittymisen tunnistamiseksi.</i>   | Laitetunnusjärjestelmä  |
| <b>D 3.3</b> | <b>Liittymävaihtoehdot</b><br>Määritellään rakennuksen massoitteeluun vaikuttavat liittymät ulkopuolisiin verkostoihin.<br><i>Ulkopuolisten verkostojen reitit vaikuttavat rakennuksen massoitteeluun ja teknisten tilojen sijoitteluun.</i>  | Asemapiirustus ja selvitys liittymistavasta ja reiteistä. Selvitys sammuusjärjestelmien vesilähteestä.        |
| <b>D 3.4</b> | <b>Teknisten järjestelmien vaihtoehdot</b><br>Selvitetään yhteistyössä koko suunnitteluryhmän kanssa ne talotekniset vaihtoehdot, jotka soveltuvat ja tukevat arkkitehdin määrittelemiä tilaratkaisuvaihtoehtoja.<br><b>Sähkö- ja telejärjestelmät.</b> Kirjataan ja visualisoidaan ehdotussuunnitelmavaihtoehdot mm. seuraavasti:<br>- vaihtoehdot sähköjakeluratkaisut työaluelle<br>- vaihtoehdot valaistusratkaisut tyyppitiloille<br>- vaihtoehdot ratkaisut energian mittausjärjestelmän toteutukselle<br>- vaihtoehdot ratkaisut sähköjakelujärjestelmien toteutukselle<br>- vaihtoehdot ratkaisut mahdollisten varmennettujen ja keskeytymättömien jakeluiden toteutukselle<br>- vaihtoehdot ratkaisut telejärjestelmien toteutukselle<br><b>LVI-järjestelmät.</b> Kirjataan ja visualisoidaan vaihtoehdot mm. seuraavasti:<br>- vaihtoehdot keskusjärjestelmäratkaisut<br>- vaihtoehdot pääjakelureitit<br>- vaihtoehdot tyyppilaratkaisut<br><b>RAU-järjestelmät.</b> Kirjataan ja visualisoidaan vaihtoehdot mm. seuraavasti:<br>- vaihtoehdot ratkaisut RAU-järjestelmän ja säätöjärjestelmän toteutukselle<br><br><i>Mikäli kyseessä on avointa rakentamisella noudatava projekti, määritellään erikseen vaihtoehdot ilinteille rakennukselle ja muuntuville tiloille.</i> | Kuvaukset ja luonnokset eri vaihtoehdoista vertailun tai päätöksenteon kannalta riittävällä tarkkuudella      |
| <b>D 3.5</b> | <b>Käyttö- ja paloturvallisuusvaihtoehdot</b><br>Selvitetään yhteistyössä koko suunnitteluryhmän kanssa ne palo- ja turvatekniset vaihtoehdot, jotka soveltuvat arkkitehdin määrittelemiä tilaratkaisuvaihtoehtoihin ja tukevat niitä.<br><b>Palo- ja turvajärjestelmät.</b> Kirjataan ja visualisoidaan ehdotussuunnitelmavaihtoehdot mm. seuraavasti:<br>- vaihtoehdot ratkaisut paloilmoitus-, savunpoisto- ja poistumisvalaistusjärjestelmien toteutukselle<br>- vaihtoehdot ratkaisut murtolomaisu- ja henkitorvajärjestelmien toteutukselle<br>- vaihtoehdot ratkaisut palosammuusjärjestelmien toteutukselle<br><br><b>RAU-järjestelmät.</b> Kirjataan ja visualisoidaan vaihtoehdot mm. seuraavasti:<br>- vaihtoehdot ratkaisut savunpoiston ohjausjärjestelmien toteutukselle (mikäli käytetään apuna rakennusautomaatiojärjestelmää)<br><br><i>Mikäli kyseessä on avointa rakentamisella noudatava projekti, määritellään erikseen vaihtoehdot ilinteille rakennukselle ja muuntuville tiloille.</i>  | Kuvaukset ja luonnokset eri vaihtoehdoista vertailun tai päätöksenteon kannalta riittävällä tarkkuudella      |
| <b>D 3.6</b> | <b>Energiankulutuksenlaskenta, taso a (LVI, S)</b><br><i>Energiankulutuslaskelmalle verrataan ehdotussuunnitelun eri vaihtoehtojen energiantarvetta, mm. rakennuksen massoitteeluun vaikuttaa.</i>  | Energiankäytön vertailu   |
| <b>D 3.7</b> | <b>Sisäilmaolosuhdelaskenta, taso a (LVI) (ei-eli rakennusvalvonta vaadi taso b:tä)</b><br><i>Olosuhdelaskelmalle verrataan ehdotussuunnitelun eri vaihtoehtojen sisäilmasto-olosuhteita ja arvioidaan sisäilmastovalvoitteen seurustamista.</i>  | Sisäilmaolosuhdevertailu  |
| <b>D 3.8</b> | <b>Valaistuslaskenta, taso a (S)</b><br><i>Valaistuslaskelmalle varmistetaan, että esitettyjen tyyppitilojen valaistusratkaisut täyttävät yleisimmät määritellyt tavoitteet.</i>  | Valaistuslaskelma   |
| <b>D 3.9</b> | <b>Alustavat teknisten tilojen tarpeet</b><br>Määritellään päälaitteiden teknisten tilojen tila- ja sijoitustarpeet sekä isot merkittävät rakenteiden läpiviennit ja oieellisten kuormitusbetojen toimittaminen rakennesuunnittelujale.<br><i>Riittävät ja hyvin sijoitetut tekniset tilat helpottavat järjestelmien asennusta. Niillä on myöskin merkittävä vaikutus koko rakennuksen elinkaaren aikaiseen huolto- ja korjauskustannuksiin.</i>  | Tilajotuspiirustukset tai tilavaraukset, jotka siirretään arkkitehdin pohjapiirustuksiin tai rakennusmalliin. |