



**SAVONIA**

# **Tietomallipohjainen suunnitteluprosessi**

**Timo Parkkinen**

Opinnäytetyö

---

**Ylempi ammattikorkeakoulututkinto**



Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Rakentamisen koulutusohjelma	
Työn tekijä Timo Parkkinen RI(amk)	
Työn nimi Tietomallipohjainen suunnitteluprosessi	
Päiväys	30.09.2012
Sivumäärä/Liitteet	44
Ohjaaja Lehtori Viljo Kuusela	
Toimeksiantaja Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Rakennushankkeissa tietomallipohjainen suunnittelu tulee jakamaan insinööritoimistot tietomallinnuksen hallitseviin ja perinteisen 2D--suunnittelutyylin toimistoihin. Suurien suunnittelutoimeksiantojen saaminen tulevaisuudessa vaatii tietomallinnuksen laajaa osaamista. Täyttääkseen tietomallintamisen vaatimukset, on toimistojen tehtävä suuria investointeja laitteistoihin sekä kouluttaa tai rekrytoida ammattitaitoista työvoimaa.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy:n rakenne- ja elementtisuunnittelua siirryttäessä 2D--suunnittelusta tietomallipohjaiseen suunnitteluun. Suunnitteluohjelmasta käytettiin Tekla Structures –ohjelmistoa.</p> <p>Tutkimuksessa on selvitetty Tekla Structures -ohjelmiston kehitettäviä osa-alueita. Tutkimuskohteessa elementtisuunnittelu toteutettiin tietomallipohjaisena luonnossuunnittelusta tuotantopiirustuksiin. Rakennesuunnittelusta osa toteutettiin Tekla Structures –ohjelmistolla.</p> <p>Toimiston sisäinen kehitystyö tietomallinnusohjelmistojen käyttäjänä on edellytys toimivalle tietomallipohjaiselle suunnitteluprosessille. Tutkimuksessa havaittiin, että Tekla Structures -ohjelmistossa on runsaasti mahdollisuuksia kehittää suunnitteluprosessia parantavia toimintamalleja. Tutkimuksen tuloksena kehitettiin suunnitteluprosessia vahvistavia toimintamalleja sekä suunnitteluryhmän että ohjelmiston avulla. Suurin haaste tietomallinnus -ohjelmistojen käytölle on kokeneiden suunnittelijoiden ennakoasenteet.</p>	
Avainsanat Rakennesuunnittelu, Tietomalli	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Construction Management			
Author(s) Timo Parkkinen			
Title of Thesis Building Information Modelling based design process			
Date	30.09.2012	Pages/Appendices	44
Supervisor(s) Mr Viljo Kuusela, Lecturer Mr Ville Jurvansuu			
Client Organisation /Partners Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy			
Abstract  <p>The growing interest towards using Building Information Modelling in building projects will divide the engineering offices into those who master the Building Information Modelling and to those who do not. In future, to receive large scale design assignments it is crucial to master Building Information Modelling. Hence, in order to meet these requirements the engineering offices have to invest in new tools as well as in their personnel either educating their current personnel or recruiting new skilled workforce.</p> <p>The objective of this thesis was to examine the structural and element designing at Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy when moving from 2D designs to Building Information Modelling based 3D design. In 3D designs Tekla Structures software was used.</p> <p>This study examined through a realized design process the features of Tekla that should be developed. The element design was carried out with Building Information Modelling (Tekla) as a whole from sketch design to production drawing. In addition, a part of the structural design was also carried out with Building Information Modelling.</p> <p>Internal development work inside the engineering office is crucial for creating a functional Building Information Modelling based design process. Tekla offers plenty of possibilities to develop different features that improve the design process. In this thesis those features were developed in theory.</p> <p>Building Information Modelling reduces design contradictions and increases the convenience of working.</p>			
Keywords Building Information Modelling, Structural design			

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	7
2	RAKENNE- JA ELEMENTTISUUNNITTELU .....	8
2.1	Rakennesuunnittelun kuvaus ja sisältö.....	8
2.2	Elementtisuunnittelun kuvaus ja sisältö.....	12
3	TIETOMALLINTAMINEN.....	15
3.1	Tietomallinnuksen käsitteitä.....	15
3.2	Tietomallinnus rakenne- ja elementtisuunnittelussa .....	15
3.3	Tietomallinnusohjelmistoja .....	16
3.4	Tekla Structures -ohjelmiston käsitteitä .....	18
3.5	Tietomallinnusprosessi .....	19
3.6	Tiedonsiirto tietomallipohjaisessa suunnitteluprosessissa.....	20
3.7	Tietomallinnuksen ohjeistus.....	21
4	TUTKIMUKSEN MENETELMÄLLISET LÄHTÖKOHDAT.....	23
4.1	Tutkimuksen tavoitteet.....	23
4.2	Tutkimuskysymykset.....	23
4.3	Tutkimusmenetelmät .....	24
4.4	Tutkimuskohde.....	24
5	RAKENNE- JA ELEMENTTISUUNNITTELUN KULKU TUTKIMUSKOHTEESSA .....	25
5.1	Teklan käyttö toimistossa .....	25
5.2	Tutkimuskohteen rakenne- ja elementtisuunnittelu Teklalla.....	25
5.2.1	Luonnosvaiheen suunnittelu tutkimuskohteessa .....	26
5.2.2	Hankintavaiheen suunnittelu tutkimuskohteessa .....	28
5.2.3	Toteutusvaiheen suunnittelu tutkimuskohteessa .....	29
5.3	Suunnittelun kulku tutkimuskohde Derbyssä .....	33
5.4	Teklan automatiikan hyödyntäminen .....	33
6	TULOKSET JA POHDINTA .....	36
6.1	Tutkimuksen tulokset – suunnitteluprosessia kehittävät asiat.....	36
6.2	Yleisiin tietomallivaatimukseen perehtyminen.....	36
6.3	Rakenne- ja elementtisuunnittelun yhdistäminen mallissa.....	36
6.4	Vaatimukset tiedonsiirrosta muille suunnitteluosapuolille.....	36
6.5	Komponenttikirjasto.....	37
6.6	Luettelopohjat.....	38
6.7	Liitososien tarkastaminen .....	38
6.8	Suunnittelu—mallinnusryhmä .....	38
6.9	Mallinnuksen suunnittelunopeus elementtikohtaisesti.....	39

6.10	Ammattitaidon kehittäminen .....	40
6.11	Mallin huoltaminen .....	41
6.12	Teklan käyttö työmaalla ja elementtitehtaalla .....	41
6.13	Kuinka muut rakentamisen osapuolet hyötyvät tietomallintamisesta ? ....	42
6.14	Pohdintaa tietomallinnusprosessista .....	43

## 1 JOHDANTO

Rakennushankkeissa tietomallipohjainen suunnittelu jakaa tulevaisuudessa insinööri-toimistot tietomallinnuksen hallitseviin ja perinteisen 2D--suunnittelutyylin toimistoihin. Suurien suunnittelutoimeksiantojen saaminen tulevaisuudessa vaatii tietomallinnuksen laajaa osaamista. Talonrakentamisessa rakenne- ja elementtisuunnittelussa tuotetaan runsaasti piirustuksia työmaan käyttöön. 2D--suunnittelussa piirustukset ovat yksittäisiä tiedostoja. Suuri tiedostojen määrä mahdollistaa suunnitelmien välille ristiriitoja. Ristiriitojen ehkäisyyn voidaan vaikuttaa tietomallipohjaisella suunnittelulla. Tietomallipohjaisessa suunnittelussa tuotettavien suunnitelmien pohjana on yksi tietomalli, joka poistaa ristiriitojen mahdollisuuden.

Tietomallipohjainen suunnitteluprosessi poikkeaa perinteisestä 2D-suunnittelusta. Prosessin erot ovatkin suurin este tietomallinnuksen käyttöönotolle. Uuden suunnitteluohjelmiston käyttöönotto vaatii yritykseltä investointeja ohjelmistoihin, uusiin tehokkaisiin laitteisiin ja työntekijöiden koulutuksiin. Uuden ohjelmiston käyttöönotto ei ole heti taloudellisesti kannattavaa. Toimivan tietomallipohjaisen suunnitteluprosessin kehittäminen ja käyttöönotto ei ole ongelmaton: Ohjelmiston asetuksia täytyy osata muokata käytön mukaan. Ohjelmiston toiminnan sisäistäminen vaatii aikaa. Samalla on varmistettava suunnitteluajataulussa pysyminen.

Opinnäytetyö tehdään suunnittelijan eli ohjelmiston käyttäjän näkökulmasta. Työssä analysoidaan tutkimuskohteen tietomallipohjaista rakennesuunnitteluprosessia luonnossuunnittelusta toteutussuunnitteluun. Opinnäytetyö tehdään Insinööri-toimisto Mäkeläinen Oy:lle. Insinööri-toimisto Mäkeläinen Oy on 1981 perustettu vaativien talonrakennuskohteiden rakennesuunnittelu toimisto. Tekla Structures –ohjelmisto on ollut toimiston käytössä vuodesta 2006. Tutkimukseen on kerätty tietoa vuodesta 2006, jolloin toimisto hankki ohjelmiston. Vuosien 2009–2012 aikana on tietomallintamista pyritty kehittämään. Tutkimukseen on saatu aineistoa havainnoimalla suunnitteluryhmän toimintaa sekä keskustelemalla yksittäisten suunnittelijoiden kanssa.

## 2 RAKENNE- JA ELEMENTTISUUNNITTELU

### 2.1 Rakennesuunnittelun kuvaus ja sisältö

Rakennesuunnittelun päätehtävänä on tuottaa rakennesuunnitelmat ja muuta tarvittavaa tietoa, joilla toteutetaan ja ylläpidetään rakennus tai rakenne. Onnistuneessa rakennesuunnittelussa lopputuotteen laatu ja ominaisuudet vastaavat asetettuja tavoitteita koko elinkaaren ajan. Rakenneteknisenä asiantuntijana rakennesuunnittelijalla on tärkeä merkitys hankkeen riskien hallinnassa ja laadunvarmistuksessa. Rakennesuunnittelijan tehtävät ja vastuut on mainittu RakMK:n osassa A2. Rakennesuunnittelun yksityiskohtaiset tehtävät ja vastuut määrittelee sopimuksen mukainen suunnittelutoimeksianto. (RIL 229-1-2006: Rakennesuunnittelun asiakirjaohje, 9 – 10.)

Rakennushanke on monimuotoinen eri prosessien verkosto, johon osallistuu monta osapuolta. Selkeät toimintaohjeet tulee olla määriteltä, jotta toiminta ja tiedonsiirto olisi tehokasta ja toimivaa. Haasteen tuo osapuolten vaihtuminen hankkeesta toiseen. Onnistuneen rakennushankkeen edellytyksenä on, että jokainen osapuoli on tietoinen tehtävistään, vastuustaan ja tiedon toimittamisvelvollisuuksistaan. (RIL 229-1-2006: Rakennesuunnittelun asiakirjaohje, 8.)

Rakennuksen suunnittelu etenee vaiheittain tilaajan tavoitteiden mukaan. Tavoitteet tarkentuvat vähitellen asiakirjoiksi sekä muoto-, tyyppi-, määrä- ja laatu tiedoiksi. Tietoja käytetään kustannusten arviointiin, hankintojen, toteutuksen ja ylläpidon tarpeisiin. (RIL 229-1-2006: Rakennesuunnittelun asiakirjaohje, 8.)

Rakennesuunnittelu etenee tilaajan, projektijohdon, arkkitehtisuunnittelun, muun teknisen suunnittelun ja toteuttajien kanssa vuorovaikutuksessa. Rakennesuunnittelu prosessin päävaiheet ovat seuraavat:

- tarpeiden selvitys ja vaatimusten sekä suunnittelun lähtökohtien ja tavoitteiden määrittely (tarveselvitys, hankesuunnittelu)
- alustavan suunnitelmien laadinta ja perusratkaisujen valinta (luonnossuunnittelu)
- suunnittelu hankintoja varten (urakkalaskentasuunnitelmat)
- lopullinen suunnittelu toteutusta ja tehdasvalmistusta varten (tuotantosuunnitelmat)
- ylläpidon ja käytön vaatimien tietojen toimittaminen.



Suunniteltavassa kohteessa voi olla useampia rakennesuunnittelijoita, jolloin yhden tulee olla erikseen nimetty vastaava rakennesuunnittelija. RIL 229-1-2006: Rakennesuunnittelun asiakirjaohje määrittelee päärakennesuunnittelijan käytännön tehtäviä seuraavasti:

- suunnittelutehtävän projektisuunnitelman laadinta
- lähtökohtien, vaatimusten ja tavoitteiden selvittäminen
- lähtötietojen hankinta
- suunnitteluajataulun laadinta yhdessä muiden osapuolten kanssa
- asiakirjaluettelon laadinta
- asiakirjojen tarkastuksen ja oman laadunvarmistuksen suunnittelu ja toteuttaminen
- rakennelaskelmien laadinta
- piirustusten ja tekstiasiakirjojen laadinta
- asiakirjojen oma sisäinen tarkastus
- varauspiirustusten laadinta yhdessä muiden teknisten suunnittelijoiden kanssa
- osallistuminen hankkeen muiden osapuolten asiakirjojen laadintaan ( työselostukset, urakkaohjelmat, hankintarajat, työturvallisuusasiakirjat, jne) sovituslaajuudessaan
- omien rakennesuunnitelmien hyväksyttäminen tilaajalla ja tai hänen edustajalla
- rakennesuunnitelmien toimittaminen eri osapuolille
- muiden rakennesuunnittelijoiden laatimien suunnitelmien tarkistus rakenteellisen kokonaisuuden kannalta
- urakoitsijoiden työmenetelmien ja tuotteiden soveltuvuuden tarkistaminen sovituslaajuudessaan
- osallistuminen virallisiin kokouksiin, katselmuksiin, vastaanottotarkastuksiin, urakkaneuvotteluihin ja muihin kokouksiin sovituslaajuudessa.
- osallistuminen rakennushankkeen riskien hallintaan, laadunvarmistukseen ja valvontaan sovituslaajuudessa
- käyttöön ja ylläpitoon liittyvien ohjeiden laadinta (rakennesuunnittelun osuus)
- omien suunnitelmien arkistointi
- suunnittelun palautteen kerääminen.

Suunnittelijan pätevyys muodostuu koulutuksesta ja kokemuksesta. Vaadittava hankekohtainen kelpoisuus määräytyy suunnittelijan riittävästä pätevydestä suhteessa suunnittelutehtävän laajuuteen. Vaatimusluokat ovat AA, A, B, ja C, joista AA on vaativin.

Suunnitteluasiakirjat laaditaan pääosin tietoteknisiä välineitä hyödyntäen: CAD-järjestelmillä, tekstinkäsittely- ja taulukkolaskentaohjelmilla sekä erillisillä laskenta- ja mitoitusohjelmilla. Suunnitteluryhmä (ARK, RAK, GEO, LVI, S) toimii kiinteästi tietokonepohjaisessa yhteistyössä, jossa osapuolet voivat omien asiakirjojen laadinnassa hyödyntää tehokkaasti toistensa suunnitelmatietoja tiedostomuodossa. Suunnitelmat voidaan säilyttää kohteen tietopankissa, johon kaikki suunnittelijat ovat yhteydessä lähettäen tai noutaen tietoa. Projektikohtaisesti tulee olla tälle yhteistyölle laadittu selkeät pelisäännöt. (RIL 229-1-2006 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje 2006.)

ICT-kehityksen myötä muuttuu suunnitelmien laadinta ja suunnittelun tiedonhallinta. Varsinainen suunnitelmatieto, eikä kiinteämuotoinen asiakirja, on muodostunut suunnittelussa yhä tärkeämmäksi. Suunnittelun siirtyminen laajemmin asiakirjakeskeisestä suunnittelusta tietomallipohjaiseksi luo uusia mahdollisuuksia. Perinteisten asiakirjojen rinnalle voidaan tietomallista tuottaa uudentyypisiä tulosteita, joiden tuottamisen lähtökohtana on tiedon käyttäjän itse määrittelemät tarpeet. Vielä yleisesti vallitseva asiakirjakeskeinen suunnittelukäytäntö tarvitsee kuitenkin edelleen oman ohjeistuksensa. (RIL 229-1-2006 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje 2006.)

Rakennesuunnittelun tuottamat asiakirjat ovat

- työselostukset ja selvitykset
- piirustukset
- luettelot
- laskelmat.

Suunnitteluasiakirjojen on oltava selkeitä ja käyttötarkoitukseensa sopivia. Suunnittelun ja asiakirjojen tietosisällön määrä ja tiedon tarkkuus kasvaa suunnittelun edetessä. Erityisesti on huomioitava, että (RIL 229-1-2006 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje 2006.)

- asiakirjoista käyvät yksiselitteisesti ilmi tarvittavat tiedot
- asiakirjat eivät ole ristiriitaisia, eivätkä sisällä turhaa tietoa
- asiakirjat vastaavat sisällöltään ja tarkkuudeltaan rakennusprosessin kyseessä olevan vaiheen ja tiedon käyttäjien tarpeita ja vaatimuksia.
- asiakirjat on tulostettu tarvetta varten käyttökelpoiseen kokoon
- asiakirjat on tarkastettu ja hyväksytty sovitun menettelyn mukaisesti.

Suunnitteluasiakirjojen laadintaan ja sisältöön vaikuttavat

- viranomaismääräykset ja ohjeet
- valvontaviranomaisten ohjeet
- yleiset standardit ja ohjeet
- materiaali- ja tuotekohtaiset suunnitteluohjeet.

Maankäyttö- ja rakennuslaki sekä –asetus antavat kunnan rakennusvalvontaviranomaisille tehtäväksi rakennusluvan yhteydessä tai rakennustyön aikana päättää rakennesuunnitelmien ja selvitysten laatimisesta ja toimittamisesta viranomaisille (MRL 134 § 3 mom., MRA 49 § 3 mom.). Rakennusmääräyskokoelman osassa A2 (kohta 5.4) annetaan määräyksiä ja ohjeita rakennepiirustuksista ja niiden sisällöstä. Myös betoni-, teräs-, puurakenteita käsittelevät B-osat sisältävät asiakirjoihin liittyviä ohjeita. Eurokoodeihin perustuvassa suunnittelussa tulee ottaa huomioon niihin liittyvät ohjeet ja vaatimukset. (RIL 229-1-2006 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje 2006.)

Suomen rakentamismääräyskokoelma sisältää rakentamisen määräyksiä ja ohjeita. Määräykset ovat velvoittavia. Ohjeet eivät ole velvoittavia, muitakin kuin niissä esitetyjä ratkaisuja voidaan käyttää, jos ne täyttävät rakentamiselle asetetut vaatimukset. Määräykset koskevat uusien rakennusten rakentamista. Muutos- ja korjaustöissä määräyksiä sovelletaan. Kokoelma sisältää kahdeksan osaa (Ympäristöministeriön [www-sivut](http://www.suomenrakentamismääräyskokoelma.fi)):

- A yleinen osa
- B Rakenteiden lujuus
- C Eristykset
- D LVI ja energiatalous
- E Rakenteellinen paloturvallisuus
- F Yleinen rakennussuunnittelu
- G Asuntorakentaminen
- Eurokoodit.

Valvontaviranomaisten ohjeet eri suunnitteluasiakirjojen toimittamiseen sekä niiden määrään, ulkoasuun ja sisältöön vaihtelevat paikkakuntaakohtaisesti. Suunnittelijan on aina hankkeen alkuvaiheessa selvitettävä valvontaviranomaisten tarpeet, jotta hyväksyminen ja arkistointi sujuu asianmukaisesti.

Suunnitelmien laadinnassa on otettava huomioon alan yleiset standardit, joita erityisesti teräsrakenteiden osalta on runsaasti. Rakennuspiirustusten yleisiä esittämistä-

poja ohjaavat RT--kortit. Materiaali- ja tuotekohtaisia suunnitteluohjeita ovat alan järjestöjen laatimat ohjeet. (RIL 229-1-2006 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje 2006.)

Rakennesuunnitelmat täydentyvät suunnittelun edetessä ja ne voidaan hankkeen toteutusmuodosta riippumatta jakaa kolmeen päävaiheeseen:

- luonnossuunnitelmat
- hankintavaiheen suunnitelmat
- lopulliset toteutussuunnitelmat.

*Luonnossuunnittelu* sisältää tai sitä edeltää yleensä eri rakennevaihtoehtojen ja –ratkaisujen vertailu. Valitut perusratkaisut muodostavat luonnossuunnitelmien lähtötiedot. Lopullisten luonnossuunnitelmien tulee olla riittävän kattavia, että niistä pystytään määrittämään hankkeen kustannukset jatkotoimenpiteiden päätöksenteon pohjaksi.

*Hankintavaiheen suunnitelmat* laaditaan luonnossuunnitelmien suunnitteluratkaisuista ja rakennejärjestelmistä. Suunnitelmien on oltava niin pitkälle vietyjä, että niiden perusteella pystytään laskemaan yksiselitteisesti kustannukset tarjousta ja toimitussopimuksia varten. Kun hankintasuunnitelmat muodostavat lähtötiedot tuoteosahankinnan tarjoukselle, sovitaan hankintasuunnitelmien sisältö projektikohtaisesti. Suunnitelmat ovat yleensä pelkistetympiä, koska tarkoitus on saada tuoteosatoimittaja esittämään oman ehdotuksensa. Asiakirjoista tulee kuitenkin ilmetä vähintään rakenteen päämitoitus, kuormitukset ja laatuvaatimukset.

*Toteutussuunnitelmat* ovat hankintavaiheen suunnitelmien viimeistely lopullisiksi suunnitelmiksi, jonka perusteella rakennustekniset työt ja tuotteiden valmistus toteutetaan. Niihin lisätään myös toteutustavan edellyttämät muutokset, viittaukset ja muut tarvittavat täydennykset. Toteutussuunnitelmat käsittävät sekä päärakennesuunnittelijan suunnitelmat että tuoteosasuunnittelijan laatimat tuoteosasuunnitelmat. (RIL 229-1-2006 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje 2006.)

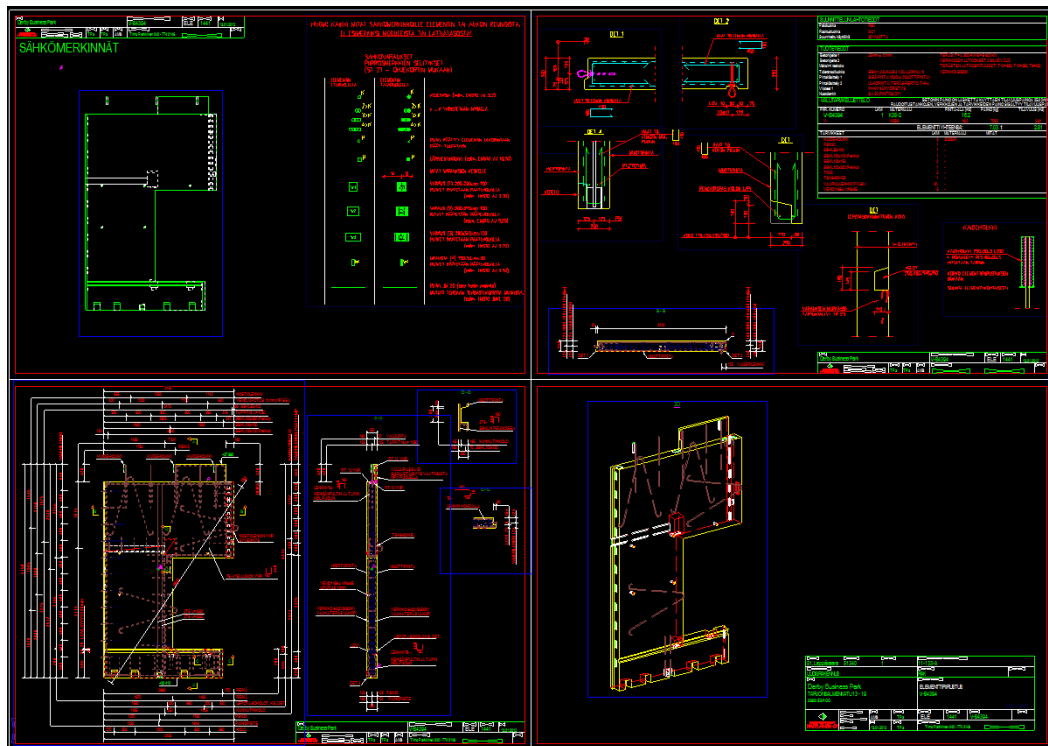
## 2.2 Elementtisuunnittelun kuvaus ja sisältö

Elementtisuunnittelu on osa rakennesuunnittelua. Elementtisuunnittelu on elementtien mittojen, rakenteiden ja varusteiden sekä liitosten yksityiskohtaista suunnittelua ja suunnitelmien tulostamista käyttäjän eli elementtitoimittajan haluamassa muodossa. (RTT: Valmisosarakentaminen, osa 1, 8.)

Elementtitekniikalla toteutettavan rakennuksen suunnittelu poikkeaa paikallarakentamisen suunnittelusta ja vaatii erityistä huomiota jo suunnitteluaikatauluja laadittaessa.

Elementtisuunnittelun voi tehdä hankkeen rakennesuunnittelija tai erillinen elementtisuunnittelija. Kohteen elementtisuunnittelu jakautuu käytännössä usein vielä eri suunnittelijoille, kuten jännebetonielementtien raudoituksen suunnittelu.

Sujuva elementtisuunnittelu vaatii suunnittelijoiden ja valmistajan saumatonta yhteistoimintaa siten, että jokainen tuntee omat velvoitteensa. Keskeinen merkitys tässä on elementtisuunnittelijalla, joka muokkaa muilta suunnittelijoilta saamista materiaalista elementtien valmistuspiirustukset tuotantoteknisten vaatimusten mukaisiksi (kuva 1).



Kuva 1. Tutkimuskohteen väliseinäelementti paperitilassa. Screenshot, Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy 2012.

Elementtisuunnittelijan laatimia suunnitelmia ovat yleensä:

- elementtien sijoituspiirustukset
  - tasopiirustukset
  - julkisivukaaviot
  - väliseinäkaaviot
- detaljipiirustukset
  - yksityiskohtaiset liitos- ja asennusdetaljit

- elementtikohtaiset mittapiirustukset
- elementtikohtaiset valmistuspiirustukset
- luettelot
  - elementtiluettelot
  - materiaaliluettelo
  - tarvikeluettelo
  - raudoiteluettelo

Elementtisuunnittelijan suunnitelmien sisältö ja määrä vaihtelee kohdekohtaisesti laaditun sopimuksen mukaan.

### 3 TIETOMALLINTAMINEN

#### 3.1 Tietomallinnuksen käsitteitä

**BIM** (Building Information Modelin) on prosessi, jossa mallinnetaan ja viestitään rakennuksen tarkka rakenne sen koko elinkaaren hyödyntämiseksi. BIM eli rakennuksen tietomallinnus palvelee rakennustiedon vaihtoa ja visualisointia 3-ulotteisessa muodossa kaikkien rakennusprojektin osapuolten kesken ”integroidun projektitoimituksen” (Integrated Project Delivery, IPD) varmistamiseksi. Lyhennettä BIM käytetään myös termeistä building information model ja building information management (Teklan [www-sivut](#)).

**IFC** (Industry Foundation Classes) on tietomalleissa yleisesti käytetty olioperustainen tiedostomuoto, jonka on kehittänyt International Alliance for Interoperability (IAI) tarkoituksenaan varmistaa yhteistyö rakennusalalla. Tekla Structures –ohjelmisto on IFC 2x3 –sertifioitu (Teklan [www-sivut](#)).

#### 3.2 Tietomallinnus rakenne- ja elementtisuunnittelussa

Tietomalli on rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa. Kolmiulotteisen tietokonemallin tarkoituksena on koota kaikki tarvittava tieto yhteen, jotta tiedon hyödyntäminen olisi helppoa. Kukin yksittäinen tieto tallennetaan vain yhteen kertaan ja sitä voi hyödyntää koko suunnittelu- ja toteutusketju aina ylläpitoon saakka. Rakennusprojektien mallinnus ei ole itseisarvo. Mallinnuksen tavoitteena on suunnitelmien kolmiulotteisen tarkastelun avulla tapahtuva laadun ja osapuolten välisen tiedonsiirron parantaminen ja suunnitteluvirheiden vähentäminen sekä suunnitteluprosessin tehostaminen ja tavoitteiden mukaisen lopputuloksen varmistaminen. Tietomalli mahdollistaa erilaisten analyysien ja simulointien tekemisen jo hankkeen varhaisessa vaiheessa. Tämä edesauttaa vaatimukset ja suunnittelunormit täyttävien, hyvin toimivien ja helposti rakennettavien kohteiden suunnittelua. Mallinnusvaatimus koskee sekä uudisrakentamis- että korjausrakentamiskohteita. Mallien käyttö ja tietosisältö tulevat olemaan suunnittelusopimuksissa sitovia vaatimuksia. (Senaatti-kiinteistöjen tietomallivaatimukset 2007 Osa 5, 3.)

Perinteiseen dokumenttipohjaiseen toimintatapaan nähden tiedot eivät ole hajallaan eri piirustuksissa ja raporteissa vaan mallissa, josta voidaan tulostaa aina kulloinkin tarvittavat dokumentit. Dokumenttien sisältö voidaan sovittaa vastaamaan kunkin käyttäjän tarpeita. Esimerkiksi työvaihekohtaiset kuvat on helppo ottaa perinteistä

piirustusta riisutummalla tietosisällöllä, mikä helpottaa ja nopeuttaa niiden tulkintaa ja käyttöä. Myös erilaiset havainnekuvat ovat helposti tulostettavissa.

Tietomallista voidaan tuottaa tarvittavat dokumentit automaattisesti tai puoliautomaattisesti. Tietomallin kautta tuotetut dokumentit ovat keskenään ristiriidattomia. Esimerkiksi plaanikuvien ja leikkausten välillä ei voi olla ristiriitaisuuksia ja määrälliset vastaavat tarkasti mallin määriä. Eri suunnittelualojen mallien yhteensopivuus tulee varmistaa yhdistämällä kaikki osamallit yhdistelmämalliksi. Koska tietomallia voi tuottaa eri suunnitteluohjelmilla, tarvitaan eri ohjelmien väliseen tiedonsiirtoon yhteinen siirtomuoto objektien älykkääseen tiedonsiirtoon. Talonrakennuksessa tähän on kehitetty IFC-formaatti, joka sisältää tiedon rakennusosien muodoista ja ominaisuuksista.

Tietomallin osille voidaan myös liittää tietoa mm. aikataulusta, hinnoista ja hankinnoista. Näiden tietojen avulla esivalmistus- ja valmistus- ja rakentamisprosessit voivat hyödyntää mallin tietoja prosessin hallinnassa. (RIL www-sivut).

Kiinteistöjen ja rakennusten mallinnuksen tavoite on suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden ja kestävä kehityksen mukaisen hanke ja elinkaari-prosessin tukeminen. Tietomalleja hyödynnetään koko rakennuksen elinkaaren ajan, lähtien suunnittelun alusta ja jatkuen vielä rakennusprojektin jälkeenkin käytön ja ylläpidon aikana. (YTV: Yleiset tietomallivaatimukset 2012, 5.)

### 3.3 Tietomallinnusohjelmistoja

Tietomallinnukseen ohjelmistoja löytyy runsaasti. Käytännössä jokaisella eri suunnittelualalla on käytössä eri ohjelmisto. Tämän vuoksi tiedonsiirron ongelmat ovat yleisiä. Tämän opinnäytetyön tutkimuskohteen suunnittelussa rakennesuunnittelijat käyttivät ohjelmistona AutoCad- ja Tekla Structures -ohjelmistoja. Arkkitehtisuunnittelun työkalu tutkimuskohteessa oli ArchiCAD. Revit Structures on tietomallintamisen työkalu, jolta löytyy sovellukset arkkitehtisuunnitteluun, rakennesuunnitteluun ja talotekniikka suunnitteluun. Revit-ohjelmistoa ei käytetty tutkimuskohteessa. Vertex-ohjelmistoa käytetään mekaniikkateollisuudessa ja rakennusteollisuuden. Vertex ei ollut käytössä tutkimuskohteessa.

**Tekla Structures** on rakennuksen tietomallinnus (BIM)-ohjelmisto, jolla voi luoda ja hallita tarkasti detaljoituja, rakentamisen prosesseja tukevia kolmi- ja neliulotteisia rakennemalleja, Tekla-mallia voi hyödyntää rakennusprosessin kaikissa vaiheissa luonnossuunnittelusta valmistukseen, pystytykseen ja rakentamisen hallintaan.



Tietokoneaika oli aluillaan 1960 – luvun puolivälissä. Teknistä suunnittelua suorittavat insinööritoimistot ostivat tietokoneaikaa tiesuunnitteluun, maanmittaukseen, massojen määrittelyyn liittyneitä laskelmiaan varten erillisiltä laskentakeskuksilta. Pian myös insinööritoimistoissa tietokoneet yleistyivät, mutta ohjelmointityö jäi vielä tietokoneen hankkineen asiakkaan vastuulle. (Teklan www-sivut.)

Joukko suomalaisia insinööritoimistoja päätti tuolloin, ettei niiden kannattanut kehittää omia tietokoneohjelmia erillään ja tahoillaan. Suunnitteluohjelmia päätettiin tehdä yhteisessä yhtiössä ja Teknillinen laskenta Oy perustettiin vuonna 1966. Yrityksen kutsumanimeksi vakiintui ”Tekla” hyvin nopeasti toiminnan alettua. Vuonna 1980 yhtiön viralliseksi nimeksi tuli Tekla Oy. (Teklan www-sivut.)

Teklan toiminnan perustaksi määriteltiin atk–konsultointi, laskentapalvelu, kurssitoiminta ja ohjelmistojen kehitystyö. Ohjelmistokehitystä varten perustettiin suunnittelukomitea kullekin osakasyhtiön toimialalle. Komiteoihin valittiin jäsenet sekä Teklasta ja osakasyhtiöistä, mikä mahdollisti ohjelmistojen kehittämisen juuri asiakkaan tarpeiden mukaan. Osakasyhtiöt olivat keskenään kilpailijoita, mutta nähtiin, että asia oli yhteinen ja ajoi kaikkien etua. Pian Teklan valmistamia ohjelmistoja alettiin myydä myös osakasyhtiön ulkopuolelle. (Teklan www-sivut.)

**AutoCad** on 2D-suunnitteluohjelma, joka on yleisin rakennesuunnittelussa käytettävä ohjelmisto tällä hetkellä. Ohjelmisto on laajennettavissa erilaisilla Autodesk Inc:n valmistamilla sovellusalaakohtaisilla laajennuksilla. Piirustukset muodostetaan viivojen ja rastereiden avulla. Jokainen Cad-tiedosto on oma erillinen tiedosto / suunnitelma. Suunnitelmien päivittyessä tulee jokainen tiedosto muuttua erikseen, jonka vuoksi ristiriitaisuudet suunnitelmissa ovat todennäköisiä. (Autodesk www-sivut.)

Cad-suunnittelu alkoi Suomessa yleistyä rakennusalalla 80-luvun puolivälissä. Sitä ennen tietokoneita käytettiin lähes pelkästään laskentatehtäviin. Yleistymisen taustalla oli tietokoneiden halpeneminen, joka mahdollisti laitteistojen hankkimisen toimistoihin. 90-luvulla rakentamisen vähentyminen loi paineita suunnittelun tehokkuudelle. Cad-suunnittelu oli ratkaisu tuottavuuden lisäämiseen. Yleisesti puhutaan integroiduista projekteista, joka tarkoittaa rakennusprojektia, jossa kaikki osapuolet työskentelevät tietokoneavusteisesti. Huomioitavaa on, että Cad-ohjelmistojen käyttöönotto oli 20 vuotta sitten samassa vaiheessa kuin tietomallinnus tällä hetkellä. (Kiviniemi & Penttilä 1995, 6 – 7.)

**ArchiCAD** on oliopohjainen rakennus- sekä sisustussuunnitteluun tarkoitettu rakennusten tuotetietomallinnusohjelmisto. Ohjelmistoa käyttävät ja kehittävät pääasiassa arkkitehdit. Ohjelmiston kehitys alkoi vuonna 1982. (Graphisoft www-sivut.)

**Revit Structure** on Autodeskin tuottama 3D-mallinnusohjelma rakennesuunnitteluun. 3D-mallinnusominaisuuden lisäksi Revit sisältää määräluettelointiominaisuuden mallinnetuista objekteista. Mallinnettuihin objekteihin voi lisätä haluttua tietoa, jotka näkyvät luetteloissa. Sovellukset löytyvät arkkitehti-, talotekniikka- ja rakennesuunnittelun tarpeisiin. (Autodesk www-sivut)

**Vertex** on Vertex Systems Oy:n kehittämä 3D-mallinnusohjelmisto. Suomessa Vertex on käytössä mekaniikkateollisuudessa ja rakennusteollisuuden puolella mm. valmistalotoimittajilla. Vertex on piirreopohjainen. Piirreopohjaisuus on mekaniikkasuunnitteluohjelmistoissa yleinen ominaisuus, jossa mallia muokkaavat toiminnot säilyvät mallin rakenteena (Vertex Systems www-sivut)

#### 3.4 Tekla Structures -ohjelmiston käsitteitä

**ASSEMBLY** on rakennusobjekti, joka Tekla Structuresissa edustaa yhdestä tai useasta osasta ja mahdollisesti muista objekteista koostuvaa rakennetta. Assembly eli kokoonpano voi olla esimerkiksi teräsrakenne.

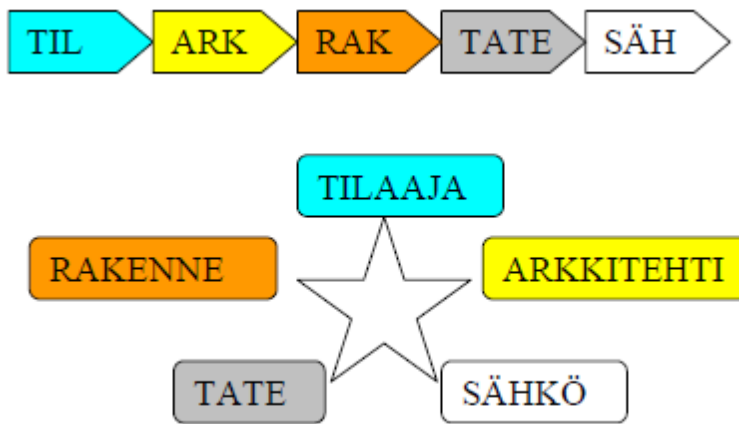
**COMPONENT** on Tekla--mallin objektien ryhmä, jota käsitellään yhtenä yksikkönä mallinnuksen ja muuntelun helpottamiseksi. Komponentit mukautuvat mallin muutoksiin: esimerkiksi liitos muuttuu automaattisesti, jos käyttäjä muuttaa liitoksen yhdistämiä osia.

**CUSTOM COMPONENT** on komponentti, jonka Tekla Structuresin käyttäjä voi luoda käyttämällä ohjelman valinnaisia malliobjekteja ja jonka rakennetta käyttäjä voi muuttaa.

**UDA** (User Defined Attributes) on Tekla Structuresin ominaisuus, jonka käyttäjä on luonut ja jonka avulla käyttäjä on lisännyt tietoja objektin valmiiksi määritettyihin ominaisuuksiin. Esimerkiksi "comment" ja "locked" ovat UDA -attribuutteja eli käyttäjän määritteitä.

### 3.5 Tietomallinnusprosessi

Tietomallinnuksen ansiosta koko suunnitteluprosessi muuttuu. Verkostoituneella suunnitteluprosessilla voidaan suunnitteluun kuluva aikaa pienentää huomattavasti, koska eri suunnittelijat voivat toimia yhtäaikaaisesti (kuvio 1). Suunnittelu voidaan aloittaa aikaisemmin kuin perinteisessä prosessissa, jossa suunnittelu etenee peräkkäin (Piirainen. 2010, 13)



Kuvio 1. Perinteisessä arvoketjussa (ylempikuva) suunnittelutieto siirty peräkkäin. Vastaavasti verkostoituneella suunnittelulla voidaan toimia samaan aikaan.

Tietomallintamisessa suunnitteluprosessi sisältää samat suunnittelun vaiheet kuin perinteinen Cad suunnittelu. Termit poikkeavat seuraavasti:

1. tarveselvitys → vaatimusmalli
2. hankesuunnittelu → tilamalli
3. luonnossuunnittelu → alustava rakennusosamalli
4. toteutussuunnittelu → rakennusosamalli
5. toteutuksen suunnittelu → toteutusmalli
6. suunnitelmien toteuma → toteumamalli
7. käyttöönotto → ylläpitomalli

### 3.6 Tiedonsiirto tietomallipohjaisessa suunnitteluprosessissa

Tehokas suunnitteluprosessi edellyttää toimivaa tiedonsiirtoa suunnittelijoiden välillä. Suunnittelijat voivat olla eri puolilla maailmaa ja silti he voivat työskennellä samassa projektissa. Suunnittelijoilla on käytössä ajan tasalla olevat ja yhdenmukaiset suunnitelmätiedot. Rakennemallin, piirustuksien, raporttien ja analyysimallin tiedot luetaan yhdestä tietokannasta. Suunnittelijaosapuolien tekemä työ voidaan pitää eri osapuolien saatavilla, jolloin virheiden todennäköisyys pienenee. Edellytys toimivalle suunnitteluprosessille on suunnittelijan kyky hyödyntää toisilta suunnittelijoilta saatua tietoa oman suunnittelutyön pohjana. Käytännössä toimivia tiedonsiirtomuotoja ovat projektipankit ja sähköposti. (Tuotemallinnus rakennesuunnittelussa.)

**Projektipankki** on internetin kautta toimiva tiedon jakamiseen kehitetty palvelu. Pankkiin luodaan tarvittavat kansiot selkeään järjestykseen. Projektipankkiin pääsemiseksi on saatava vierailutunnukset. Projektipankkiin ladataan jakeluun laitettavia tiedostoja, jotka ovat heti muiden osapuolien käytettävissä. Tai sieltä voidaan hakea muiden lataamia tiedostoja omaan käyttöön. Projektipankin kautta tilataan paperitulosteita, jotka posti kuljettaa haluttuihin paikkoihin.

Tietomallipohjaisessa rakennesuunnittelussa tiedonsiirtomuotoja on useita. Tiedostojen jakelu on tehokkainta projektipankkien kautta. Eniten käytössä olevat tiedonsiirtomuodot olivat tutkimuskohteessa dwg-, pdf-, ifc- ja db1 -tiedostot.

**Dwg**-tiedosto. Perinteisessä kaksiulotteisessa tietokoneavusteisessa suunnittelussa muodostetaan viivoja ja muita graafisia elementtejä, ja muodostetaan näistä piirustuksiin ja näytölle erilaisia rakennusta esittäviä kuvantoja, esimerkiksi leikkaus. Kuvanto ei itsessään sisällä informaatiota, vaan ryhmiteltyjä piirustusobjekteja, jotka ihminen tulkitsee tietosisällöksi. Toisaalta tietoa häviää suunnitteluprosessin aikana esimerkiksi siirryttäessä suunnitteluvaiheesta toiseen. Dwg-tiedostoja käyttävät kaikki suunnitteluosapuolet. Suunnitelmien jakelussa käytettiin projektipankkia, jonne dwg-tiedostot ladattiin.

**Pdf**-tiedosto on ohjelmistoriippumaton tiedonsiirtomuoto. Sitä käytetään pääasiallisesti sähköiseen julkaisemiseen, tulostamiseen ja painamiseen. Pdf-tiedosto on tulostimen ja näytön tarkkuudesta riippumaton. Tiedoston grafiikka ja kirjasimet siirtyvät tiedoston mukana. Julkaisun ulkoasua säilyy kaikissa käyttöjärjestelmissä samana. Pdf-tiedostoa käytetään sähköisen tiedonsiirron lisäksi paperitulosteiden valmistuksessa.

**Db1**-tiedosto on Tekla Structures -ohjelmiston tiedosto. Tiedoston mukana siirtyy 3d -malli sekä mallin syötetyt tiedot. Paperitilan tiedostot eivät siirry, joka on huomioitava, kun tiedostoa käytetään mallin varmuuskopiona. Tiedostoa käyttävät projekteissa mm:

- rakennesuunnittelijat
- elementtisuunnittelijat
- betonielementtitehtaat
- teräsrakenteiden konepajasuunnittelu ja valmistus
- työmaan henkilöstö.

### 3.7 Tietomallinnuksen ohjeistus

Senaatti-kiinteistöt on laatinut tietomallinnusohjeistuksen suunnitteluun osallistuville osapuolille vuonna 2007. Ohjeissa on esitetty suunnitelmien tarkkuus suunnitteluvaiheittain luonnossuunnittelusta toteutussuunnitteluun. Ohjeistuksessa ei oteta kantaa käytettäviin suunnitteluohjelmiin tai niiden ominaisuuksiin. (Kuusela Ville 2010.)

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 julkaistiin kehittämishanke COBIM tuloksena. CO-BIM on laajapohjainen kehittämishanke, jonka rahoittajana ja kirjoittajina eri yritykset ja kaupungit toimivat. Uudessa ohjeistuksessa dokumenttien määrä on lisääntynyt viidellä osalla. Lisäys kertoo tietomallinnuksen tason kehittymisestä. (Building Smart Finland [www-sivut](http://www-sivut).)

Senaatti-kiinteistöjen tietomallivaatimukset 2007 koostuu seuraavista dokumenteista:

1. Yleinen osuus
2. Lähtötilanteen mallinnus
3. Arkkitehtisuunnittelu
4. Talotekninen suunnittelu
5. Rakennesuunnittelu
6. Laadunvarmistus ja tietomallien yhdistäminen
7. Määrälaskenta
8. Mallien käyttö havainnollistamisessa
9. Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä.

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 koostuvat seuraavista dokumenteista:

1. Yleinen osuus
2. Lähtötilanteen mallinnus
3. Arkkitehtisuunnittelu
4. Talotekninen suunnittelu
5. Rakennesuunnittelu
6. Laadunvarmistus
7. Määrälaskenta
8. Mallien käyttö havainnollistamisessa
9. Mallien käyttö talotekniikan analyyseissa
10. Energia-analyysit
11. Tietomallipohjaisen projektin johtaminen
12. Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana
13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa
14. Tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvonnassa.

Huomattavin uudistus on suunnitteluvaiheiden määritelmien päivittyminen. Myös tietosisällöt on ilmoitettu selkeästi. Päivitetyt määritelmät ovat

- vaatimusmalli
- ehdotussuunnittelu
- yleissuunnittelu
- hankintoja palveleva suunnittelu
- toteutussuunnittelu.

Uudessa ohjeessa otetaan kantaa tämän hetkisen suunnittelun ongelmakohtiin eli reikä- ja varauspiirustusten kierrättämiseen ja luomiseen sekä elementtipiirustusten valmistamiseen.

## 4 TUTKIMUKSEN MENETELMÄLLISET LÄHTÖKOHDAT

### 4.1 Tutkimuksen tavoitteet

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tietomallipohjaisen rakennesuunnitteluprosessin kehittäminen projektin aloituksesta toteutussuunnittelun loppuun. Kehittämällä tässä tutkimuksessa tarkoitetaan suunnitteluprosessin yksinkertaistamista. Lisäksi pyritään tiedostamaan usein toistuvia ja päällekkäisiä työvaiheita. Kun päällekkäiset ja hidastavat työvaiheet tiedostetaan niin siten päästään kehittämään toimintamallia paremmaksi.

Ensimmäinen askel suunnitteluprosessin kehittämisessä on heikkouksien kartoittaminen. Kartoittamisen edellytyksenä on kokemus perinteisestä suunnitteluprosessista. 2D--suunnittelu eli perinteinen suunnitteluprosessi toimii vertailupohjana. Kartoittaminen tapahtuu omien havaintojen lisäksi haastattelemalla toimiston suunnittelijoita.

Toinen askel kehittämisessä on suunnitteluohjelman perustaitojen hallitseminen. Hallittavat taidot jakautuvat kahteen ryhmään: mallintamisen työkaluihin ja asetusten muokkaustyökaluihin. Ohjelmiston käytön ja muokkauksen oppii ainoastaan tekemisen kautta.

Kolmas askel on pyrkiä kehittämään suunnitteluprosessiin paremmat toimintamallit. Uudet toimintamallit voivat olla mm. automatiikan kehittämistä, työskentelytapojen muutoksia tai laitteiston korvaamista tehokkaimmilla.

### 4.2 Tutkimuskysymykset

Tutkimuksessa syvennyttään tietomallipohjaiseen suunnitteluprosessiin tutkimuskohteen kautta. Tietomallintamisen käyttöönottoprosessi on toimistossa käynnissä. Sen perusteella tutkimuskysymykset muodostuivat seuraavanlaisiksi:

- Millainen on toimiva tietomallipohjainen suunnitteluprosessi Tekla Structures -ohjelmistolla ?
- Muodostuuko Tekla Structures –ohjelmiston käyttöönotto vaiheessa päällekkäisiä työvaiheita AutoCad –suunnittelun kanssa ?
- Millä toimenpiteillä suunnitteluprosessi saadaan mahdollisimman virheettömäksi ?
- Miten tietomallinnus--ohjelmistot saadaan kaikkien toimiston suunnittelijoiden työkaluksi ?

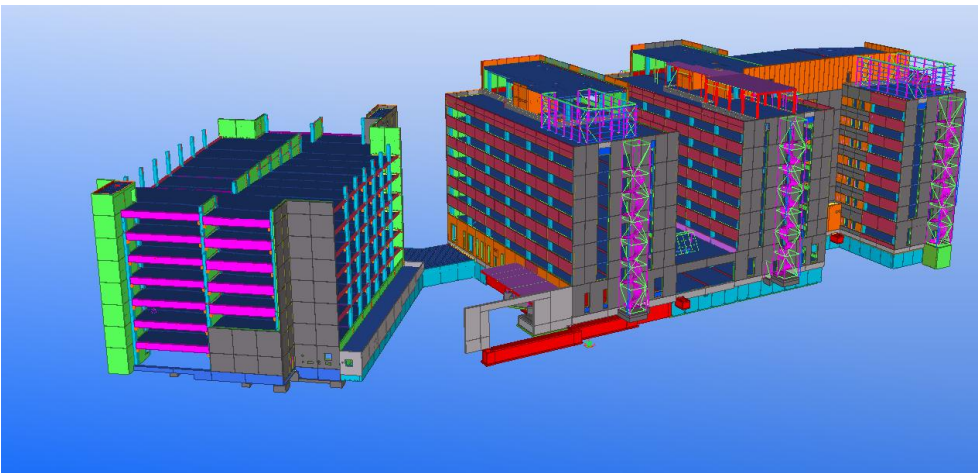
### 4.3 Tutkimusmenetelmät

Tapaustutkimuksessa eli case-tutkimuksessa analysoidaan tiettyä nykyistä tapahtumaa tai toimintaa. Case-tutkimuksen tarkoituksena on tutkia sosiaalista kohdetta ja tässä tapauksessa suunnittelutoimistoa, jossa on meneillään tietomallipohjaisen suunnitteluohjelmiston käyttöönotto (Pitkäranta, A. 2010, 129 – 135.)

Toinen osa tutkimuksesta tehtiin kyselytutkimuksena. Haastateltavat henkilöt olivat Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy:n rakennesuunnittelijoita, jotka käyttivät Teklaa työssään. Varsinaista kyselylomaketta ei käytetty vaan kohdehenkilöiden kanssa keskusteltiin henkilökohtaisesti työn ohessa. Kyselytutkimuksen tavoitteena oli selvittää, mitä havaintoja suunnittelijat olivat tehneet ohjelmistosta ja miten suunnitteluprosessia haluttaisiin kehittää.

### 4.4 Tutkimuskohde

Opinnäytetyöni tutkimuskohdeeksi valitsin SRV Rakennus Oy:n kohteen; Derby Business Park. Opinnäytetyössä kohdetta kutsutaan nimeltään Derby. Derby valmistui Perkkalle Espooseen 2012. Kohde sisältää kolme toimistorakennusta ja pysäköintitalon. Rakennuksen runko on betonielementtirakenteinen (kuva 2).



KUVA 2. Parkkitalo ja toimistorakennukset.  
Screenshot, Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy, 2012.



## 5 RAKENNE- JA ELEMENTTISUUNNITTELUN KULKU TUTKIMUSKOHTEESSA

### 5.1 Teklan käyttö toimistossa

Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy hankki käyttöönsä Tekla Structuresin vuonna 2006. Versio oli tuolloin 12. Ensimmäinen suuri toteutettava kohde on Autokeskus Vantaa, jonka suunnittelu aloitettiin keväällä 2010. Ennen sitä Teklalla tehtiin pienempiä projekteja AutoCad--ohjelmiston rinnalla. Esteenä tietomallipohjaisen -ohjelmiston käyttöönotolle on ollut suunnittelun kireät aikataulut ja suppea käyttäjien määrä sekä toimiston ennakkoluulot tietomallinnusta kohtaan.

Suunniteltaessa kohdetta Autokeskus Vantaa, oli osaavien Tekla käyttäjien määrä toimistossa liian vähäinen. Suuressa kohteessa tämä aiheuttaa ongelmia kuormittamalla liikaa osaavia henkilöitä. Osaavat henkilöt joutuivat olemaan mallinnuksen kärkeissä sekä kehittämään ohjelmaa toimiston vaatimusten mukaiseksi yhtä aikaisesti. Tavoitteena vuonna 2010 oli, että muutama suunnittelija saataisiin koulutettua Teklan käyttäjäksi.

Derbyn toteutussuunnittelu Teklalla alkoi keväällä 2011. Käytössä oli Tekla Structures 17.0. Mallinnusryhmän koko oli tähän mennessä kasvanut seitsemään suunnittelijaan, joka mahdollistaa Derbyn kokoisen kohteen suunnittelun. Ohjelmiston asetuksia on kehitetty paremmiksi, mutta ei valmiiksi. Kehitys Derbyn aikana on ollut kiitettävää.

### 5.2 Tutkimuskohteen rakenne- ja elementtisuunnittelu Teklalla

Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy oli tutkimuskohteessa rakenne- ja elementtisuunnittelijana. Kohteen runko suunniteltiin Teklalla. Perustukset ja väestönsuojien suunnittelu toteutettiin Cadilla. Aikataulullisista syistä mallinnusryhmä pääsi suunnittelemaan Derbyä keväällä 2011 perustussuunnittelun jälkeen. Teklalla suunnittelua toteutti yhtäaikaisesti 7-8 suunnittelijaa multi-user toiminnon avulla. Näin suuren ryhmän toimintaa tuleekin suunnitella ajoissa, jotta Teklan käyttö saadaan mahdollisimman tehokkaaksi ?

Kohteessa elementtisuunnitteluun sisältyvät:

- maanpaineseinät (mitta- ja raudoituspiirustukset)
- väliseinät (mitta- ja raudoituspiirustukset)
- kuorielementit (mitta- ja raudoituspiirustukset)
- sokkelielementit (mitta- ja raudoituspiirustukset)

- ulkoseinät, sandwich-elementit (mitta- ja raudoituspiirustukset)
- teräsbetonipilarit (mitta- ja raudoituspiirustukset)
- jännebetonipalkit (mittapiirustukset punostajalle)
- ontelolaatat (mittapiirustukset punostajalle)
- kuorilaatat (mittapiirustukset punostajalle)
- teräspalkit, Deltapalkit (mittapiirustukset)

Toimiston sisällä Tekla -suunnittelu jaettiin kolmeen osaan suunnittelutarkkuuden perusteella. Jaolla pyrittiin luomaan suunnitteluprosessista mahdollisimman selkeä ja joustava. Tarkka suunnittelu liian aikaisin vie turhaan resursseja. Suuressa mallissa voi olla luonnosvaiheessa ja toteutusvaiheessa olevia rakenteita samaan aikaan. Suunnittelutarkkuudet ovat määritelty seuraavasti:

- luonnossuunnittelu, sisältyy rakennesuunnittelun alle
- hankintavaiheensuunnittelu / urakkalaskentavaiheen suunnittelu, sisältyy rakennesuunnittelun alle
- toteutussuunnittelu, sisältää sekä rakenne- että elementtisuunnittelua

#### 5.2.1 Luonnosvaiheen suunnittelu tutkimuskohteessa

*Luonnossuunnittelu* on rakennesuunnittelua. Tutkimuskohteessa mallinnettiin rungon osat mahdollisimman yksinkertaisesti toteutuvien lattiakorkojen ja rakennetyyppien mukaan. Elementti muodostettiin yhdestä objektista eikä elementtejä pilkottu elementtijakojen perusteella. Tämän ansiosta muutosten toteuttaminen eli objektien siirto oli helpompaa. Objektit nimettiin ja class –numerointi merkittiin rakenteen mukaan elementtien erottamista varten. Elementin väri mallissa muodostuu class –numeron mukaan sekä sen avulla voidaan tehdä luetteloryhmiä. Arkkitehdin määrittelemät aukot tehtiin elementteihin havainnollistamaan kokonaisuutta.

Moduuliverkosto mallinnettiin rungon mukaan mahdollisimman kattavaksi jo luonnosvaiheessa. Mallintaminen ilman moduuleita voi aiheuttaa helposti mittapoikkeamia muutoksia tehdessä, jotka huomataan mm. tiedon siirrossa arkkitehdin kanssa. Siirtymien korjaaminen on hidasta.

Suunnittelun alkuvaiheessa arkkitehdilta oli käytössä rakennuksen ifc–tiedosto. Ifc–tiedoston käyttö havaittiin hankalaksi, jonka vuoksi sen käyttö lopetettiin. Suunnitelmien referenssi- eli suunnittelupohjana käytettiin dwg–tiedostoja, joiden käyttö on

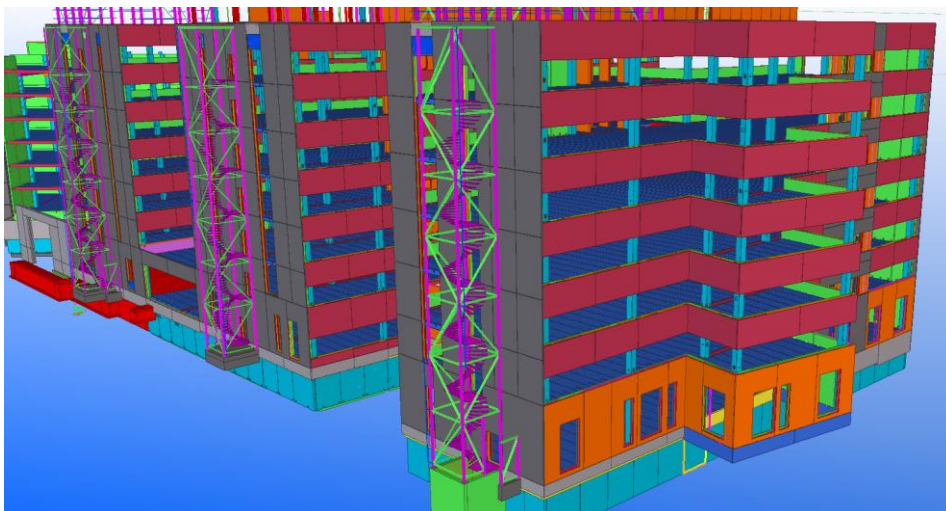
tuttua AutoCad -suunnittelusta. Haastatteluissa ilmeni, että haittapuoli dwg-pohjissa on niiden runsas määrä suurissa kohteissa.

Perustukset suunniteltiin AutoCadilla, koska mallintajien ja perustussuunnittelun aika-  
taulut eivät sopineet yhteen. Perustussuunnitelma oli dwg-muodossa suunnittelupoh-  
jana Teklassa. Perustukset mallinnettiin luonnossuunnittelun tarkkuuteen ainoastaan  
paikoissa, joissa korkovaihtelut olivat suuria. Toisin sanoen perustuksia suunniteltiin  
toista kertaa. Päällekkäiset työvaiheet tulee tiedostaa, jotta suunnitteluprosessi saa-  
daan paremmin toimivaksi. Haastattelujen perusteella suunnittelijat pitivät ylimää-  
räisien suunnittelupohjien käsittelyä työskentelyä hidastavana tekijänä. Jos perustuk-  
set olisivat suunniteltu alunperin Teklalla niin ne näkyisivät taustalla automaattisesti.  
Näin vältettäisiin turhat tiedostojen lataukset ja kohdistukset. Ajallisesti ylimääräisiä  
työtunteja olisi kertynyt 5 - 8, jos Derbyn kaikki perustukset olisivat mallinnettu luon-  
nostarkkuudella paikoilleen dwg – tiedoston pohjalta. Tulevissa projekteissa tuleekin  
perustukset aina mallintaa vähintään luonnossuunnittelun tarkkuudella.

Ensimmäisenä luonnosvaiheessa mallinnettiin kellarin pilarit, väliseinät, maanpaine-  
seinät, palkit ja laatat. Luonnosvaiheessa kantavaan runkoon tehtiin tarvittavat muu-  
tokset. Kellarissa referenssipohjana olivat Cadilla tehdyt perustussuunnitelmat, alus-  
tavat tasopiirustukset kellarin katosta ja arkkitehdin tasopiirustukset. Kaikki suunni-  
telmat olivat dwg –muodossa.

Kellarin muutosten jälkeen mallinnettiin maanpäälliset kerrokset. Erot siirryttäessä  
kellarista maanpäällisiin osiin oli maanpainesienien muuttuminen palkeiksi. Palkit ja  
laatat muokattiin maanpäällisten kerrosten mukaisiksi. Luonnosvaiheessa pilarit olivat  
koko rakennuksen korkuisia. Uusina elementteinä olivat sandwich-elementit, jotka  
muodostivat rakennuksen julkisivun. Muutosten jälkeen elementit voitiin kopioida  
ylimpään kerrokseen saakka. Teräsrakenteiden luonnossuunnittelu tehtiin heti kanta-  
van betonirungon mallintamisen jälkeen (Kuva 3). Paperitilassa ei luonnossuunnitte-  
luvaiheessa työskennelty. Luonnosvaiheen tasopiirustukset olivat tehty Cadilla aika-  
taulusta johtuen ennen mallinnustyön aloittamista.

Kyselytutkimus vahvistaa ajatukseni siitä, että luonnossuunnittelu kannattaa toteuttaa  
yhden suunnittelijan työpanoksella vaikka kohde olisi suuri. Näin siksi, että luonnos-  
vaiheen suunnittelu on kohtalaisen nopeaa, jota toinen suunnittelija voisi jopa hidas-  
taa. Luonnosvaiheen suunnittelijalle on muodostunut mallintaessa kokonaiskuva ra-  
kennuksesta, jolloin hän voi perehdyttää muut projektiin tulevat suunnittelijat. Tämä  
koettiin keskusteluissa tärkeäksi.



KUVA 3. Rakennuksien päädyssä teräsrakenteiset hätäpoistumisportaat. Screenshot, Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy, 2012.

### 5.2.2 Hankintavaiheen suunnittelu tutkimuskohteessa

*Hankintavaiheen- / urakkalaskentavaiheen suunnittelu* kuuluu rakennesuunnittelun alle. Elementit paloiteltiin elementtijaon mukaan. Näin saadaan elementtien määrät laskentaan. Elementtien osat luotiin karkeasti. Esimerkiksi sandwich –elementti mallinnettiin kolmessa osassa: sisäkuori + eriste + ulkokuori. Elementtien mahdolliset päällekkäisyydet poistettiin, jotta paperitilasta saatiin selkeämpi. Pilarien pituudet muokattiin toteutuvan pituuden mukaan. Elementeille annettiin tyyppitunnus ja elementtinumero, joiden perusteella tuotanto pääsi suunnittelemaan tulevia elementtiasennuksia. Numerointi ei koskenut laattaelementtejä, koska niiden määrä oli erittäin suuri.

Paperitilassa luotiin tasopiirustusten pohjat. Ensimmäistä valmista pohjaa kloonattiin, jolloin kaikki tarvittavat tiedot siirtyivät uuden piirustuksen mukaan automaattisesti. Kloonauksella tarkoitetaan valmiin piirustuksen kopioimista kaikkine asetuksineen. Parhaassa tapauksessa kloonattuun piirustuksen ei tarvitse tehdä kuin piirustuksen nimeä koskevat muutokset. Mutta se on valitettavan harvinaista, jonka myös haastattelu vahvistaa.

Tulevaisuuden tavoitteena on korvata hankintavaiheen paperitilan työstäminen tietomallin db1 tiedostolla. Edellytyksenä on Tekla Structures -ohjelmiston yleistyminen tuotantopuolella. Tutkimuskohteessa db1 –tiedosto ladattiin projektipankkiin, josta sen latusivat käyttöönsä elementtitehtaat ja työmaa. Saatu palaute oli positiivista,

koska tuotannossa nähtiin suunnitelma kokonaisuutena eikä yksittäisenä piirustuksena.

Haastatteluissa ilmeni, että hankintavaiheen suunnitelmien suurin ja hitain työvaihe oli paperitilan muokkaaminen. Haasteena paperitilassa koettiin mm:

- yleisesti asetusten suuri määrä
- leikattujen pintojen rastereiden muokkaus
- näkymäsyvyyden muokkaus → palauttaa asetuksia
- lisättyjen tietojen häviäminen paperitilan uudelleen aukaisun jälkeen
- havainto: mikä on 2d Cad suunnittelussa helppoa, on Teklassa hidasta tai epäluotettavaa

### 5.2.3 Toteutusvaiheen suunnittelu tutkimuskohteessa

*Toteutussuunnitteluvaiheeseen* kuuluu rakenne- ja elementtisuunnittelua. Rakennesuunnitteluun kuuluu tasopiirustusten ja kaavioiden valmistaminen. Elementtisuunnittelussa tehdään elementtien valmistuspiirustukset. Tutkimuskohteessa jokaiselle eri elementtityypille oli oma suunnittelija. Keskusteluiden perusteella se on paras tapa saada elementtisuunnitteluprosessi toimimaan suurissa kohteissa.

Reikä- ja varaustiedot olivat Ivis--suunnittelijoilta käytössä ifc--muodossa. Jokaisesta kerroksesta oli oma tiedosto. Toteutussuunnitteluvaiheessa referenssipohjia alkoi olla erittäin runsaasti, joka hidastaa suunnittelua. Seuraavissa projekteissa tulisikin kokeilla miten ko. tiedot toimitetaan yhteen tiedostoon laitettuna.

Elementtisuunnittelussa kannattaa noudattaa hyväksi todettuja työskentelytapoja, jotka uusien suunnittelijoiden tulee tiedostaa. Haastatteluissa ilmeni seuraavia havaintoja, jotka kannattaa käydä läpi yksittäisen elementin suunnittelussa:

- ko. elementtiä koskevien ja voimassa olevien arkkitehtipiirustusten tarkastus
- reikä- ja varaustietojen tarkastus
- kuinka liitytään ympärillä oleviin elementteihin ?
- mitä kiinnikkeitä tarvitaan asennuksia varten ?
- mitä kiinnikkeitä tarvitaan työmaan toimintoja varten: kaiteet, valjaat, jne.

Edellisissä kohteissa huomasimme Teklan automaattisen numeroinnin epävarmuuden ja Derbyyn kehitimme elementin manuaalisen nimeämisen ja numeroinnin periaatteen. Elementin tunnus koostuu elementin tyylistä + rakennuksen tunnuksesta A,

B, C tai D + elementin numerosta. Jokaiselle elementtilajille oma tonniluku, esimerkiksi väliseinien numerointi alkaa luvusta 4000.

Toteutussuunnittelu aloitettiin maanpaineseinistä. Maanpaineseinissä kokeiltiin suunnittelutyylä, jossa A – rakennuksen kaikki seinät muokattiin mallitilassa kerralla valmiiksi. Tämän jälkeen seinät muokattiin paperitilassa tulostettavaan valmiuteen. Suunnitteluprosessin hallitseminen on kuitenkin tällä tyylillä vaikeaa, koska pienet muutokset vaikeuttavat elementtien päivittämisen hallintaa ja seurantaa. Samanlaisien elementtien löytäminen ja hyödyntäminen muuttuu lähes mahdottomaksi. Elementti sisältää runsaasti osia, joiden virheellinen sijainti tai nimeäminen huomataan yleensä vasta paperitilassa. Tuotantopiirustuksen tekeminen tulee tehdä kerralla valmiiksi kokonaisuuden hallitsemisen varmistamiseksi.

B – rakennuksen maanpaineseinät suunniteltiin A – rakennuksen jälkeen. Suunnitteluprosessia muutettiin, jolloin elementit toteutettiin yksi kerrallaan

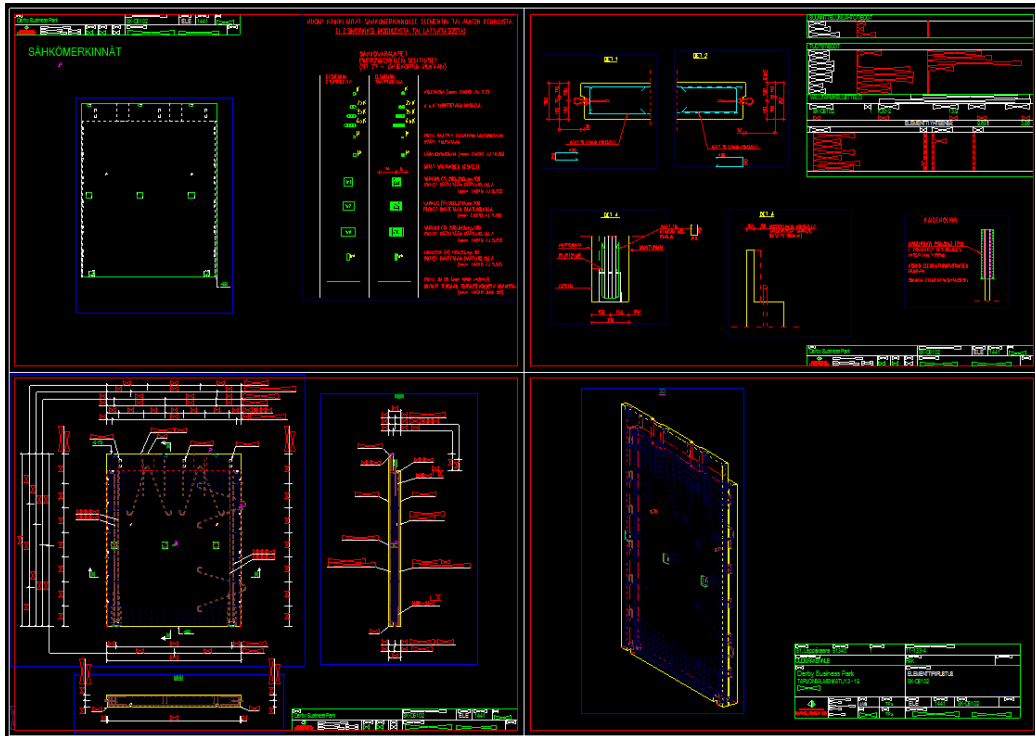
- mallitilan muokkaus
- paperitilan muokkaus
- pdf- ja dwg –tiedostojen kääntö
- tarvittaessa elementti voitiin kopioida, jolloin paperitilassa vain määrän muutos ja uudet tiedostokäännökset.

Haastatteluiden perusteella elementtisuunnittelussa kokonaisuuden hallitsemisen tärkeimmät osa-alueet

- elementtien tunnuksot
- elementtien määrät
- elementtien sijainti (rakennuksen, lohkot, korot)
- Ivis reikien ja varausten toteutuminen
- elementtien muutosten revisiointi, muutokset - valmistuskiellot
- elementtien kierrätys mm. sähkösuunnittelijalla
- elementtisuunnittelun aikataulun seuranta
- elementtien luettelointi ja toimitus valmistukseen.

Seiniin tehtiin tarpeelliset reiät- ja varaukset ifc –tiedoston perusteella. Paperitilassa muokattiin elementti valmiiksi, jonka jälkeen tiedosto käännettiin dwg –muotoon. Dwg –tiedosto lähetettiin Ivis- suunnittelijalle hyväksymistä varten. Kuittauksen jälkeen elementtipiirustus voitiin ladata projektipankkiin. Elementeistä tehtiin tyyppiikohtaiset luettelot.

Sähkösuunnittelija ilmoitti alueet, joissa elementteihin oli tulossa sähköasennuksia. Paperitilassa seinien elementtipiirustus on jaettu neljään A3 kokoiseen paperiin. Yksi A3 on sähkömerkintöjä varten (kuva 4). Valmis elementtipiirustus käännetään dwg –muotoon, jonka jälkeen se lähetetään sähkösuunnittelijalle täydennettäväksi. Elementtipiirustus laitetaan jakeluun vasta, kun sähkömerkinnät on saatu sähkösuunnittelijalta.



KUVA 4. Maanpaineeseinä paperitilassa. Screenshot, Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy, 2012.

**Teräsbetonipilarit** toteutettiin kolmen kerroksen korkuisina. Pilariin liittyvät palkit täytyi päivittää luonnosobjekteista muodostuviin profiileihin, jotta elementtien korot saatiin oikein. Pilarien ja palkkien profiilit muodostettiin itse. Aluksi ongelmia aiheutti profiilien näkyviin saaminen muiden suunnittelijoiden ohjelmassa. Ratkaisuna ongelmaan oli profiilin tiedoston kopiointi mallin kansioon alle, jolloin tieto siirtyi automaattisesti jokaiselle suunnittelijalle. Tulevaisuudessa pyritään valmiit palkki- ja pilari-profiilit hakemaan aikaisemmista suunnittelukohteista tai ”elementtikirjastosta”.

**Palkkien** suunnittelussa kuormitusten näkyviin saaminen aiheutti ongelmia. Teklan automatiikka ei sovellu kovin helposti vaikeimpiin kuormitusyhdistelmiin. Kuormitusyhdistelmät, joita Teklan kautta ei voinut tehdä, korvattiin dwg-liitteellä, joka lisätti paperitilassa. Tulevissa kohteissa täytyy pyrkiä kehittämään kuormituskaavioita toimiston sisällä käyttäjäystävällisemmäksi.

Palkkeja ja pilareita suunniteltaessa havaittiin, että liitoskomponenttien käyttöä tulee välttää suunnittelussa, jos elementit linkittyvät yhteen. Ongelma ilmenee elementti-suunnittelussa: palkki on suunniteltu valmiiksi ja se on yhdistetty liitoskomponentilla luonnosvaiheessa olevaan pilariin. Pilarin suunnittelu aloitetaan jolloin luonnospilari poistetaan ja samalla häviää valmiiksi saatu palkki.

**Laatastot** olivat ontelolaattoja ja kuorilaattoja. Luonnossuunnittelu toteutettiin ontelolaattaprofiililla. Toteutussuunnittelussa luonnosobjektit korvattiin toteutusvaiheen laattaobjekteilla, joihin oli lisätty tarvittava informaatio.

Ontelolaatta –suunnittelussa haastavaa oli suurien elementtimäärien hallinta eri kerroksissa yhdistettynä työmaan vaatimukseen. Esimerkiksi määrä / sijaintikaaviota ei Teklassa ole ja sen kehittäminen aloitettiin Derbyn aikana toimiston sisällä. Tavoitteena on saada yhdellä elementtipiirustuksella usean lohkon tuotantopiirustus. Jokainen elementti sisältää saman perustunnuksen (esimerkiksi OL-9001). Jokaisella elementillä on yksilöllinen ID/ACN –tunnus. Piirustukseen luodaan taulukko jossa näkyy elementin tunnus, lohko, kerros, ID/ACN.

Ontelo- ja kuorilaatoissa havaittiin ongelma paksuuden päivityksessä. Kun elementin nimi muuttuu, ei ohjelma tunnista elementtiä enää samalla numerolla, jolloin piirustus täytyy tehdä uudelleen. Syynä on laatan paksuuden määrittäminen nimen kautta.

Paperitilassa havaittiin ongelma, jossa laattaelementin tunnukset eivät näkyneet oikein. Tasopiirustuksessa laatan tunnus täytyy olla identtinen elementtipiirustuksen kanssa, koska se määrittelee asennussuunnan. Tähän ei saatu ohjelmiston valmistajalta vastausta. Ominaisuus lisää epävarmuutta työskentelyyn.

**Ulkoseinät** olivat sandwich-elementtejä. Elementti koostuu betonisesta sisäkuoresta, eristeestä ja betonisesta ulkokuoresta. Lisäksi elementtiin liittyy runsaasti julkisivun tuomia yksityiskohtia. Sandwich-elementti onkin vaativin mallinnettava kokonaisuus.

Derbyssä ulkoseinäelementtien pinnoituksena oli graafinen betoni. Graafisen betonin valmistus vaatii graafisen kalvon kohdistuspisteen määrittelyn. Kohdistuspistettä ei ollut mahdollista lisätä mallitilan puolella niin, että se olisi näkynyt paperitilassa. Niinpä piste lisättiin paperitilassa, joka kuitenkin luo virhe mahdollisuuden suunnittelussa eikä muutenkaan sovi tietomallipohjaiseen ajatusmaailmaan



Elementtipiirustuksia tehtäessä paperitilan aukaisussa kohdattiin suuria ongelmia. Jokaiseen piirustuksen aukaisuun kului aikaa 15–45 minuuttia. Ongelmaa pyrittiin ratkaisemaan ohjelmiston kehittäjän kanssa. Ongelmasta päästiin eroon, kun ohjelmistokehittäjä julkaisi uuden päivitysversion. Ratkaisuun mennessä oli hukattu työaikaa odottamiseen satoja tunteja.

### 5.3 Suunnittelun kulku tutkimuskohde Derbyssä

Derbyä suunnitteli yhtä aikaisesti 9 suunnittelijaa multi-user tilassa. Derbyn elementtisuunnittelussa tehtävät jaettiin tyyppikohtaisesti. Tehtävät pyrittiin pitämään samoina läpi projektin. Näin saatiin työhön tehokkuutta ja virheiden mahdollisuus pieneni. Lisäksi yksi suunnittelija muokkasi tasopiirustuksia, haki uudet tiedostot projektipankista ja laittoi valmistuneet suunnitelmat projektipankkiin.

*Suunnittelu multiuser* tilassa on mahdollista usean suunnittelijan kesken. Suunnitelmien päivittyminen osapuolten kesken riippuu tallennusväleistä. Mallin tiedostokokoa kasvaa nopeasti ja se vaatii tietokoneelta paljon. Laitteiston nopeus vaikuttaa tallennus aikaan. Multiuserissa suunnittelupohja on kaikille suunnittelijoille sama. Esimerkiksi arkkitehdin referenssimalli saadaan päivitettyä kaikille käyttöön yhtäaikaisesti. Suunnitteluryhmässä onkin jaettava tehtävät niin, että yksi henkilö hoitaa tiedostojen viennin ja tuonnin projektipankista. Samalla linkittää uudet tiedostot Teklaan muiden käyttöön.

Elementtisuunnittelun kulun pohjaksi on laadittu aikataulu. Aikataulussa täytyy muistaa ottaa huomioon suunnitelmien kierrätykset muiden alojen suunnittelijoilla. Tutkimuskohteessa sähkömerkinnöille oli luvattu aikaa kaksi viikkoa, joka osoittautui liian pitkäksi. Suunnitteluprosessin aikana pidettiin viikon välein pieni aikataulupalaveri, jossa käytiin läpi sen hetkinen tilanne.

### 5.4 Teklan automatiikan hyödyntäminen

Rakenne- ja elementtisuunnittelussa tärkein automatiikka on tiedon siirtyminen mallista paperitilaan luotettavasti. Teklassa on runsaat mahdollisuudet automatiikan käyttöön. Tiedot osat automatiikasta ovat heti käyttövalmiina. Esimerkiksi elementtien yksilöllinen numerointi (ACN) voidaan ottaa heti käyttöön. Elementtien luettelointi vaatii puolestaan asetusten muokkaamista.

Piirustusten kloonaaminen eli lähes samanlaisten piirustusten tekeminen kopioimalla on elementtisuunnittelussa tehokkuuden avaintekijä. Parhaassa tapauksessa piirustus ei vaadi lainkaan muokkausta. Kloonaus automaattikka kopioi mm. elementin varusteiden mitoituksen, kolojen ja varausten mitoitukset, viitenuolet, liitetyt tiedostot. Havaittuja ongelmia olivat mm. mittaviivojen kiintopisteiden virheellinen sijainti, mittaviivojen häviäminen ja samanlaisten elementtien tunnistaminen.

Piirustusten numerointi suoritettiin manuaalisesti, koska aikaisemmassa kohteessa oli huonoja kokemuksia automaattisesta numeroinnista. Elementin tunnus koostuu elementin tyypistä + rakennuksen tunnuksesta (A, B, C, D) + elementin numerosta (jokaiselle elementtilajille oma tuhatluku, esimerkiksi väliseiniä numerointi alkaa luvusta 4000). Kohteessa Autokeskus Vantaa, Teklan numerointiautomaattikka vaihtoi suunniteltujen elementtien numeroita aiheuttaen lisätyötä. Myös Derbyn elementtien numerointi- ja nimeämislogiikkaa tulee kehittää, koska liian pitkät tunnuksat hidastavat ohjelman toimintaa.

Suunniteltujen elementtien tiedonsiirtoa elementtitehtaalte kokeiltiin Betele – kehitysprojektissa. Betele–projekti on MH-Betoni –elementtitehtaan ja Teklan kehityshanke, jossa seinäelementtien mittatietoa pyritään siirtämään sähköisesti tuotannon käyttöön. Yhdessä lähetettävässä tiedostossa pystyi lähettämään useiden elementtien tietoa. Tulevaisuudessa olisi tarkoitus korvata paperitilassa muokattavat elementtipiirustukset sähköisellä tiedonsiirrolla, jolloin mallista tehdään ainoastaan reports –tiedosto halutuista elementeistä.

Toteutussuunnittelussa mallinnusta hidastaa, jos elementti joudutaan suunnittelemaan aivan alusta ilman muokattavaa objektia. Elementin tuonti toisesta mallista varusteineen ja tietosisältöineen on mahdollista. Tuodun elementin piirustus voidaan myös kloonata. Elementit tulee tarkastaa mahdollisten virheellisten raudoitusten takia ennen. Virheelliset raudoitteet aiheuttavat mallin toimimisen hidastumista (invalid reinforcement). Ne syntyvät, kun raudoitusautomaattikka sisältävää elementtiä muokataan muuttamalla dimensioita. Raudoite päivittyy automaattisesti muutoksessa, jolloin se voi ulottua liian ahtaaseen tilaan. Raudoitteen taivutussäde muodostuu tällöin liian suureksi ja raudoite häviää. Näkyville jää ohuet raamit, joita on vaikea havaita. Malli tulee tarkastaa diagnose model –työkalulla viikottain.

Suunnittelun pohjana käytetään dwg- ja ifc –tiedostoja eli referenssipohjia. Tiedostojen nimeä ei tule muuttaa suunnitteluprosessin aikana. Tiedostopolun muuttuessa linkitys malliin katkeaa ja päivitykset täytyy hakea uudelleen. Päivityksien välisiä muu-

toksia on mahdollista seurata reference model automatiikan avulla. Tutkimuskohdeessa toimintoa ei juurikaan käytetty. Reikä- ja varauspiirustusten muutosten löytämisessä automatiikka on havaittu toimivaksi. Tärkeimmät reference modelin käytössä tehtävät toimenpiteet ovat sijainnin tarkastelu käyttöön otettaessa sekä lukitseminen. Haastatteluissa ilmeni usein, että suuri referenssitiedostojen määrä hidastaa suunnittelua. Se on tässä vaiheessa Teklan kehitystä välttämätön paha.

Teklan mallista saadaan raportointiautomatiikalla määrätietoa rakennuksesta. Raporttipohjat vaativat muokkausta, jotta ne saataisiin toimiston vaatimusten mukaiseksi ulkoasun ja tietosisällön osalta. Raportointia ei ole toimiston projekteissa juurikaan käytetty. Käytön esteenä on ollut ajanpuute ohjelman kehittämiseen. Käytön kehityksen kannalta olisi syytä rajata raportointi toimiston sisäisen tarpeen ja työmaan tarpeiden mukaisiksi. Haasteen raporttirutiinien luomiselle muodostaa eri urakoitsijoiden vaatimukset

Elementtisuunnittelussa manuaalisesti tehty luettelointi muodostaa aikaa kuluttavan työvaiheen, jossa on suuri mahdollisuus virheisiin. Ristiriitoja syntyy helposti mm. elementtien määrä- ja painotiedoissa. Teklassa elementtiluettelot saadaan valittujen elementtien mukaan automatiikalla. Excel-luettelo ei päivity mallin mukana vaan päivitys tulee ladata uudelleen. Käytännössä täytyy varmistaa tietojen siirtymisen onnistuminen.

Raudoitusluetteloita / taivutusluetteloita ei ole aikaisemmin piirustuksiin merkattu cad –suunnittelussa, joten tutkimuskohdeessakaan niitä ei määritely. Teklassa raudoitusluetteloinnit voidaan kytkeä näkyviin, mutta sen toimintavarmuus tulee varmistaa ennen laajempaa käyttöönottoa.

Haastatteluiden perusteella automatiikka herätti seuraavia ajatuksia suunnittelijoiden keskuudessa:

- toimiessaan palvelee käyttäjää
- automatiikan kehittäminen kuluttaa paljon aikaa
- automatiikan toiminnan muokkaaminen vaatii pitkän kokemuksen
- toimii harvoin moitteettomasti
- epäluotettava
- liiallinen automatiikkaan luottaminen voi aiheuttaa kalliita virheitä.

## 6 TULOKSET JA POHDINTA

### 6.1 Tutkimuksen tulokset – suunnitteluprosessia kehittävät asiat

Suunnittelutyön mielekkyyden edellytyksenä on, että turhat ja usein toistuvat työvaiheet tiedostetaan ja niille pyritään löytämään parempi vaihtoehto. Teklan automatiikkaa hyödyntäen ja toimiston sisäistä toimintamallia parantaen suunnittelijoiden työ saadaan toimivammaksi, mielekkäämmäksi ja sitä kautta tuottoisemmaksi.

### 6.2 Yleisiin tietomallivaatimukseen perehtyminen

Kaikkien suunnittelijoiden tulisi perehtyä uuteen Yleiset tietomallivaatimukset 2012 – ohjeeseen, koska vaatimukset tulee täyttyä kaikissa suunnitteluprojekteissa. Haastatteluiden perusteella Senaatti-kiinteistöjen ohjeeseen vuodelta 2007 ei ollut perehdytty juurikaan eikä siihen viitattu missään aikaisemmassa suunnittelukohteessa. Suunnittelua ohjeisti toimiston sisäinen säännöstö.

### 6.3 Rakenne- ja elementtisuunnittelun yhdistäminen mallissa

Derbyssä elementtisuunnittelu tehtiin kokonaan Teklalla. Rakennesuunnittelusta suurin osa tehtiin AutoCadilla. Pääsääntöisesti syynä oli suunnittelijoiden Teklan käytön osaaminen. Valitettavasti Teklan ja AutoCadin rinnakkainen käyttö jatkuu vuosia, jos vanhemmat suunnittelijat omaksu tietomallinnusta.

Päällekkäisiä työvaiheita tulee automaattisesti, jos suunnitteluprojekti joudutaan aloittamaan AutoCadilla. Kuten tutkimuskohde osoittaa, perustuksien puuttuminen mallista aiheuttaa suunnitteluun epävarmuutta koko kellarikerroksen alueella. Projektien aloitusten aikatauluttaminen mallintajien resurssien mukaan on avaintekijä.

### 6.4 Vaatimukset tiedonsiirrosta muille suunnitteluosapuolille

Tietomalliin tuodaan suunnittelun pohjaksi tietoa dwg- ja ifc-muodossa. Projektin alussa muille suunnitteluosapuolille tulee tehdä vaatimuslista asioista, jotka täytyy sisältyä rakennesuunnittelijalle tulevissa suunnitelmissa.

*Kohdistuspiste.* Ifc tiedostot antavat suunnittelutietoa mallissa kerroksittain (esimerkiksi Ivis-reiät). Suunnittelu ilman kohdistuspistettä lisää virheiden mahdollisuutta. Derbyssä mm. Ivis reikä- ja varaustiedot tulivat ifc-muodossa. Vaikka Ivis:n ifc -

tiedostot sisältävät kohdistuspisteen niin on syytä tarkastuttaa elementit kertaalleen ennen tuotantoon lähettämistä.

*Elementtien sähkömerkintöjen palautus.* Seinäelementteihin tulee elementtitehtaalla sähköasennuksia. Suunnitellut elementit pitää lähettää sähkösuunnittelijalle merkintöjen lisäämistä varten. Derbyssä sähkökierto sai kestää kaksi viikkoa, joka on aivan liian pitkä aika. Projektin aloituskokouksissa pitää sähkömerkintöjen kiertoajaksi sopia 2 – 3 päivää.

## 6.5 Komponenttikirjasto

Komponentit ovat eri objekteista kasattuja ryhmiä, joita voidaan tallentaa eri tiedostoihin ja hakea käyttöön tarpeen mukaan. Itse tehdyt komponentit helpottavat suunnittelua. Komponentit voidaan jakaa karkeasti detajji-, elementti- ja paikallavalukomponentti kirjastoihin. Työstettävän mallin sisällä haettu komponentti on kaikkien saatavilla. Toimiston sisälle on luotava toimintamalli, jossa komponenttien hakeminen pankista on vaivatonta. Derbyssä suunniteltiin useita eri elementtityyppejä, jotka ovat käytettävissä pienin muutoksin myös seuraavissa kohteissa. Komponenttikirjaston tiedon etsimisen logiikka täytyy luoda selkeäksi. Komponenttikirjaston työkaluna voidaan käyttää esimerkiksi phase manager työkalua.

*Detaljikomponenttipankkiin* luodaan erilaisia varusteiden ja loveuksien yhdistelmiä. Yhdellä detaljikomponentilla voidaan elementtiin liittää useita varusteita. Niiden yksittäinen liittäminen toisi turhaa lisätyötä. Detaljeissa tulee huomioida, ettei toisiinsa liittyviä elementtejä linkitetä yhteen.

*Elementtipankkiin* tallennetaan elementtejä eri kokoonpanoilla. Elementtien eri osien uudelleen luomiseen ja yhdistelyyn kuluu paljon aikaa. Suunnittelua voi nopeuttaa käyttämällä aikaisemmissa projekteissa luotuja elementtejä. Elementti urakkalaskentaan saadaan tyyppielementit elementtikirjaston kautta. Kun aikaisemmin suunniteltu elementti tuodaan uuteen malliin, samalla saadaan paperitilan kloonauspohja. Kloonaatuissa pohjissa on runsaasti valmiiksi luotuja tekstiasetuksia. Tekstiasetuksia ja niiden käytön monipuolistamista tulee kehittää tulevaisuudessa. Paikallavalukomponenttikirjasto on periaatteeltaan samanlainen kuin elementtipankki.

## 6.6 Luettelopohjat

*Elementtiluettelo.* Suunnitteluun sisältyy paljon eri asioiden luettelointia. Suurin luetteloitava ryhmä on elementit. Teklassa on automatiikka valmius elementtien luetteloinnille. Mallista saadaan valituista osista excel-tiedosto, joka luetaan halutun luettelopohjan mukaan. Teklan vakiona olevia luettelopohjia täytyy muokata toimiston näköiseksi ja luetteloinnin toiminta tulee varmistaa ennen laajempaa käyttöä. Luetteloön haluttavien objektien valitsemisen logiikka tulee kehittää helppokäyttöiseksi esim. näkymien filteröinnin avulla.

Derbyssä mallin kautta manuaalisesti luetteloitavia komponentteja olivat

1. elementit tyypeittäin
2. pultit ja kengät
3. piilokonsolit
4. laattojen teräskannattimet.

## 6.7 Liitososien tarkastaminen

Elementtien liitoksia tehdessä tulisi liitos osat merkata samalla cast-numerolla. Jokaisella eri kokoluokalla olisi oma cast-ryhmä. Jos mallissa värit eivät täsmää niin virheen huomaisi helposti. Derbyssä elementtitehtaan tuotantohenkilöt tarkastelivat mallinkautta valmistuksessa olevia elementtejä. Viimeistään he huomaisivat osien värieron, jos virhe pääsisi suunnittelussa läpi.

## 6.8 Suunnittelu-mallinnusryhmä

Mallinnuksessa suunnittelun päällekkäisyyden välttämiseksi tehtävät on jaettava selkeästi suunnittelijoiden kesken. Derbyssä suunnitteluryhmä piti palaverin viikon välein. Palaverissa käytiin läpi suunnittelu aikataulua jokaisen suunnittelijan osalta. Samalla saadaan selville tarvitseeko suunnittelijaresursseja siirtää eri osa-alueille apuvoimiksi.

Suurissa kohteissa samaa mallia tekee monta suunnittelijaa. Tämän vuoksi selvä tehtävien jako suunnittelijoiden kesken on työn kulun kannalta ehdotonta. Suunnittelija tulisi pitää saman elementtityypin tekijänä läpi projektin. Työn vaihtelevuuden kannalta se ei ole paras vaihtoehto, mutta suoritusvarmuuden ja nopeuden kannalta ehdoton edellytys. Derbyssä oli mahdollisuus tällaiseen järjestelyyn.

Mallinnusryhmässä vastuualueiden selvä jako on työn sujuvuuden kannalta tarpeellista. Jaettavia vastuualueita ovat mm:

1. Yhden suunnittelijan tulee olla elementtisuunnittelusta vastaava
  - a. aikataulupäivitykset / aikataulun hallinta
  - b. järjestää ryhmän viikkopalaverit
2. elementtisuunnittelijat
  - a. tehtäväjako elementtien mukaan
  - b. Ivis suunnittelijoiden suunnitelmien lisäys kierrot
3. projekti sihteeri
  - a. piirustusten lähettäminen
  - b. piirustusluettelon päivittäminen
  - c. suunnitelmien vienti ja tuonti projektipankkiin
  - d. dwg käännöt mallista
  - e. paperiversioiden tilaukset

tiedostojen luominen eri katseluohjelmille.

## 6.9 Mallinnuksen suunnittelunopeus elementtikohtaisesti

Suunnittelutyön kulkua seurataan työntekijätuntien perusteella. Tunnit syötetään tuntienkeräys ohjelmaan. Tällä hetkellä erittely on karkea. Esimerkiksi väliseiniin kuuluvat väliseinäelementit (V-) ja maanpaineseinät (SK-). Erittely ohjelmaan tulisi tehdä elementtikohtaisesti, koska jokaisessa tyypissä on omat haastavat puolensa. Esimerkiksi maanpaineseinissä rauditus on erilainen kuin väliseinissä. Maanpaineseinät sisältävät perusraudoituksen lisäksi lisäraudoituksen maanpaineen vuoksi. Tuntikaumaa seurattaessa voisi helpommin puuttua aikaa kuluttaviin kohtiin ja näin päästään kehitystyössä ongelmien ytimeen.

Derbyssä elementtisuunnittelua verrattiin aikaisempiin cad suunnittelussa saatuihin aikamenekkeihin. Elementit, joista tehtiin mittapiirustukset punostajalle, suunnitteluai-ka oli noin 25 % nopeampi kuin Cad-suunnittelussa. Elementit, joista tehtiin mitta- ja raudituspiirustukset olivat noin 10--15 % hitaampia suunnitella.

Miksi mittapiirustukset ovat Teklassa nopeampia suunnitella kuin Cadissa ? Teklan käytössä etuna on mm.

1. elementin sopivuus nähdään heti ilman koostetiedostoja mm:
  - a. elementin mitat
  - b. liittyvät komponentit, erittely väreillä koon mukaan lisää varmuutta

- c. tarvittavat reiät ja varaukset
- 2. korkomaailma on oikea kaikissa katselusuunnissa
- 3. mittapiirustuksien kloonaus
- 4. paperitilan muokkaus on nopeampaa kuin AutoCadissa.

Kehitettäviä asioita mittapiirustuksissa ovat mm:

- 1. saada ohjelma toimimaan nopeammin (piirustusten avausnopeus)
- 2. samanlaisten elementtien tunnistamisen parantaminen
- 3. reikä- ja varauspiirustusten luontilogiikan kehittäminen
- 4. kuormitustietojen ilmoittamisen monipuolistaminen.

Miksi mitta- ja raudoituspiirustukset ovat Teklalla hitaampia suunnitella kuin AutoCadissa ? Teklan käytössä hidasteena on mm:

- 1. Suunnittelutyö on tarkempaa ja parempi laatuista kuin Cad suunnittelu. Elementit tulee mallintaa virheettömästi, koska mallia katsotaan elementtitehtaal-la
- 2. Derbyssä ohjelman toiminnan hitaus hidasti suunnittelua. Elementtipiirustusten aukaisuihin kului enemmän aikaa kuin itse elementin suunnittelutyöhön. Esimerkiksi väliseinäelementin piirustuksen aukaisu kesti 40 minuuttia, mutta itse elementin muokkaus kesti 20 minuuttia. Osalle suunnittelijoista Derby oli ensimmäinen mallinnuskohde, joka näkyi käytetyssä työskentelyajassa.

Suunnittelutyön kehittymiseksi tulisi pitää Teklan kehityspalaveri noin kuukauden välein. Käsiteltäviä asioita olisivat (keskusteluilmapiiri tulee olla kehityshakuinen):

- 1. suunnitteluajkojen elementtikohtainen kehitys
- 2. mitä uusia toimintoja kehitetty toimiston sisällä
- 3. työmaalta tulleet palautteet ja kehitysideat
- 4. elementtitehtaalta tulleet palautteet ja kehitysideat
- 5. ohjelmiston mahdolliset ongelmakohdat
- 6. kehitettävien asioiden jako eri henkilöille

## 6.10 Ammattitaidon kehittäminen

Suunnittelijoiden kehittäminen on tehokkainta tekemisen ja toimiston sisäisen keskustelun kautta. Kehitystyö jakautuu karkeasti kahteen osaan; nuuriin ja vanhempiin suunnittelijoihin. Erona heillä on asenne mallintamista kohtaan. Mallintamisen vastainen asenne on suurin kehityksen este koko toimistossa.



Uudet suunnittelijat on helpoin perehdyttää mallintamiseen laattasuunnittelun kautta. Laatat ovat helppoja käsitellä, jolloin perusteiden oppiminen on helppoa. Laattoihin ei yleensä tule liitettäviä komponentteja. Myös opinnäytetöiden teettäminen jostain mallintamisen aiheesta perehdyttää hyvin aloittelevan suunnittelijan ja nostaa kysymyksiä vanhempien käyttäjien parissa mahdollisesti uusista menetelmistä.

Vanhemmat suunnittelijat ovat yleensä periaatteeltaan mallintamista vastaan, joka estää tai hidastaa heidän pääsemistä mallinnuksen pariin. Mallinnustaito tai sen logiikan ymmärtäminen on välttämätön ammattitaidon kannalta.

### 6.11 Mallin huoltaminen

Teklassa on käytössä suuri määrä automatiikkaa, joka aiheuttaa mallissa komponentti virheitä. Jos virheitä ei poista välittömästi niin elementtejä kopioidessa virheet kertautuvat. Virheelliset komponentit aiheuttavat mallin toiminnan huomattavaa hidastumista. Säännöllisin väliajoin tulisi malli käydä läpi *repair model* työkalulla, joka listaa virheelliset komponentit. Korjaavia toimia, jotka poistavat malliin tarkoituksella haettuja komponentteja (esimerkiksi teräsosat) tulee välttää. Derbyn mallia pyrittiin eheyttämään tekemällä moden dump. Model dump poistaa ylimääräiset haitalliset tiedostot, mutta myös kaikki jälkeempään lisätyt tiedostot toisin sanoen kaikki asetukset palaavat Teklan aloitustilaan. Mallinnuksen aikana joudutaan muokkaamaan elementtiin liitettäviä osia. Esimerkiksi pulttien tartuntoja taivutetaan reikien mukaan. Asetusten palautumisen vuoksi model dump –toimenpide ei ollut mahdollinen Derbyssä eikä siitä näin ollen saatu ratkaisua mallin hitauteen.

Piirustusta luodessa Tekla voi ilmoittaa virheellisistä raudoitteista. Näihin ilmoituksiin on syytä suhtautua vakavasti, jotta ne eivät lähde kertautumaan mallissa elementtien kopioinnin yhteydessä. Virheellisiä raudoitteita syntyy raudoitusautomatiikan ja reikien yhteistoiminnasta.

Mallintaessa käytetään apuviivoja (construction line). Ne tulisi poistaa käytön loppuessa, jotta niiden runsas määrä ei kuormita ohjelmistoa.

### 6.12 Teklan käyttö työmaalla ja elementtitehtaalla

Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy on toteuttanut tietomallipohjaista Tekla suunnittelua SRV Toimitilat Oy:n kohteissa. SRV:llä ei ole tietomallinnukselle omaa ohjeistusta,

joka antaa suunnittelijoille vapaammat työskentely mahdollisuudet. Toisaalta suunnittelijoille olisi hyvä kertoa mitä tietoja työmaan henkilöt haluavat mallin kautta saada. Tuotannon henkilöt tulisi pitää keskusteluyhteydessä mallin käytöstä. Parhaan mahdollisen hyödyn työmaa saa, kun he käyttävät katseluohjelmien sijaan Teklan ohjelmistoa (db1 –tiedosto).

Projekteissa Teklalla tuotetaan pääperiaatteiltaan samanlaisia piirustuksia kuin Cad suunnittelussa tähän mennessä. Ohjelmiston erojen vuoksi piirustukset näyttävät hieman erilaisilta Teklassa kuin Cadissa, varsinkin tasopiirustuksissa. Visuaalisena parannuksena elementtipiirustuksissa on ollut 3D kuva, joka selkeyttää vaikeiden kohtien havainnointia. Toivottava kehityksen suunta olisi, että työmaalla opittaisiin käyttämään mallia paperille tulostettavien suunnitelmien sijaan.

Alla kommentti SRV Toimitilat Oy:n Musiikkitalo –työmaan projekti-insinööri Jyrki Maalahden kommentti Teklan tietomallin ohjeistuksesta (Musiikkitalo ei ole Insinööri-toimisto Mäkeläinen Oy:n suunnittelema kohde).

*”Malleja kohdellaan kuten muitakin suunnitelmia. Ei ole mitään erillistä haara, jonka mukaan malleja käytetään, tilataan ja niiden tekoa ohjataan. työmaalle malli on suunnitelma. Kaikki muu touhuaminen on turhaa”* (Maalahti, 8.2.2011).

*”Malleja hyödynnetään IFC muodossa ja niissä on oltava geometria, sijainti ja tietosisältö aivan kuten muissakin suunnitelmissa eli oikein”* (Maalahti, 8.2.2011).

*”Malleja käytetään mm. määrälaskentaan, työsuunnitteluun, aikataulutukseen aivan kuten suunnitelmia tähänkin saakka”* ( Maalahti, 8.2.2011 ).

### 6.13 Kuinka muut rakentamisen osapuolet hyötyvät tietomallintamisesta ?

Seurantakohteessa tilaaja ja urakoitsija oli SRV Rakennus Oy. Työmaalla oli käytössä Tekla ja tietomalli toimitettiin projektipankin kautta noin viikon välein. Lähetettävä tiedonsiirtomuoto oli Teklan db1 – tiedosto. Rakennemalli on ollut pääasiassa työkaluna työsuunnittelussa. Työmaalta on saatu valitettavan vähän informaatiota Teklan käytön laajuudesta useista kyselyistä huolimatta.

Arkkitehdille malli lähetettiin ifc–muodossa. Ifc–tiedosto täytyi tehdä jokaisesta kerroksesta erikseen. Toimintamalli on erittäin työläs. Tärkein tieto arkkitehdille on rakenteiden dimensiot ja sijainnit.

LVIS suunnittelijoille tutkimuskohteessa tieto toimitettiin ifc- ja dwg – muodossa. Ifc – mallin avulla lvis –suunnittelijat pystyivät hahmottamaan tekniikan reitit rakenteiden seassa.

Elementtituotannossa valmistus tapahtuu kokonaisuudessaan paperitulosteisten piirustusten kautta. Seurantakohteen seinäelementtitehtaassa oli käytössä Tekla. Malli oli heillä käytössä ja siitä he pystyivät tarkastelemaan elementtiä. Työnjohtajan oli helppo näyttää mallin avulla miksi jokin asia täytyy tehdä niin kuin elementtisuunnitelmassa oli esitetty. Tietomallin käyttö elementtitehtaassa luo yhden tarkastuskierroksen automaattisesti sekä työntekijöiden motivaatio paranee. Lähetettävä tiedon siirtomuoto oli Teklan db1 – tiedosto.

#### 6.14 Pohdintaa tietomallinnusprosessista

Tutkimuksen tuloksena löydettiin runsaasti asioita, joilla voidaan tämän hetkistä suunnitteluprosessin tasoa parantaa. Asioiden kehittyminen käytännön apuvälineiksi vaatii aikaa ja halua kehittää suunnitteluprosessia. Kehitystyö on välttämätöntä, koska tietomallinnus kehittyy Suomessa nopealla tahdilla. Muutos on huomattavissa, kun vertaillaan Yleiset tietomallivaatimukset 2012 -dokumentteja vuoden 2007 Senaatti-kiinteistöjen vastaaviin.

Kehityksestä jää helposti jälkeen, jos

- toimistossa ei ole tarpeeksi kehityshaluisia henkilöitä
- toimisto ei halua panostaa kehittämiseen ajallisesti ja laitteistoihin
- tarpeeksi suuria suunnittelukohteita, joissa prosessia testataan

Lisäksi mietittäviä asioita koskien tulevaa:

- onko riittävää pelkkä toimiston sisäinen kehitystyö pitämään taidot kilpailukykyisinä eli pitäisikö osa suunnittelijoista lisäkouluttaa ulkopuolisin voimin ?
- millaista uutta tietoa mallintamisesta tulisi, jos rekrytoinnissa vaatimuksena olisi vankka tietomallintamisen osaaminen Teklalla ?
- miten ammattitaitoiset elementtisuunnittelijat saadaan pysymään kiinnostuneina elementtien suunnittelusta, jos uraa edessä 20 – 30 vuotta ?

## LÄHTEET

Autodesk. Ominaisuudet [viitattu 5.9.2012]  
<http://www.autodesk.fi>

Autodesk www-sivut [viitattu 23.04.2012].  
Saatavissa: <http://www.autodesk.fi>

Building Smart Finland www-sivut [viitattu 5.9.2012]  
Saatavissa: <http://buildingsmart.fi>

Graphisoft. Products [viitattu 5.9.2012]  
Saatavissa: <http://www.graphisoft.com>

Kiviniemi, A. & Penttilä, H. 1995. Rakennus-CAD  
Tampere: Rakennustieto Oy

Kuusela, Ville. 2010. Senaatti-kiinteistöt Tietomallivaatimukset 2007 Osa 5: Rakennesuunnittelu. Savonia-ammattikorkeakoulu. Rakentamisen tietotekniikka. Opetusmoniste.

Maalahti, Jyrki 2011. SRV Toimitilat Oy. Helsinki 08.02.2011. Sähköpostikeskustelu.

Piirainen, J. 2010. Tietomallin käyttö rakennesuunnitteluprosessissa Tekla Structures –ohjelmalla. Savonia-ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma: Opin- näytetyö

Pitkäranta, A. 2010. Työkirja laadullisen tutkimuksen tekijälle. Satakunnan AMK

RIL. Alan kehittäminen, tietomallinnus [viitattu 17.04.2012]  
Saatavissa: <http://www.ril.fi>

RIL 229-1-2006 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje. 2006. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien liitto

Tekla Structures. Historia [viitattu 15.02.2012].  
Saatavissa: <http://www.tekla.com>

Tuotemallinnus rakennesuunnittelussa. [verkkodokumentti]. Pro It [viitattu 9.9.2012].  
Saatavissa: <http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/>

Vertex Systems. Rakentaminen [viitattu 24.9.2012]  
Saatavissa: <http://www2.vertex.fi>

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 5 Rakennesuunnittelu. [verkkodokumentti].  
Building Smart [viitattu 17.04.2012]. Saatavissa: <http://buildingsmart.fi/8>

Ympäristöministeriön. Suomen rakentamismääräyskokoelma [viitattu 9.9.2012].  
Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi>



