

LAB-ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus
Talonrakennustekniikka

Evgenia Ponomareva

Tekla Structures teollisuuden rakenteiden mallintamisessa: ohjeet ja kehitystarpeet

Opinnäytetyö 2021

Tiivistelmä

Evgenia Ponomareva

Tekla Structures teollisuuden rakenteiden mallintamisessa: ohjeet ja kehitystarpeet, 29 sivua, 1 liite

LAB-ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus

Talonrakennustekniikka

Opinnäytetyö 2021

Ohjaajat: lehtori Heikki Vehmas, LAB-ammattikorkeakoulu, osastopäällikkö

Kimmo Suomalainen, Sweco Rakennetekniikka Oy, BIM-koordinaattori Matti

Juusela, Sweco Rakennetekniikka Oy

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää yrityksen Tekla Structures -ohjelman mallinnusohjeistusta ja työkaluja paremmin soveltuvaksi teollisuusrakentamisen rakenteiden suunnitteluun. Tarkoituksena oli selvittää, mitä teollisuuspuolella tarvitaan piirustusohjeiden ja ohjeiden suhteen kehitettävän ja sen jälkeen selvityksen tulosten perusteella oli luotava tarvittavat ohjeistukset ja piirustusohjeet sekä asetukset, jotka parantavat Tekla Structures -ohjelman piirustusohjeistuksen prosessia. Toimeksiantajayrityksenä on ollut Sweco Rakennetekniikka Oy, joka on rakennesuunnittelun ylivoimainen markkinajohtaja Suomessa.

Kehittämistarpeiden selvittämiseksi haastateltiin toimeksiantajayrityksen työntekijöiltä. Haastattelupyyntö ja haastattelulista lähetettiin etukäteen neljälle eri osaston työntekijälle. Haastatteluun osallistujat ovat käyttäneet Tekla Structures -ohjelmaa betonielementtien sekä teräs- ja betonirakenteiden suunnittelussa. Teoriaosassa on käsitelty teollisuusrakentamisen ominaispiirteitä, teollisuus-suunnittelua, rakennesuunnittelun asiakirjoja, tietomallipohjaista suunnittelua sekä piirustusohjeistusta Tekla Structures -ohjelmalla.

Selvityksen tulosten perusteella on ilmennyt paljon kehitettäviä asioita. Tämä työ on rajattu koskemaan piirustusohjeistuksen parantamista. Työn tuloksena on tehty ohje ja video, joiden mukaan mallintaja pystyy tehokkaasti käyttämään Tekla Structures -ohjelman mahdollisuuksia ja työkaluja piirustusohjeistuksen tuotannossa. Tämän lisäksi on tehty valmispiirustusohje ja näkymäasetukset teollisuushankkeita varten. Lisäehdotuksena voisi olla älykkäiden ponnahdusikkunoiden toteuttaminen, jotka auttavat mallintajille löytämään tarvittavat ohjeet ja tiedot helposti ja nopeasti.

Asiasanat: Teollisuusrakentaminen, Tekla Structures, ohjeet

Abstract

Evgenia Ponomareva

Tekla Structures for modeling industrial construction structures: guidance and development needs, 29 Pages, 1 Appendix

LAB University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Civil and Construction Engineering

Structural engineering

Bachelor's Thesis 2021

Instructors: Mr Heikki Vehmas, Lecturer, LAB University of Applied Sciences, Mr Kimmo Suomalainen, Department Manager, Sweco Rakennetekniikka Oy, Mr Matti Juusela, BIM coordinator, Sweco Rakennetekniikka Oy

The objective of this thesis was to develop the guidelines and tools of the Tekla Structures program to be more suitable for the design of industrial construction structures. The aim was to examine improvement needs of the existing corporate drawing templates and guidelines. Based on the study results, the necessary instructions, drawing template and settings had to be created to improve the drawing production process of Tekla Structures.

The study was performed for Sweco Rakennetekniikka Oy, a leading Finnish company in the field of engineering consulting, environmental technology and architecture. Fourteen skillful employees of the company were interviewed to determine development needs.

The results of this thesis were guidance and tutorial video directed to a program user who can effectively utilize the possibilities of Tekla Structures in the drawing production process. In addition to the results, a drawing template and view settings were made to be used in industrial projects. One idea for further research could be to implement smart pop-ups that help modelers quickly and easily find the guidance and information they need.

Keywords: industrial construction, Tekla Structures, BIM

Sisällys

Käsitteet.....	5
1 Johdanto.....	6
2 Rakentamisen määräykset	7
2.1 Rakennesuunnittelun koskevat säädökset.....	7
2.2 Rakennesuunnittelun päävaiheet.....	9
3 Teollisuusrakennuksen suunnittelu ja sen erityispiirteitä	10
4 Teollisuusrakentamisen ominaispiirteitä	12
4.1 Perustukset.....	13
4.2 Pystyrakenteet.....	13
4.3 Vaakarakenteet.....	13
4.4 Julkisivut	14
5 Rakennesuunnittelun asiakirjat	14
6 Tietomallipohjainen suunnittelu.....	17
6.1 Tietomallivaatimukset 2012	18
6.2 BEC 2012	19
6.3 IFC.....	19
6.4 Tulosteet.....	19
6.5 Projektikohtaiset tavoitteet.....	20
7 Piirustustuotanto Tekla Structures -ohjelmalla.....	20
8 Kehittämistarpeiden selvitys haastattelujen avulla.....	23
8.1 Haastattelukysymykset	23
8.2 Kehitettävät asiat	25
9 Työn lopputulos	25
10 Yhteenveto.....	26
Lähteet.....	28

Liitteet

Liite 1. Haastattelukysymykset toimeksiantajayrityksen suunnittelijoille

Käsitteet

GA-piirustus	General arrangement -piirustus eli kokoonpanokuva, joka luodaan käytössä olevasta näkymästä.
OBLS	Detailed object level settings eli piirustus- ja näkymäta- soissa oleva asetustyyppi, jonka avulla hallinnoidaan sitä, miltä tietty objekti näyttää piirustuksessa.
Trimble	Kansainvälinen ja monialainen paikkatietopohjaiseen teknologiaan keskittynyt yhtiö, jonka tuotteista yksi on Tekla Structures -ohjelma.

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajayritys on Sweco Rakennetekniikka Oy, joka on rakennesuunnittelun ylivoimainen markkinajohtaja Suomessa. Sweco Rakennetekniikka Oy on osa Sweco Finland -konsernia. Sweco on rakennetun ympäristön ja teollisuuden asiantuntija, joka tarjoaa laadukkaita suunnittelu- ja konsultointipalveluita kaiken kokoisiin hankkeisiin. Sweco toteuttaa vuosittain kymmeniä tuhansia projekteja 70 maassa ympäri maailmaa. Heillä on 17 500 asiantuntijaa, joista 2 500 työskentelee Suomessa ja maanlaajuisesti Swecolla toimii yli 800 rakennesuunnittelijaa. Sweco on Euroopan johtava suunnittelun ja konsultoinnin asiantuntijayritys, jonka liikevaihto on 1,9 Mrd euroa. (Sweco 2021.)

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää yrityksen Tekla Structures mallinnusohjeistusta ja työkaluja paremmin soveltuvaksi teollisuusrakentamisen rakenteiden suunnitteluun. Swecolla on tähän asti ollut paljon piirustusohjeita ja ohjeita, mutta ne eivät täysin vastanneet teollisuuden tarpeisiin. Päärakenneosista on ollut huomattavasti vähemmän ohjeistusta ja piirustusohjeita kuin elementtirakenteista. Etenkin jo tehtyyn piirustukseen uusien näkymien ja leikkauksien lisäys ja niiden asetuksissa on ollut puutteita ohjeistuksessa, vaikka piirustusohjeita itsessään toimi hyvin päärakenneosan suhteen. Sen pohjalta tarkoituksena on selvittää, mitä teollisuuspuolella tarvitaan piirustusohjeiden ja ohjeiden suhteen kehitettävään. Selvityksen tulosten perusteella luodaan tarvittavat ohjeistukset ja piirustusohjeita sekä asetukset, jotka parantavat Tekla Structures -ohjelman piirustustuotannon prosessia.

2 Rakentamisen määräykset

Rakentamisen laatu Suomessa on etupäässä taattu noudattamalla suomalaisen rakentamislain yleisiä vaatimuksia (SFS-EN ISO 9000; 9001), jossa määritellään kaikki ehdot ja vastuut sekä sopimuksella urakoitsijan kanssa (Dong ym. 2014, 64). Maankäyttö- ja rakennuslaki velvoittavat rakentajaa varmistamaan välttämättömät rakennusolosuhteet. *RT-kortisto sisältää hyvän rakennustavan määrittävät RT-ohjeet ja yleiset laatuvaatimukset RYL, rakennusalaan koskevat keskeiset lait ja määräykset sekä alan tuotetietoa.* (Rakennustieto.)

Suomessa ei ole mitään rakentamisen lisensointia, mutta kaikki tieto rikkomuksista on julkista, ja tämä tekee hyvin vaikeaksi häikäilemättömien yhtiöiden tulon markkinoille - ne eivät yksinkertaisesti saa tilauksia. Siksi tärkein asia suomalaisille yhtiöille on vahva ja pitkäaikainen liiketoimintamaine. (Behera ym. 2012, 29.)

Rakentamiseen liittyvät säännöt on koottu Maankäyttö- ja rakennuslaissa (MRL) sekä Maankäyttö- ja rakennusasetuksessa (MRA). Nämä säädökset sisältävät rakentamista, rakennuksia, tarkastusta, suunnittelua koskevien viranomaisten ohjeet jne. Nämä säädökset määrittävät yleisiä vaatimuksia rakennustyömaalle (mitat, välimatkat eri objekteihin, rakentamisen sopivuus), teknisiä vaatimuksia (rakennekestävyys, paloturvallisuus jne.) ja yleisiä velvollisuuksia ja rakentajan vastuita (suunnittelu, rakentamisen johtaminen, luvanvaraisuus). Maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL) sisältää määräyksiä ja ohjeita liittyen rakentamiseen, ja MRA:n säännökset sisältävät rakennukselle asetettavat tarkat tekniset vaatimukset. (Olofsson & Mahlia 2012, 91.)

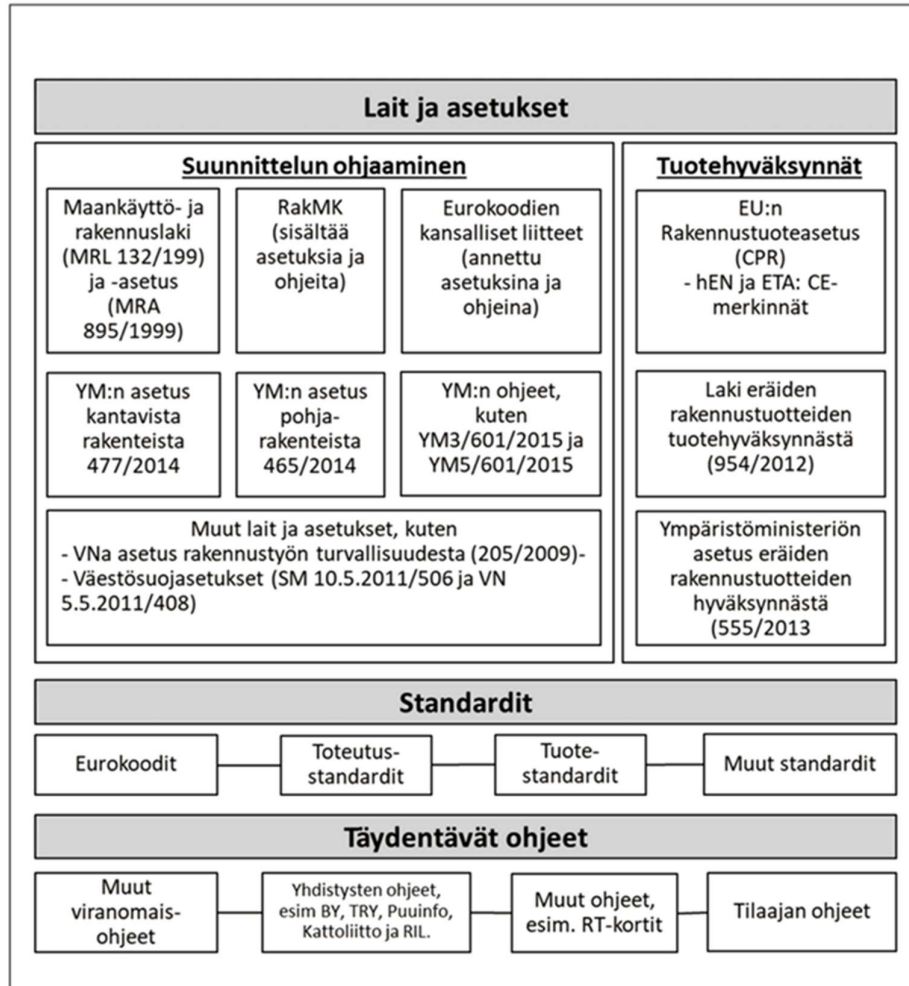
2.1 Rakennesuunnittelun koskevat säädökset

Suunnitelmille ja suunnitteluasiakirjoille on asetettu vaatimukset viranomaissäädösten muodossa, eli eri lait, asetukset ja määräykset. Niistä ovat tärkeimmät maankäyttö ja rakennuslaki (MRL, 132/199) sekä valtioneuvoston ja ympäristöministeriön antamat asetukset. Ympäristöministeriön ohjeet täydentävät säädöksiä. (RIL 229-1-2020, 13.)

Rakentamista koskevat lait ja asetukset, jotka vaikuttavat rakennesuunnitteluun ja suunnitteluasiakirjojen tietosisältöön, täytyy noudattaa kaikissa hankkeissa. Viranomaisten laatimat ohjeet eivät puolestaan ole sitovia, mutta yleisesti käytössä. (RIL 229-1-2020, 26.)

Tilaaaja asettaa vaatimukset rakennesuunnittelun asiakirjoille ja dokumenteille. Jos tilaajan kanssa ei ole sovittu voimassa olevien standardien noudattamisesta, rakennesuunnittelussa voidaan käyttää olemassa olevia ohjeistuksia, kuten esimerkiksi RIL:n ohjeet (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto). (Rintala 2017, 49.)

Kuvassa 1 on esitetty määräysten, standardien ja ohjeiden kokonaisuus suunnittelussa ja toteutuksessa.



Kuva 1. Määräysten, standardien ja ohjeiden kokonaisuus suunnittelussa ja toteutuksessa (RIL 229-1-2020, 27).

2.2 Rakennesuunnittelun päävaiheet

Rakennesuunnittelu edistyy vuorovaikutuksessa tilaajan, projektijohdon, arkkitehtisuunnittelun, muun teknisen ja toteuttajien kanssa. Yleiset vaiheet on havainnollistettu kuvassa 2.

Suunnittelun päätehtävät jaetaan suunnittelijan näkökulmasta seuraavasti (RIL 229-1-2020, 15-16):

- Hankesuunnittelu

Hankesuunnitteluvaiheessa tilaaja asettaa hankkeen läpiviennille ja suunnittelulle tavoitteet. Laadituissa suunnittelun tehtäväluetteloissa on mainittu asiantuntijatehtävät, joissa suunnittelija voi tarpeen mukaan avustaa tilaajaa hankkeen valmistelussa.

- Ehdotussuunnittelu

Ehdotussuunnitteluvaiheessa suunnittelijoiden on laadittava tavoitteiden saavuttamiseksi vaihtoehtoisia suunnitteluratkaisuja hankesuunnitelman mukaan, joista yksi valitaan ehdotussuunnitelmaksi.

- Yleissuunnittelu

Yleissuunnitteluvaiheessa kehitetään ehdotussuunnitelmaa, jotta se olisi kelpoinen yleissuunnitelmaksi. Yleissuunnittelun tuloksena saadaan pääpiirustukset, siihen voi sisältyä erilaisia tilaratkaisun vaihtoehtoja.

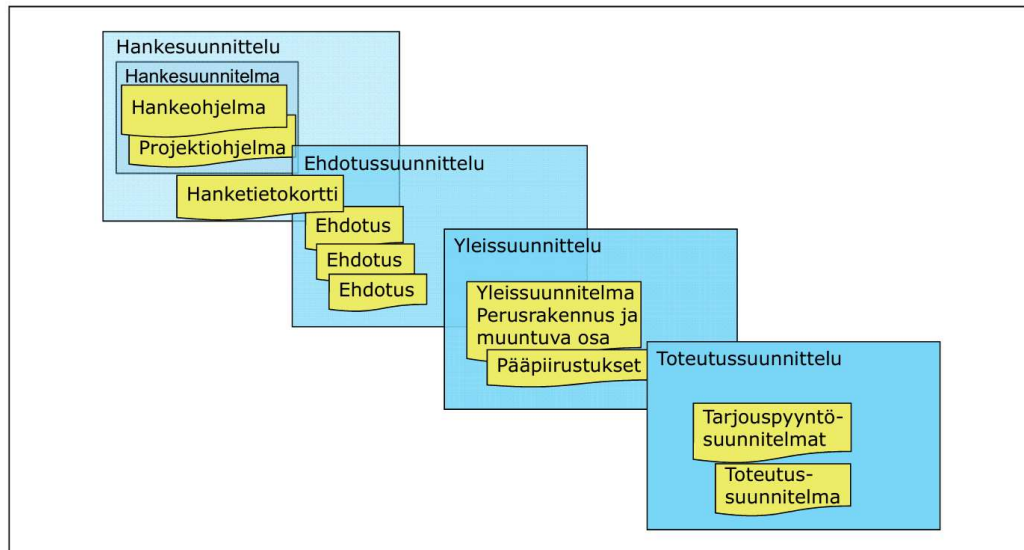
- Rakennuslupatehtävät

Tässä vaiheessa selvitetään lupamenettelyt, jotka edellytetään hankkeelta. Myös varmistetaan pääpiirustusten hyväksyttävyyden ja suunnittelijoiden kelpoisuus. Sen lisäksi laaditaan lupahakemus ja tarvittavat asiakirjat.

- Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnittelussa kehitetään yleissuunnitelmaa, siihen sisältyy tuote- ja järjestelmäosasuunnittelu. Tähän vaiheeseen kuuluvat hankintasuunnittelu (tarjouspyyntösuunnitelmat), jossa laaditaan käyttökelpoiset

toteutussuunnitelmat tarjouspyyntöjen varten ja lopullinen toteutussuunnittelu toteutusta varten.



Kuva 2. Suunnittelun päävaiheet (RIL 229-1-2020, 15).

3 Teollisuusrakennuksen suunnittelu ja sen erityispiirteitä

Teollisuusrakennusten vaativuusluokka ja suunnittelijoille asetetut pätevyysvaatimukset vaihtelevat luokkien V (Vaativa), joka edustaa modulaarisia ratkaisuja, ja luokan PV (Poikkeuksellisen vaativa), joka koskee voimalaitoksia, välillä. (Tuominen 2012, 3.)

Käyttö- ja muuntojoustavuus sekä laajennettavuus ovat tärkeässä roolissa teollisuusrakennusten kannalta. Tuotantolaitoshankkeessa kyse ei ole aina yhdestä prosessista, vaan jatkuvasta prosessista. Yrityksen laajenemisstrategien mukaan rakennusta voidaan muuttaa jatkuvasti tarpeiden mukaan. Oman organisaation tilaaja / rakennuttaja vaikuttaa tämän strategian kehittämiseen. Pääsuunnittelijan rooli tässä on Pääsuunnittelun tehtäväluettelo PS 01 kohdan 1.4 mukainen. Siihen kuuluvat hankkeen lähtötietojen ja suunnittelutavoitteiden tarkistaminen ja mahdollinen täydentäminen (tulevan lisä- ja muutosrakennustöiden edellytysten selvittäminen sekä ratkaisumallien esittäminen). (Tuominen 2012, 4.)

Nopean suunnittelu- ja toteutusaikataulun, käyttö- ja muuntojoustavuuden sekä laajennettavuuden edellytyksenä on, että rakennusrungossa ja ulkokuoressa olevat osat ovat helposti koottavia ja yksinkertaisia. Runkojärjestelmä, joka muodostuu modulaarisista yksiköistä, on joustava ja antaa mahdollisuuden muutoksille. Paikalla rakentaminen on hitaampaa ja kalliimpaa kuin elementtirakentaminen, joka pohjautuu betonisandwich- tai teräspelti-mineraalivillateräspeltielementteihin. (Tuominen 2012, 4.)

Suunnitteluryhmän suuruus on tyypillistä teollisuusrakentamisessa, ja tämä puolestaan luo omat haasteensa suunnitteluprosessin koordinoimisessa ja vastuurajojen selvittämisessä. (Tuominen 2012, 4–5.)

Teollisuusrakentamisen ytimessä on prosessisuunnitelma, jonka ympärille rakennus suunnitellaan. Tämän vuoksi hankkeen avainasemassa on tuotantoprosessisuunnittelija. Prosessisuunnitelman muutosten koordinoimisessa ja ohjauksessa pääsuunnittelijalla on omat haasteet, koska muutokset voivat olla isojakin ja jopa koko suunnitelma joudutaan muuttamaan. (Tuominen, 2012, 5.)

Teollisuusrakentamisen vertailu asunto-, liike- ja toimistorakentamisen kanssa

Teollisuusrakentaminen on suurempaa ja rakenteet ovat massiivisempia, kuin asunto-, liike- ja toimistorakentamisessa. Verrattuna talonrakentamiseen teollisuusrakennuksissa on suuremmat jännevälit ja kuormitukset, sekä rakenteilta edellytetään vaativampaa kemiallista kestävyyttä. Teollisuusrakennusten käyttötarkoituksena on toimia sääsuojana, mutta asuin- ja toimistorakennuksissa on tarkoituksena myös luoda viihtyisyyttä sisätiloissa. (Rahkonen 2017, 32.)

Verrattuna asuin- ja toimistorakennuksiin teollisuusrakenteiden jännevälit ovat eri mittakaavassa, esim. elementtijännepalkit voivat olla pituudeltaan 45 metriä. Sen takia elementtien valmistuksissa, kuljetuksissa ja paikalleen nostossa voi olla haasteita. (Rahkonen 2017, 33.)

Asuinrakentamisessa on alusta alkaen selvää, että rakennusten arkkitehti toimii pääsuunnittelijana, mutta tuotanto- ja voimalaitoksia suunniteltaessa ei aina tarkkaan ole määritelty kenellä on pääsuunnittelijan rooli. Teollisuushankkeessa

useimmiten arkkitehtuuri ei ole avainasemassa, joten järkevämpi on, että rakennesuunnittelija toimii pääsuunnittelijan roolissa. Maankäyttö- ja rakennusasetuksen 48 § edellyttää pääsuunnittelijoilta riittävää kokemusta rakennusalan suunnittelutehtävistä ja rakennusalan ylempää tutkintoa, jos tämä ehto täyttyy pääsuunnittelijana voi olla myös prosessisuunnittelija. (Tuominen 2012, 21.)

Jokainen teollisuuskohde on individuaalinen projekti, jossa on omat vaatimukset ja erikoispiirteet. Asuinrakennukset puolestaan rakennetaan lähes samoilla suunnitelmilla, työvaiheilla ja piirustuksilla, ja lähtötiedot sekä vaatimukset saattavat olla hyvin tarkkoja. (Tuominen 2012, 4-5.)

4 Teollisuusrakentamisen ominaispiirteitä

Suunnitellessaan teollisuuslaitoksia suunnittelijaa ohjaavat etupäässä tuotantoprosessin teknologiset vaatimukset ja vain toissijaisesti rakennuksen arkkitehtuuri. Esimerkiksi putkitekhtaalla on tiukasti määritelty tuotantoprosessin mitat, laitteiden korkeus ja kuorma. Tämä on lähtökohta, jonka ympärille rakennus toteutetaan. Pituus, leveys, ja rakennuksen korkeus, nosturien kuormakyky ja tekniikkalaitteet riippuvat tiukasti prosessilinjasta. Arkkitehtoninen suunnittelu ja rakennesuunnittelu ovat toissijaisia. (Afshari ym. 2017, 3.)

Teollisuusrakennuksissa kantava runko tehdään useimmiten pilari-palkkirunkona. Nämä rakennukset ovat yleensä yksikerroksisia halleja. Mutta myös niihin voidaan liittää useampikerroksisia apu- ja toimistotiloja. Muunneltavuuden takia vaakarakenteiden jännevälit ovat pitkiä ja kantavia pystyrakenteita on vähän. Käyttämällä vaakarakenteissa suuria rakennekorkeuksia saadaan pitkät jännevälit. Rungon jännevälien ja rakenteiden sijaintiin ei voida aina suoraan vaikuttaa, koska teollisuusrakentamisessa runko suunnitellaan tuotantotoiminnan ehdoilla. Mahdollisuus muutoksiin täytyy huomioida jo suunnitteluvaiheessa, koska rakennuksen tulevaa toimintaa ei tiedetä etukäteen ja tuotantotoimintaa voidaan joutua muuttamaan ajan kuluessa. (Elementtisuunnittelu.)

4.1 Perustukset

Anturoilla perustettava kantava runko tehdään kantavalle maapohjalle tai paalujen varaan yleensä paikallavaluna. Julkisivut ovat useimmiten ei-kantavia, jolloin perustuksia ei tarvita, vaan tuenta tapahtuu pilareille tai pilarianturoille. Perustuksille kokoa valitessa määräävinä tekijöinä ovat tulevat kuormat ja maapohjan kantavuus. (Elementtisuunnittelu.)

4.2 Pystyrakenteet

Pilarirunko toimii yleensä kantavana pystyrakenteena ja se toimii usein myös jäykistävänä rakenteena, joka ottaa vastaan mm. tuuli-, vinous-, sekä nosturikuormat. Vaakarakenteissa pilariverkko on harva ja ulkoseinillä on tarpeen laittaa lisäpilareita. Yläpohjapalkeissa täytyy huomioida tukipintojen riittävyys, sillä niihin kohdistuu isot tukireaktiot. (Elementtisuunnittelu.)

Väli- ja yläpohjissa sen sijaan kuormat ovat vielä suurempia kuin yläpohjassa ja tämän lisäksi palkin korkeus on rajoitettu ja tästä syystä välikannatus on tarpeen. Välikannatus tuetaan lisäpilareille tai kylkiin ja myös yläpohjan konsoleja käytetään tässä apuna. (Elementtisuunnittelu.)

4.3 Vaakarakenteet

Jänneväli ja kuormitus vaikuttavat siihen, ovatko palkit teräsbetonia vai jännitettyjä. Pitkien jännevälien tapauksissa I- ja H-palkit ovat ehdottomia ja HI-palkin kanssa saadaan vesikatolle harjamainen muoto tilaa säästäten. Palkit ovat vapaasti tuetut ja yksiaukkoiset ja niiden poikkileikkaus valitaan eniten rasittuvien palkkien ehdoilla. Myös ankkuriraudoituksen tilantarve on huomioitava. (Elementtisuunnittelu.)

Väli-, ja yläpohjissa käytetään jännitettyjä ontelo-, kuori-, ja TT-laattoja ja ontelo-laattojen suhteen se voidaan myös mitoittaa toimimaan liittorakenteena palkkien kanssa. TT-laatat ovat erinomaisia pitkillä jänneväleillä tai kun yläpohjan painolle on tehtävä kevennystä sekä isoissa kuormissa. TT-poikkileikkauksilla on olemassa valmiita standardikokoja niin mittojen kuin käyttötarkoituksen mukaan. (Elementtisuunnittelu.)

Teollisuusrakennuksissa alapohjille tulee yleensä suuret kuormat ja muita erikoisvaatimuksia mm. lattian tasaisuudessa on tarkat kriteerit. Alapohjan tiiveys on aina tarkistettava, jottei haitallisia ilmapuotoja tai radonkaasuja pääse sisätiloihin. (Elementtisuunnittelu.)

4.4 Julkisivut

Julkisivut kiinnitetään pilareihin ja ne ovat rakenteeltaan nauhamaisia. Nauhat voidaan asentaa myös pystysuuntaisesti, jolloin kiinnitys tapahtuu rakennuksen ala- ja yläpinnasta. Julkisivuissa käytetään useimmiten sandwich-elementtejä. Kylmissä tiloissa eristetyille sandwich elementeille ei ole tarvetta, vaan silloin käytetään lähinnä sääsuojaavia rakenteita. (Elementtisuunnittelu.)

5 Rakennesuunnittelun asiakirjat

Tietoteknisen välineiden avulla, kuten mallinnusohjelmilla, CAD-järjestelmillä, tekstinkäsittely- ja taulukkolaskentaohjelmilla sekä erillisillä laskenta- ja mitoitusohjelmilla tehdään suunnitteluasiakirjat. Suunnitteluryhmän eri osapuolten suunnitelmat säilytetään kohteen "tietopankissa". Suunnittelu siirtyy asiakirjakeskeisestä suunnittelusta tietomallipohjaiseksi (BIM). Tietomalli kehittää hankkeen tiedonhallintaa ja optimoi suunnittelutyötä ja tuotantoa. Perinteisten asiakirjojen lisäksi mallista saadaan uudentyyppisiä tulosteita, jotka käyttäjä määrittelee tarpeidensa mukaan. (RIL 229-1-2020, 25.)

Kirjalliset asiakirjat, piirustukset, luettelot ja laskelmat kuuluvat asiakirjakokonaisuuteen, joka syntyy rakennesuunnittelusta. Jos suunnitteluasiakirjoissa ilmenee ristiriitaisuuksia niin suunnitteluasiakirjat ovat yleensä pätevyysjärjestyksessä seuraavasti: työselostus, määräluettelo ja piirustus. (RIL 229-1-2020, 25.)

Suunnitteluasiakirjojen kannalta on erityisen tärkeää ottaa huomioon seuraavat asiat:

- selkeät ja käyttötarkoitukseen sopivat
- yksiselitteiset asiat ja tiedot
- ei ristiriitaisuuksia eikä turhaa tietoa

- sisältö ja tarkkuus vastaa rakennusprosessin ko. vaiheen ja tiedon käyttäjien tarpeita ja vaatimuksia
- tulosteiden käyttökelpoinen koko
- tarkastus ja hyväksyntä sovitun menettelyn mukaan. (RIL 229-1-2020, 25.)

Ympäristöministeriön asetuksen rakennesuunnitelmiin liittyvien määräysten mukaan rakennepiirustuksiin kuuluvat yleensä paalutus-, perustus-, taso-, vesikatto-, leikkaus-, rakenneosaj- ja yksityiskohtapiirustukset sekä elementtien valmistus-, asennus- ja sijoituspiirustukset. Niissä esitetään rakennuksen perustaminen, rakenteet ja niiden sijoitus tunnuksineen, mitat ja yksityiskohdat, kuten raudoitukset, kiinnitykset, liitokset, reiät ja heikennykset, rakenteiden ja niiden materiaalien ominaisuudet kantavuuden, äänen-, lämmön-, kosteuden- ja vedeneristyksen, paloturvallisuuden ja säilyvyyden suhteen sekä henkilöturvallisuuden kannalta merkittävien kaiteiden, suojarakenteiden, tikkaiden ja kattosiltojen rakenne. (RIL 229-1-2020, 31.)

Rakennesuunnittelun piirustustyypit

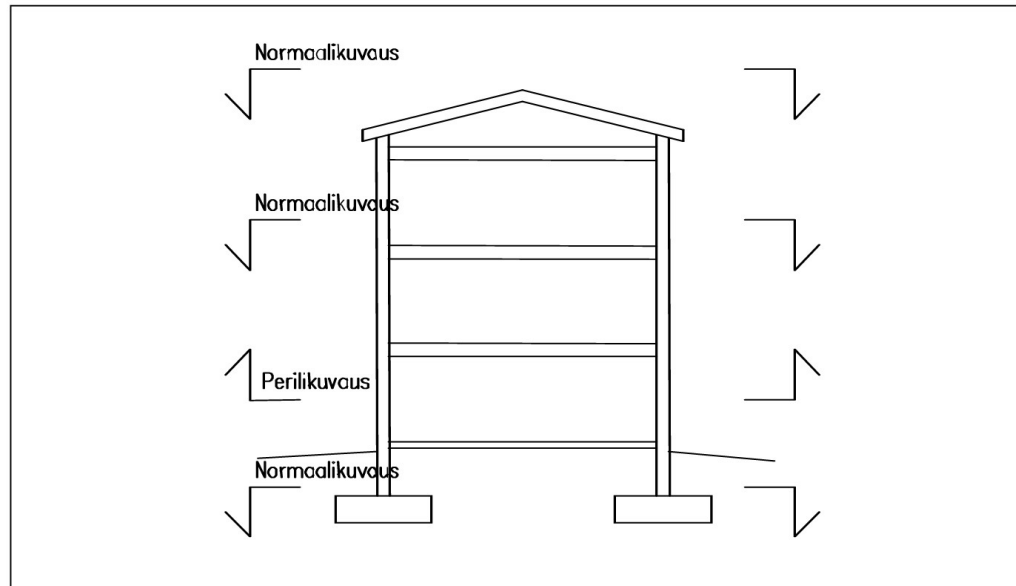
Suunniteltavaan rakennuksen kuvaamiseen käytetään erityyppisiä piirustuksia, jotka sisältävät erilaisia piirroksia.

Tasopiirustukset

Tasopiirustus sisältää vaakaleikkauspiirroksen rakennuksen rakenteista. Tasopiirustuksia laaditaan erityisesti kantavista rakenteista (esim. perustuspiirustus sekä tasojen mittapiirustukset ja raudoituspiirustukset), mutta myös muista rakenteista (esim. vesikattopiirustukset). Piirustuksessa esitetään rakenteet niihin liittyvine tietoineen (mitat, tunnuksat, kuormat, rakennusaineet, korot jne.) (RIL 229-1-2020, 137.)

Rakenteet useimmiten demonstroidaan normaalikuvauksena (kuva 3) ylhäältä alaspäin. Peilikuvauksena, jonka kuvaussuunta on alhaalta ylöspäin, käytetään talonrakennuksen kerroksen kantavien pysty- ja vaakarakenteiden yhdistetyssä ta-

sopiirustuksessa. Normaalikuvausta puolestaan käytetään yleensä elementtirakenteiden ja perustusten piirustuksissa sekä vesikatteen piirroksessa. (RIL 229-1-2020, 137.)



Kuva 3. Normaali- ja peilikuvaussuunnat. (RIL 229-1-2020, 137)

Rakenteen sijaintikaaviossa voidaan osoittaa kuvaussuunta. Vaakaleikkauksena esitettävät rakenteet sijoitetaan tarkoituksenmukaisesti kohteen esittämisen kannalta. Tasopiirroksessa valittuihin moduulilinjoihin sidotaan rakenteiden vaakasuuntainen asema. Yleensä mitoitus tehdään jonomitoituksena, mutta erikoistapauksissa voidaan myös suorittaa perusviivamitoituksena. Rakenteiden korkeussuuntainen asema ilmoitetaan joko normaalinollatasoon verrattuna tai tähän tasoon sidotusta rakenteesta mitattuna, poikkeuksellisesti on mahdollista käyttää muutakin perustasoa. (RIL 229-1-2020, 138.)

Rakenneosapiirustukset

Rakenneosia ovat muun muassa pilarit, palkit, laatat, seinät, ristikot ja muut vastaavat rakenteet. Rakenteen tarkoituksenmukaiseksi kuvaukseksi on laadittava rakenneosapiirustus. Rakenneosista on esitettävä leikkaus- ja detailjipiirroksia, näitä on laadittava riittävä määrä rakenteen muodon ja yksityiskohtien selventämistä varten. (RIL 229-1-2020, 138.)

Leikkauspiirustukset

Rakenteen pystyleikkauspiirroksia sisältävät leikkauspiirustukset on laadittava tasopiirustuksissa esitettyjen rakenteiden tietojen havainnollistamiseksi ja täydentämiseksi. Näihin esitettäviin tietoihin kuuluu esimerkiksi rakenteiden lämpö-, kosteus-, ja äänieristystä, palosuojasta jne. Leikkauksen kuvaussuunta on oltava yksiselitteinen. (RIL 229-1-2020, 138.)

Osapiirustukset

Tarvittavien erillisten osien mitta- ja laatutiedot esitetään osapiirustuksilla rakennosien kokoamista tai valmistamista varten (RIL 229-1-2020, 138).

Detaljiirustukset

Taso-, rakenneosaj-, leikkaus- ja osapiirustukset selvennetään ja täydennetään detaljiirustuksilla esittämällä rakenteiden yksityiskohtia. Liitosdetaljiirustukset, rauditusdetaljiirustukset, lämpö-, kosteus- ja ääneneristysdetaljiirustukset ovat tyyppilisiä detaljiirustuksia. Leikkaus- tai rakennusosapiirustuksissa voidaan esittää yksittäisen detaljiirroksen. (RIL 229-1-2020, 138.)

Havainnepiirustukset

Perspektiivikuville esitetään monimutkaisia rakenteita ja niiden liittymiä toisiinsa. Nämä piirustukset ovat apuna, kun laaditaan asennussuunnitelmaa ja -järjestystä. (RIL 229-1-2020, 138.)

6 Tietomallipohjainen suunnittelu

Rakennesuunnittelun tehtäväkenttä on muuttunut ja rakentamiseen tarvittavien asiakirjojen tuottamisesta on siirrytty rakennuksen elinkaaren ajalla tarvittavan tiedon tuottamiseen. Tietomallivaatimukset 2012 ja BEC 2012 -ohjeet määrittelevät yleiset periaatteet tietomallipohjaiselle suunnittelulle. Nämä periaatteet täytyy noudattaa hankekohtaisten päätösten mukaisesti. (RIL 229-1-2020, 60.)

Rakennusten mallinnuksen tavoitteena on hanke- ja elinkaari-prosessin tukeminen, johon kuuluu suunnittelun ja rakentamisen laatu, tehokkuus, turvallisuus ja kestävä kehitys. (RIL 229-1-2020, 60.)

Tietomallit tekevät kykeneviksi seuraavat asiat:

- investointipäätösten tukeminen vertailemalla ratkaisujen toimivuutta, laajuutta ja kustannuksia
- energia-, ympäristö- ja elinkaarianalyysit ratkaisujen vertailua, suunnittelua ja ylläpidon tavoiteseuranta varten
- suunnitelmien havainnollistaminen ja rakennettavuuden analysointi
- laadunvarmistus, tiedonsiirron parannus ja suunnitteluprosessin tehostus
- rakennushankkeiden tietojen hyödyntämisen käyttö ja ylläpidon aikaisissa toiminnoissa. (RIL 229-1-2020, 60.)

6.1 Tietomallivaatimukset 2012

Tietomallivaatimukset 2012 koskevat uudis- ja korjausrakentamiskohteita, rakennusten käytön ja ylläpidon. Urakoitsijoiden ja tilaajien omien tietomalliohjeiden noudattamisesta täytyy sopia yhteisesti. Näistä vaatimuksista selviää mallinnuksen ja mallien tietosisällön vähimmäisvaatimukset, jotka täytyy noudattaa kaikissa rakennushankkeissa. Tarpeen mukaan voidaan esittää tapauskohtaisia lisävaatimuksia. Kaikissa suunnittelusopimuksissa täytyy esittää mallinnusvaatimukset ja -sisältö yhdenmukaisesti ja sitovasti. Nämä vaatimukset liittyvät seuraaviin ohjeisiin:

- yleinen osuus
- lähtötilanteen mallinnus
- arkkitehtisuunnittelu
- talotekninen suunnittelu
- rakennesuunnittelu
- laadunvarmistus
- määrälaskenta
- mallien käyttö havainnollistamisessa
- mallien käyttö talotekniikan analyyseissä
- energia-analyysit

- tietomallipohjaisen projektin johtaminen
- tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana
- tietomallin hyödyntäminen rakentamisessa
- tietomallin hyödyntäminen rakennusvalvonnassa. (RIL 229-1-2020, 61.)

6.2 BEC 2012

BEC 2012 on projekti, jossa Tekla Oyj, betonielementtiteollisuus ja eräät rakennesuunnitteluyritykset parantavat yhdessä betonielementtien kolmiulotteista suunnittelua, tiedonsiirtoa ja tietomallinnusta. BEC 2012 -ohjeen tavoite on asettaa pelisääntöjä betonielementtien tietomallinnukselle. Ohjeistuksessa annetaan yleisiä vaatimuksia ja tarkennettu ohje perustuen Tekla Structures -ohjelman toimintoihin.

Ohjeen tehtävänä on määritellä mallin oikea sisältö, jotta tekijästä riippumatta mallit toteutetaan samankaltaisina. Projektin etuna on mallin hyödyntävyys, jonka edellytyksenä on samansisältöinen malli. Jos kaikki mallit toteutetaan samalla tavalla ohjeen mukaan, elementtiteollisuudessa ja työmaalla pystytään siirtää tiedot luotettavasti suoraan mallista. (Betoniteollisuus ry. 2016, 6.)

6.3 IFC

IFC eli Industry Foundation Classes on yhteinen tapa kuvata malleja tietomalliohjelmistoissa. Lisäksi sillä voidaan tarkoittaa avointa tiedonsiirtomuotoa, joka on kehitetty tiedonsiirtoa varten, jotta tiedot voidaan siirtää suunnitteluohjelmistosta toiseen. Tekla Structures myös tukee kyseistä tiedostomuotoa. Jotta malli on luettavissa muillakin ohjelmistoilla, jotka tukevat IFC -tiedostomuotoa, projektille ja sen rakenneosille on määritettävää IFC-standardin mukaiset tunnistetiedot. Tällä hetkellä ohjelmistoissa tavallisesti käytetään versiota IFC 2x3, vaikka on jo julkaistu seuraava versio IFC 4. (BuildingSMART Finland.)

6.4 Tulosteet

Tietomallista tuotettavia tulosteita ovat muun muassa perinteiset suunnitteluasiakirjat eli piirustukset, työselostukset jne., asiakirjat, joissa vapaasti yhdistettävissä grafiikkaa, tekstiä ja luetteloita, määrätiedot halutussa muodossa, työvaihekohtaiset piirustukset ja ”täsmätulosteet”, 3D-kuvaukset hankkeen eri vaiheista

tai rakennuksen valituista osista, rakennusprosessia palvelevat logistiikkatiedot ja kiinteistöhallinnan lähtötiedot. (RIL 229-1-2020, 61.)

Tietomallista voidaan tulostaa nykykäytännöstä poikkeavia asiakirjoja, joiden lähtökohtana on käyttäjän itse määrittelemät tietotarpeet. Sen myötä nykyisten kiinteämuotoisten suunnitteluasiakirjojen merkitys vähenee. Tietomallipohjaisen suunnittelun avulla tietojen toimittaminenkin on entistä helpompaa sähköisesti. (RIL 229-1-2020, 61.)

6.5 Projektikohtaiset tavoitteet

Mallien ja mallien hyödyntämiselle on asetettava hankekohtaiset tavoitteet ja pääpaino mallinnuksen onnistumiseksi. Nämä tavoitteet voivat olla esimerkiksi: hankkeen päätöksentekoprosessin tukeminen, osapuolten sitouttaminen hankkeen tavoitteisiin mallin avulla, suunnitteluratkaisujen havainnollistaminen, apu suunnittelun ja suunnitelmien yhteensovittamiseen, rakennusprosessin ja lopputuotteen laadun nostaminen ja varmistaminen, rakentamisaikaisten prosessien tehostaminen, turvallisuuden parantaminen rakentamisen aikana ja elinkaarella, hankkeen kustannus- ja elinkaarianalyysien tukeminen, hankkeen tietojen siirtämisen tukemista käytönaikaiseen tiedonhallintaan. (RIL 229-1-2020, 61.)

7 Piirustustuotanto Tekla Structures -ohjelmalla

Teollisuuden ja asuntosuunnittelun piirustustuotannossa on olemassa erilaisia BIM-ratkaisuja. Yksi suosituimmista ohjelmista on Tekla Structures. Sen avulla voidaan luoda, yhdistellä, hallita ja jakaa kattavia tietomalleja. Tietoja voidaan tuoda ja viedä sekä linkittää niitä muihin digitaalisiin rakennustyökaluihin, ohjelmistoratkaisuihin ja valmistuskoneisiin. Ohjelma antaa mahdollisuuden kaikkien materiaalien ja monimutkaisimpien rakenteiden käytön koko hankkeen elinkaaren ajan. Tekla Structures -ohjelmalla luodaan tarkkoja ja paljon tietoja sisältäviä tietomalleja. Nämä mallit vastaavat tarkasti todellisuutta ja sisältävät kaikki rakenteen rakentamiseen ja kunnossapitoon tarvittavat rakennetiedot. Samalla se minimoi kalliit yllätykset ja parantaa hankkeiden kannattavuutta. Tekla Structures vastaa paikallisen rakennusalan standardeja ja on saatavilla 17 kielellä ja 32 ympäristössä. (Trimble.)

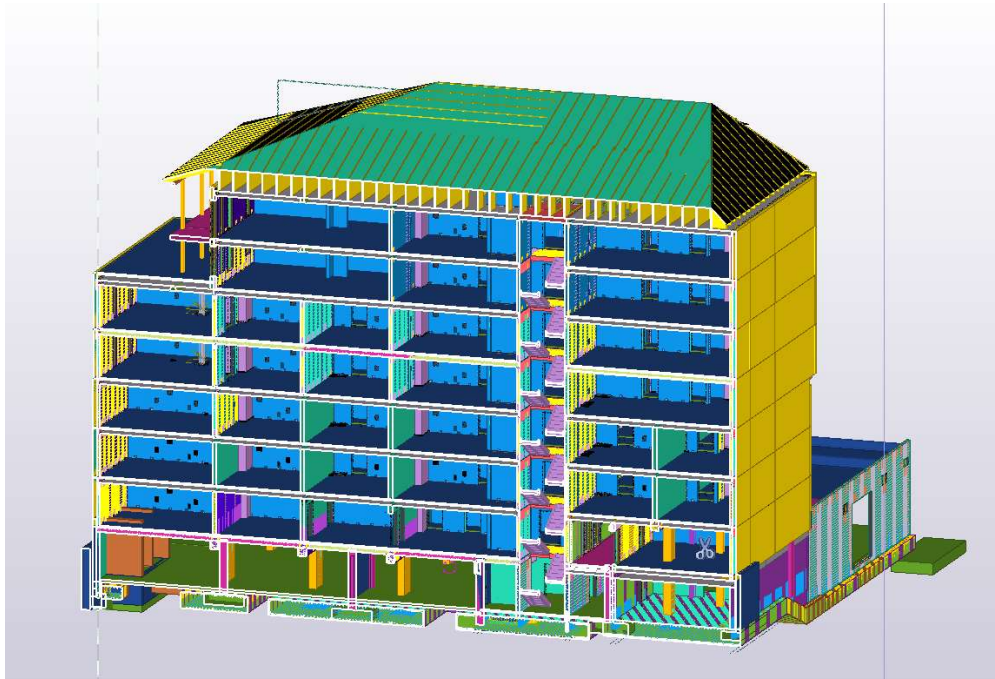
BIM-pohjaiset työkalut (esim. Bentley AECOsim Building Designer, Tekla Structures, Revit MEP ja Navisworks) pystyvät käsittelemään erityyppisiä tietojen syötöjä (esim. 3D-suunnittelu, energiamallit, grafiikat, kustannusarviot) ja tarjoavat kattavat mallinnusominaisuudet ja visualisoinnit, joiden avulla insinöörit ja urakoitsijat voivat seurata ja hallita projektejaan tehokkaasti. Lisäksi ne tukevat kestäväen kehityksen periaatteiden käyttöä (esim. jätteen vähentäminen, energiansäästö, terveelliset sisäympäristöt) projektinhallinnan optimoimiseksi koko suunnittelun ja rakentamisen ajan. (Olofsson ym. 2012, 432–438.)

BIM -markkinoilla Tekla Structures kilpailee AutoCADin, Autodesk Revitin, DProfilerin ja Digital Projectin, Lucas Bridgen, PERICadin ja muiden kanssa. Tekla Structures tukee suuria malleja, joissa on useita samanaikaisia käyttäjiä, mutta sitä pidetään suhteellisen kalliina, vaikeasti opittavana ja perusteellisesti käytettävänä. Tekla Structures täyttää Industry Foundation Classes- eli IFC-vaatimukset noin 40 muun kilpailevan järjestelmän joukossa. Tekla Structures -ohjelma antaa mahdollisuuden työskennellä suurten projektien parissa ja luoda projekti-kohtaiset rakenteiden ratkaisut, ulkoasu- ja dokumentointityökalut, integrointi CNC-koneisiin sekä valtava määrä automaattisia toimintoja, jotka ovat suunnattu suunnittelijoiden tehtäviin. (Olofsson ym. 2012, 432–438.)

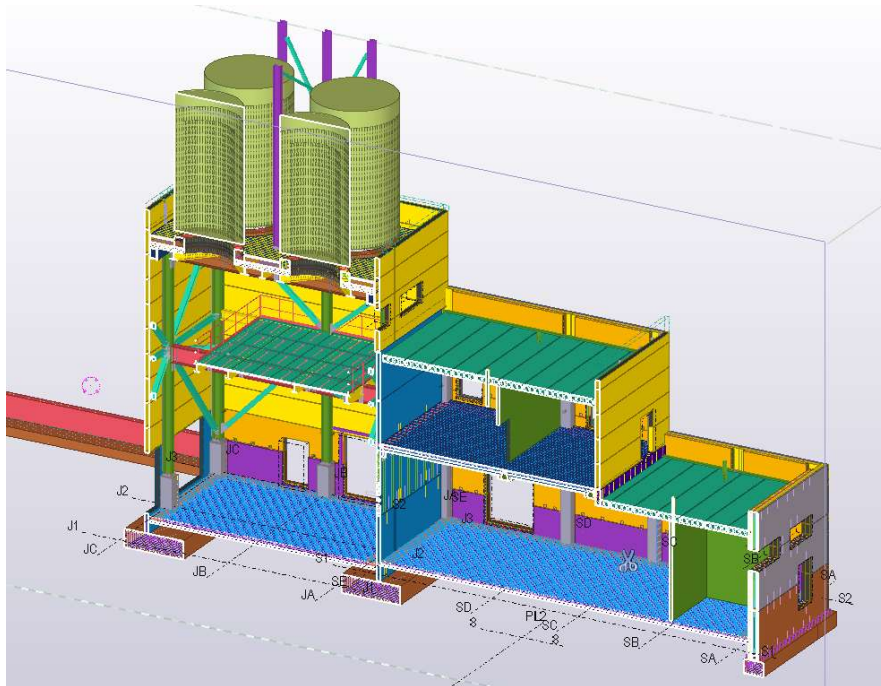
Teollisuusrakenteiden piirustustuotanto verrattuna asuntorakenteiden piirustustuotantoon

Asuntorakenteiden piirustustuotannossa on paljon piirustus pohjia, niiden asetuksia ja ohjeita, mutta ne eivät täysin vastaa teollisuuden tarpeisiin. Kun luodaan GA-piirustukset teollisuusrakenteista, useimmiten joudutaan muokkaamaan olemassa olevat piirustus pohjat. Muokkaaminen vie aikaa, etenkin jos tekijällä ei ole tarvittavaa osaamista.

Kuvissa 4 ja 5 on esitetty esimerkkinä Tekla Structures -ohjelmalla mallinnetut kohteet.



Kuva 4. Asuinrakennusten suunnittelu Tekla Structures -ohjelmalla (Ponoma-
reva).



Kuva 5. Teollisuusrakennusten suunnittelu Tekla Structures -ohjelmalla (Pono-
mareva).

Tekla Structures -ohjelman käytön näkökulmasta, jos verrataan asuinrakennussuunnitteluun, teollisuusrakennussuunnittelussa käytetään lisäksi rakennusmateriaaleja, joita harvemmin on käytössä asuinrakentamisessa, esim. paroc, pölmulevy, ritilät jne. Teollisuusrakentamista varten piirustustuotannossa täytyy osata muokata valmiit piirustus pohjat ja asetukset, koska ne sopivat enemmän asuinrakentamiseen.

8 Kehittämistarpeiden selvitys haastattelujen avulla

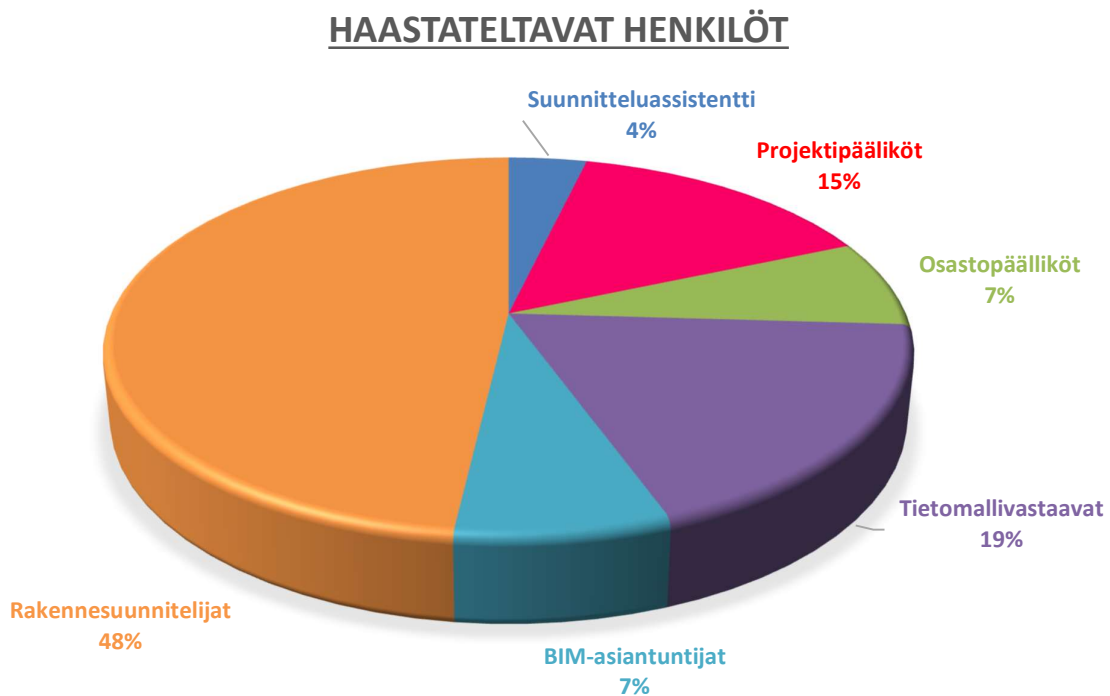
Kehittämistarpeiden selvitys on suoritettu kvalitatiivisen tutkimusmenetelmän avulla. Kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus on menetelmäsuuntaus, jota käytetään ihmistieteissä ja kun pyritään ymmärtämään tutkittavaa ilmiötä.

Tutkimuksen aineistonhankintamenetelmänä on käytetty puolistrukturoitua haastattelua. Puolistrukturoitu haastattelu sopii tilanteisiin, joissa on tarkoitus saada tietoa juuri tietyistä asioista, eikä haastateltaville ole tarpeellista antaa kovin suuria vapauksia haastattelutilanteessa, ja se etenee niin, että kaikille haastateltaville esitetään samat kysymykset samassa järjestyksessä. (KvaliMOTV.)

8.1 Haastattelukysymykset

Tekla Structures -ohjelmalla tehtävän teollisuuspuolen piirustustuotannon ja ohjeiden kehittämistarpeiden selvittämiseksi haastateltiin toimeksiantajayrityksen työntekijöiltä. Haastattelupyynnö ja haastattelulista lähetettiin etukäteen neljälle toista eri osaston työntekijälle. Haastattelupyynnöön vastasi neljätoista henkilöä. Kaikkien kanssa haastattelu pidettiin eri aikaan ja osa niistä toteutettiin kasvotusten ja osa Skypen kautta. Kaikki keskustelut nauhoitettiin ja tehtiin muistiinpanot. Haastateltavat valikoitiin kokemuksensa perusteella, joka liittyi Tekla Structures -ohjelmalla suoritettavan mallintamiseen ja piirustustuotantoon teollisuuspuolella. Kysymyslista on esitetty liitteessä 1.

Haastateltavina olevat henkilöt työskentelevät eri asemassa, kuten rakennesuunnittelijat, projektipäälliköt, osastopäälliköt, tietomallivastaavat, BIM-asiantuntijat ja suunnitteluassistentti. Kuvassa 6 on esitetty haastateltavien asemien jakautuminen yrityksessä. Heidän roolinsa projekteissa on yleensä ollut elementtisuunnittelija, rakennesuunnittelija, mallivastaava ja tietomallivastaava, lujuuslaskennan tekijä, mallintaja, vastaavasuunnittelija ja projektisuunnittelija. He ovat osallistuneet erilaisiin projekteihin, kuten asuinkerrostalo-, teollisuus-, liike-, toimisto- ja koulukohteisiin.



Kuva 6. Haastateltavat henkilöt (Ponomareva).

Haastatteluun osallistujat ovat käyttäneet Tekla Structures -ohjelmaa betonielementtien sekä teräs- ja betonirakenteiden suunnittelussa. Ohjelmalla on tehty muun muassa elementtipiirustuksia, teräsrakenteiden konepajasuunnitelmia sekä näihin liittyviä luetteloita, raudoitus-, tartunta-, taso- ja mittapiirustuksia sekä yleis- ja rakenneleikkauksia.

Haastateltavat ovat tietoisia Swecon nimeämis- ja numerointiohjeesta, minkä mukaan pitää suorittaa mallinnus ja numerointi Tekla Structures – ohjelmassa, mutta piirustustuotantoprosessia täytyy vielä kehittää.

Kysymyslista oli hyväksytty yrityksen ohjaajien kanssa. Kysymysten pääsuuntana on ollut haastateltavien Tekla Structures -ohjelman mahdollisuuksien ja työkalujen käyttö teollisuuskohteisiin liittyvässä piirustustuotannossa, kuinka hyvin he osaavat käyttää valmiita piirustusohjelmia ja asetuksia, mihin haasteisiin oli törmätty sekä muita tarpeita ohjelman käytössä. Kyselyn avulla oli pyritty selvittämään lähtötilanne ja löytämään parannettavat asiat.

8.2 Kehitettävät asiat

Haastattelujen kautta kehitettäväksi nousivat esiin seuraavat asiat:

1. projektin alussa yhteisten toimintamallien sopiminen (projektikohtaiset mallinnussäännöt)
2. tärkeimmät ohjeistukset seuraavista:
 - a. projektikohtaisen piirustusohjelman ja sen asetusten luominen
 - b. valmispiirustusohjelmien ja näkymäasetusten muokkaaminen
 - c. OBLS:n toiminta
3. valmispiirustusohjelmat teollisuushankeisiin
4. ohjeistuksien saavutettavuus (navigointijärjestelmä)
5. ohjeistus määräluetteloiden tuottamiseen mallista

9 Työn lopputulos

Selvityksen tulosten perusteella on ilmennyt paljon kehitettäviä asioita. Tämä työ on rajattu koskemaan nimenomaan piirustustuotannon prosessin parantamista. Tehokas piirustustuotannon prosessi perustetaan tiukalla mallinnuskurilla ja noudattamalla projektikohtaisia pelisääntöjä. Mallinnusvaiheessa pitää noudata yrityksen omaa numerointi- ja nimeämisohjetta, jotta kaikki valmiit piirustusohjelmat ja asetukset toimivat hyvin. Työn tuloksena on tehty ohje ja video, joiden mukaan mallintaja pystyy tehokkaasti käyttämään Tekla Structures -ohjelman mahdollisuuksia ja työkaluja piirustusten tuotannossa. Ohjeessa on selitetty ensin tärkeä konsepti

piirustusten kolmesta ominaisuustasosta, jotta voidaan muokata oikealla tavalla valmiit piirustusohjeet ja asetukset sekä luoda oma piirustusohje ja näkymäasetukset. Sen jälkeen ohjeistuksessa on selitetty, miten muokataan valmiit piirustusohjeet ja asetukset projektin tarpeisiin käyttämällä Object level settings. Videossa on esitetty, miten Object Level toimii käytännössä, on näytetty esimerkkinä, miten luodaan omat asetukset selittämällä mikä asia vaikuttaa mihinkin.

Lisäksi on tehty valmispöytäohje ja näkymäasetukset teollisuushankkeisiin. Eli on tehty taso- ja mittapiirustusohje rakennukselle, jossa on käytetty monenlaisia rakenteita, esim. paikallavalu, elementit, teräsrakenteita, paroc-elementit, poimulevyt jne.

10 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli toimeksiantajayrityksen pyynnöstä selvittää, mitä teollisuuspuolella tarvitaan piirustusohjeiden ja ohjeiden parantamiseksi. Kehitettävät asiat ovat tulleet esiin haastattelujen avulla. Selvityksen tulosten perusteella oli toteutettu ohje ja video, jotka parantavat Tekla Structures -ohjelman piirustusohjeiden prosessia, selittämällä mikä on OBL, miten muokata valmiit piirustusohjeet ja näkymäasetukset sekä miten luoda oman projektikohtaisen piirustusohjeen ja asetukset. Tämän lisäksi oli tehty valmispöytäohje ja näkymäasetukset teollisuushankkeita varten.

Tämän tuloksien toteuttaminen vei odottamattomasti paljon enemmän aikaa kuin oli suunniteltu työn alussa. Siihen vaikuttivat muutamat asiat. Esteenä oli Covid-19 ilmaantuminen, joka vaikutti yhteydenpitoon toimeksiantajan kanssa. Sen lisäksi kului paljon aikaa asian perehtymiseen sekä empiriaosuuden toteutustyökalujen selvittämiseen. Uuden materiaalien sisäistämiseksi kirjallisen ohjeen lisäksi oli tehty ohjevideo, jotta siinä käsiteltävät asiat olisivat helpommin sisäistettävissä. Videon tekemiseen on mennyt taas paljon aikaa, koska oli löydettävä sopiva ohjelmisto ja oppia käyttämään sitä.

Saatujen tulosten perusteella jatkotutkimusideana voisi selvittää, miten jaetaan tehokkaasti tiedot uusille Tekla Structures -ohjelmalla työskenteleville työnteki-

jöille sekä muille mallintajille, jotka haluavat kehittää omia taitoja. Toimeksiantajayrityksellä on niin paljon ohjeistusta Tekla Structures -ohjelmaan liittyen ja suunnittelijoilla on yleensä kiire eikä ole riittävästi aikaa etsiä tarvittavia ohjeistuksia, näin ilmenee tarve hyvästä navigoinnista eli olevissa olevien ohjeistuksien saavutettavuuden parantaminen. Lisäehdotuksena voisi olla älykkäiden ponnahdusikkunoiden toteuttaminen, jotka auttavat mallintajille löytämään tarvittavat ohjeet ja tiedot helposti ja nopeasti. Tässä vaaditaan sekä Tekla Structures -ohjelmaan perehtymistä, että ohjelmoinnin osaamista, jotta voidaan toteuttaa ponnahdusikkunat ohjelmaan ja siinä olevin linkkien kautta olisi mahdollista päästä suoraan tarvittavaan ohjeistukseen.

Lähteet

Afshari, H., Farel, R., Peng, Q., 2017. Improving the Resilience of Energy Flow Exchanges in Eco-Industrial Parks: Optimization under Uncertainty. ASCE-ASME J. Risk Uncertain. Eng. Syst., Part B: Mechanical Eng. 3.

Behera, S. K., Kim, J. H., Lee, S.Y., Suh, S., Park, H. S., 2012. Evolution of 'designed' industrial symbiosis networks in the Ulsan Eco-industrial Park: 'research and development into business' as the enabling framework. J. Clean. Prod. 29, 103-112.

Betoniteollisuus ry. 2016. BEC2012 Elementtisuunnittelun mallinnusohje_v109. Viitattu 10.3.2021 [file:///C:/Users/fievqp/Downloads/BEC2012%20Elementtisuunnittelun%20mallinnusohje_v109%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/fievqp/Downloads/BEC2012%20Elementtisuunnittelun%20mallinnusohje_v109%20(1).pdf)

Buildingsmart. Standardit. Viitattu 18.10.2020. Saatavissa <https://buildingsmart.fi/standardit/>

Dong, H., Ohnishi, S., Fujita, T., Geng, Y., Fujii, M., Dong, L., 2014. Achieving carbon emission reduction through industrial & urban symbiosis: A case of Kawasaki. Energy 64, 277- 286.

Elementtisuunnittelu. Teollisuus- ja varastorakennukset. Viitattu 6.1.2021 <https://www.elementtisuunnittelu.fi/rakennejarjestelmat/teollisuus-ja-varastorakennukset>

KvaliMOTV. Strukturoitu ja puolistrukturoitu haastattelu. Viitattu 30.11.2020. Saatavissa https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L6_3_3.html

Olofsson, T., & Mahlia, T. M. I. (2012). Modeling and simulation of the energy use in an occupied residential building in cold climate. Applied Energy, 91(1), 432–438.

Rahkonen, J. 2017. Metsäteollisuuden rakenteet Lean-ajattelu osana rakennusprojektia. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 9.12.2020. Saatavissa https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/127779/Rahkonen_Julia.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rakennustieto. RT-kortisto – laatua rakentamiseen. Viitattu 29.11.2020. Saatavissa <https://www.rakennustieto.fi/index/tuotteet/rt.html>

RIL 229-1-2020 2020. Rakennesuunnittelun asiakirjaohje. Tekstiosa. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Viitattu 5.1.2021

Rintala, M. 2017. Teollisuuden betonielementtirakenteiden tietomallipohjaisen suunnittelukäytäntöjen kehittäminen. Diplomityö. Aalto-yliopisto. Viitattu 7.11.2020 Saatavissa https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/29005/master_Rintala_Markus_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sweco. 2021. Tietoa Swecosta. Viitattu 31.1.2021. Saatavissa <https://www.sweco.fi/tietoa-swecosta/>

Trimble. Tekla Structures. Viitattu 12.11.2020. Saatavissa <https://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-structures>

Tuominen, J. 2012. Pääsuunnittelijan rooli teollisuusrakentamisessa – Erityispiirteitä ja ongelmia. Ammatillisen kehittymisen raportti. Aalto-yliopisto. Viitattu 10.5.2020. Saatavissa <https://aaltodoc2.org.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/5134/isbn9789526044965.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Tekla Structures

Piirustustuotannon kehitys teollisuuspuolella.

1. Mikä sinun asemasi Swecolla on?
2. Mikä sinun roolisi projekteissa yleensä on?
3. Millaisia projekteja olet tehnyt?
4. Miten olet käyttänyt Teklaa projekteissasi? *(onko mallinnus ja piirustusten luontiperiaatteet sovittu)?*
5. Tiedätkö, mistä löytyy Swecon nimeämis- ja numerointiohje ja miten numerointi tulee suorittaa Tekla- mallissa?
6. Oletko käyttänyt valmiita piirustus pohjia ja niiden asetuksia?
7. Oletko tehnyt itse asetuksia? Jos olet tehnyt, niin millaisia asetuksia teit eniten?
8. Onko projekteissa, jossa olet ollut mukana, saatu tehtyä yhteiset toimivat asetukset, joita kaikki ovat käyttäneet?
9. Voisitko kertoa esimerkkikohde ja sen haasteista mallinnuksessa ja piirustuksien teossa?
10. Oletko huomannut ongelmia nykyisissä piirustus pohjissa, jos niitä on käytetty? *(Millaista valmista pohjaa olet käyttänyt, ja oletko luonut näkymiä tai leikkauksia, ja onko lisäys onnistunut miten? Onko esiintynyt ongelmia? Olisiko tarvinnut selkeämpää ohjeistusta?)*
11. Näetkö tarvetta ohjeistukselle, jossa ohjeistetaan oman projektikohtaisen piirustus pohjan ja sen asetusten luominen?
12. Onko sinulle muodostunut näkemystä siitä, mitä pitäisi tehdä ja kehittää? Onko sinulla esimerkkejä?