

Olli-Pekka Niemi

KONEPAJAPIIRUSTUSTUOTANNON TEHOSTAMINEN

KONEPAJAPIIRUSTUSTUOTANNON TEHOSTAMINEN

Olli-Pekka Niemi
Opinnäytetyö
Kevät 2022
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma, rakennesuunnittelu

Tekijä: Olli-Pekka Niemi

Opinnäytetyön nimi: Konepajapiirustustuotannon tehostaminen

Opinnäytetyön englanninkielinen nimi: Improvement of the Efficiency of Workshop Drawing Production

Työn ohjaajat: Raimo Hannila, Oulun ammattikorkeakoulu; Samuli Tenhovuori, AFRY Finland Oy

Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: Kevät 2022

Sivumäärä: 37 + 1 liite

Konepajapiirustuksien luomiseen tarvittava tuotantoprosessi on monivaiheinen, ja varsinainen piirustusprosessi onkin valmiiden suunnitelmien siirtämistä paperilla luettavaan muotoon. Konepajapiirustuksien avulla konepajat osaavat valmistaa tarvittavat teräsosat, aihiot ja kokoonpanot. Laadukkaan ja tehokkaan lopputuloksen saavuttamiseksi suunnittelijan tulee tuntea kaikki prosessin vaiheet ja kyetä siten huomioimaan ne suunnittelutyön aikana.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa tilaajayritykselle, AFRY Finland Oy, Oulun rakennesuunnitteluosastolle, sisäinen suunnitteluohje tehostamaan konepajapiirustustuotantoa. Ohjeen tavoitteena oli paitsi tehostaa piirustusprosessia myös tukea suunnittelua. Suunnitteluohje suunnattiin vasta uransa aloittaneille insinööreille ja harjoittelijoille. Aiheen rajauksesta ja vaatimuksista sovittiin yhdessä työn tilaajan kanssa.

Suunnitteluohje kirjoitettiin opinnäytetyön raportista erilliseksi ohjeeksi, joka jää tilaajan sisäiseen käyttöön. Ohjeen laatimisessa käytettiin apuna Trimblen tarjoamia verkko-oppaita Tekla Structures -tietomallinnusohjelmiston käyttämisestä. Lisäksi hyödynnettiin yrityksen sisäisiä käytänteitä ja työskentelytapoja. Näkemystä ohjeistuksen kirjoittamiseen saatiin myös haastatteleamalla kokeneempia suunnittelijoita, järjestämällä useita työnohjauspalavereita ja tarkastuttamalla työ lopulta usealla yrityksen sisäisellä taholla. Ohjeen kirjoittamista varten järjestettiin myös yrityksen sisäinen kysely.

Opinnäytetyössä saatiin laadittua suunnitteluohje, jolla pyritään tehostamaan konepajapiirustustuotantoa Tekla Structures -ohjelmistolla. Ohjeessa selvennetään detaljmallintamisen vaikutuksia piirustustuotantoon sekä tarjotaan kattavat ohjeet konepajapiirustustuotannon eri vaiheisiin. Ohje rakennettiin niin, että sitä voidaan myös jatkokehittää tulevaisuudessa.

Asiasanat: konepajapiirustus, Tekla Structures, tietomallinnus, teräsrakenteet, piirustustuotanto

ABSTRACT

Author: Olli-Pekka Niemi

Title of thesis: Improvement of the Efficiency of Workshop Drawing Production

Supervisors: Raimo Hannila, Oulu University of Applied Sciences; Harri Lopina ja Samuli Tenhovuori, AFRY Finland Ltd

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2022

Number of pages: 37 + 1 appendix

The production process required to create workshop drawings is a multi-step process. Making drawings is, in fact, translating finished plans into a paper-readable format. With the help of workshop drawings, workshops are able to manufacture the necessary steel parts, billets and assemblies. In order to achieve a high-quality and efficient result, the designer must know all the steps of the process and thus be able to take into account the other steps of the process during the design work.

The work was commissioned by AFRY Finland Ltd.'s structural design department in Oulu. The purpose of the thesis was to produce the company's internal design guidelines to increase the efficiency of workshop drawing production. The design guide was aimed at engineers and trainees who were just starting their careers. The purpose of the design guide was therefore to improve the efficiency of the work in the workshop drawing process by providing support and guidance to the process. The requirements of the work and the delimitation of the subject area were agreed together with the client.

The design instruction were written as a separate instruction from the thesis report, which remained for the client's own internal use. Trimble's online guides on using Tekla Structures data modeling software were used to help at writing this guide. The company's internal practices and working methods were also applied in writing the guide. In addition, more experienced designers were interviewed to write the guide, several job coaching meetings were held, and finally the work was audited by several internal parties. An internal company survey was also conducted to write the design instruction.

In the thesis, a design guide was prepared, which aims to increase the efficiency of workshop drawing production with Tekla Structures software. The aim of the guide is to clarify the effects of detail modeling on drawing production, and to provide comprehensive instructions for the various stages of workshop drawing production. The aim was to build the guide so that it could also be further developed in the future.

Keywords: workshop drawing, Tekla Structures, BIM (Building Information Model), steel structures, workshop drawing production

ALKULAUSE

Haluan kiittää tämän opinnäytetyön toimeksi antanutta AFRY Finland Oy:tä mielenkiintoisesta ja ammattitaitoa kehittävästä aiheesta. Haluan osoittaa kiitokset insinöörityötäni AFRY:n puolelta ohjanneille Samuli Tenhovuorelle ja Harri Lopinalle. Osoitan kiitokseni myös Oulun ammattikorkeakoulun puolelta työtäni ohjanneelle Raimo Hannilalle.

Oulussa 7.5.2022

Olli-Pekka Niemi

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	TIETOMALLINTAMINEN	9
2.1	Tietomallintaminen rakennesuunnittelussa.....	10
2.2	Tietomallintamista säätelevät ohjeet ja standardit	11
2.3	Tietomallintamisen hyödyt.....	11
2.4	Tekla Structures	12
3	KONEPAJAPIIRUSTUKSET.....	14
3.1	Konepajapiirustukset käsitteenä	14
3.1.1	Osapiirustukset	14
3.1.2	Kokoonpanopiirustukset.....	15
3.2	Piirustustuotanto Tekla Structures -ohjelmistolla.....	17
4	KONEPAJAPIIRUSTUSTEN TUOTANTOPROSESSI	18
4.1	Konepajapiirustustuotantoprosessin kulku	18
4.2	Prosessissa havaitut kehityskohteet.....	19
4.3	Kehityskohteiden kartoittaminen.....	20
5	KONEPAJAPIIRUSTUSTEN SUUNNITTELUOHJE AFRY FINLAND OY:LLE.....	22
5.1	Suunnitteluohjeen sisällön suunnitleminen	23
5.2	Tiedon hankinta suunnitteluohjeeseen	24
5.3	Suunnitteluohjeen sisältö.....	24
5.3.1	Detaljmallintamisen vaikutukset piirustustuotantoon	25
5.3.2	Piirustusasetuksien määrittäminen	28
5.3.3	Piirustuksien editoiminen	30
5.3.4	Dokumenttien tulostaminen.....	32
6	YHTEENVETO	35
	LÄHTEET.....	36

Liite 1 Workshop-keskustelut 3.3.2022

1 JOHDANTO

Rakenteiden tietomallintaminen on oleellinen osa nykypäivistä rakenne- ja rakennussuunnittelua. Kolmiulotteiset tietomallit helpottavat eri suunnittelualojen välistä tiedonsiirtoa, sillä eri toimialat voivat hyödyntää samaa tietomallia. Sen lisäksi, että rakennuksien tietomallintaminen helpottaa oleellisesti suunnitteluvaihetta, tietomallia voidaan hyödyntää myös rakennuksen varsinaisen käytön ja koko sen elinkaaren ajan. (1, s. 2.)

Tietomallin sisältämää informaatioita voidaan hyödyntää rakenteiden suunnittelun aikana monella tavalla. Suunnittelun edistymistä voidaan seurata visuaalisesti reaaliajassa ja mallista voidaan tuottaa tilavuuksia ja määriä tehokkaasti. Tietomallintaminen on samalla myös tärkeä suunnittelussa käytettävä työkalu. Kolmiulotteisesta mallista voidaan automaattisesti luoda perinteisiä tuotanto- ja rakennepiirustuksia. Automaattisesti luodut piirustukset vaativat kuitenkin usein myös manuaalisesti suoritettavaa piirustusten muokkausta, varsinkin mitoituksien osalta. (1, s. 2.)

AFRY Finland Oy:llä on havaittu, että konepajapiirustustuotantoa voitaisiin tehostaa vielä entisestään luomalla tuotantoprosessia tukevaa ohjeistusta. Koska tietomallinnus ja tietomallin hyödyntäminen ovat oleellinen osa nykyaikaista suunnittelutyötä, pyritään niitä tehostamaan ja kehittämään jatkuvasti.

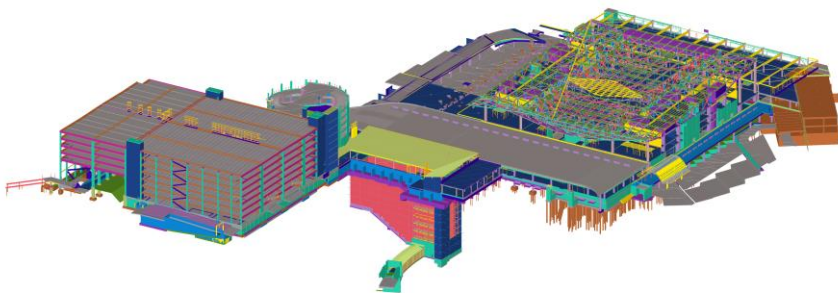
Opinnäytetyön tarkoituksena on tehostaa ja selkeyttää konepajapiirustuksien tuotantoprosessia luomalla suunnittelutyötä tukeva suunnitteluohje. Suunnitteluohjeessa keskitytään opastamaan tietomallintamisessa käytettävän Tekla Structures -ohjelmiston käyttöä. Ohjeessa on tarkoitus kuvata detaljisuunnittelun aikana suoritettavan mallintamisen vaikutuksia piirustustuotantoon, tehostaa itse piirustusprosessia ja ohjeistaa käyttäjää ymmärtämään keskeisten piirustusasetuksien toimintaa.

Ohje on pääasiassa suunnattu aloittaville suunnittelijoille ja harjoittelijoille, mutta tarkoituksena on, että ohjetta voivat tarvittaessa käyttää myös kokeneemmat suunnittelijat. Etätyöskentelyn yleistyessä ohjeen on myös tarkoitus koostaa perinteisesti toimistolla jaettavaa, niin sanottua hiljaista tietoa.

Työn toimeksiantajana toimii AFRY Finland Oy, joka on yksi Euroopan johtavia suunnittelu- ja konsultointiyhtiöitä. AFRY syntyi helmikuussa 2019, kun vuonna 1895 Ruotsissa perustettu ÅF osti Suomessa 1958 perustetun ja toimineen Pöyryn. AFRY toimii rakennetun ympäristön, teollisuus- ja energia-alojen sekä digitalisaation alalla, yli 17 000 työntekijällä, yli 50 maassa. Suomessa AFRY:llä on noin 2 800 työntekijää, jotka ovat jakautuneet 28 paikkakunnalle. (2.)

2 TIETOMALLINTAMINEN

Rakennuksen tietomallin lyhteenä käytetään BIMiä (Building Information Model). Rakennuksien ja rakenteiden tietomallintaminen parantaa rakentamisen ja suunnittelun laatua. Tietomallilla tarkoitetaan rakennettavan kohteen ja sen ominaisuuksien esittämistä digitaalisesti, kolmiulotteisessa muodossa (kuva 1). Kolmiulotteisen mallin lisäksi tietomalli sisältää laajasti valmistuksen ja käytön suunnittelemiseen tarvittavaa informaatiota. Jokainen tietomallissa oleva osa sisältää geometriatiedon lisäksi myös muuta tietoa, kuten osalle määritetyn materiaalin, nimen tai osan osatunnuksen. Tietomalli ei siis ole pelkkä kolmiulotteinen malli, vaan se on suunnittelutapa ja tärkeä työkalu nykyaikaisessa rakennesuunnittelussa. (3; 4, s. 6; 5, s. 15.)



KUVA 1. Tekla Structures -tietomallintamisohjelmistolla toteutettu projekti (6)

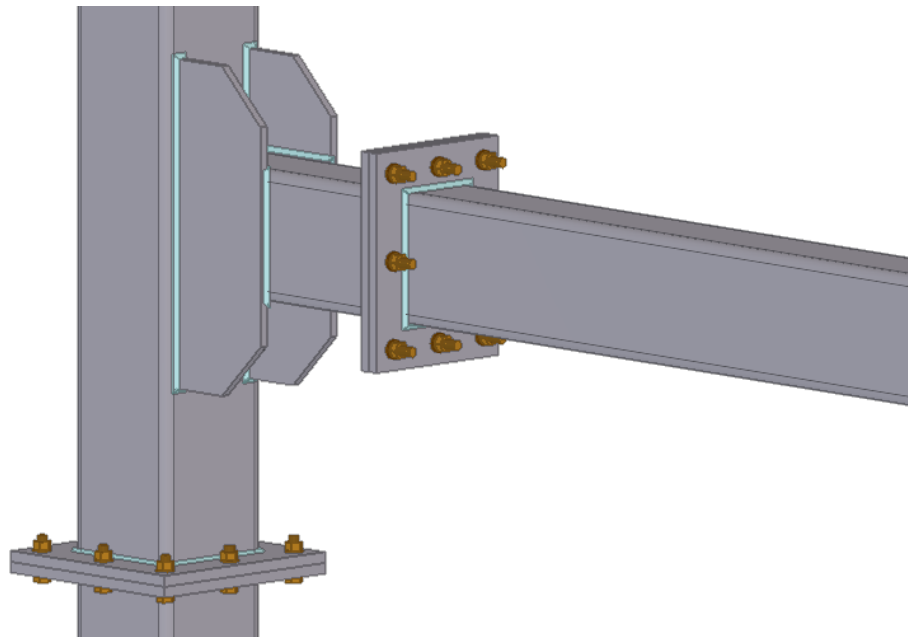
Tietomallin tarkkuus kehittyy ja tarkentuu eri suunnitteluvaiheiden aikana. Tietomallia voidaan hyödyntää aina suunnittelun alusta rakennuksen ylläpitoon saakka eli koko elinkaaren ajan. (4, s. 4–6.)

Tietomallin rakentaminen kattaa vain osan suunnittelutyöstä, sen ohella tuotetaan myös perinteisiä dokumentteja. Suuri osa perinteisistä dokumenteista voidaan kuitenkin tuottaa tietomallin sisältämän informaation perusteella tehokkaasti. Kolmiulotteisen mallin pohjalta voidaan myös luoda tehokkaasti perinteisiä piirustuksia, kuten tuotanto- ja rakennuspiirustuksia. (1, s. 2.)

Yleisin tapa jakaa tietomallin sisältämää tietoa ovat tietomallin pohjalta tuotettavat piirustukset ja muut dokumentit. Tämän lisäksi hankkeen eri osapuolet voivat hyödyntää mallin sisältämää tietoa monin eri tavoin. Esimerkiksi mallin sisältämä määrätieto voidaan siirtää suoraan kustannuslaskentaohjelmistoon. (5, s. 14.)

2.1 Tietomallintaminen rakennesuunnittelussa

Tietomallintamisen rooli rakennesuunnittelussa on merkittävä. Nykyaikaisilla mallinnus-ohjelmistoilla voidaan mallintaa ja suunnitella rakenteet hyvin tarkasti. Tietomalliin mallinnettavat rakenteet mallinnetaan mm:n tarkkuudella, koska tietomallinnusohjelmalla tuotettavat piirustukset tuotetaan mallin pohjalta (kuva 2). (4, s. 10.)



KUVA 2. Rakenteet suunnitellaan mm:n tarkkuudella, pultit yksittäisten aluslevyjen tarkkuudella

Yleensä tietomalliin mallinnetaan vähintään kaikki kantavat rakenteet sekä ei kantavat betonirakenteet. Lisäksi tulee mallintaa kaikki tilaa vievät rakennustuotteet, joiden koolla ja sijainnilla on merkitystä muille suunnittelijoille. Kalvomaisia tuotteita, kuten vedeneristyksiä, ei yleensä mallineta. (4, s. 6.)

2.2 Tietomallintamista säätelevät ohjeet ja standardit

Tietomallintamiseen liittyviä standardeja on alettu kehittämään tietomallintamisen arkipäiväistyessä. Tammikuussa 2019 Euroopassa julkistettiin ensimmäiset osat EN ISO 19650 -standardisarjasta, joka pyrkii yhtenäistämään mallinnetun ympäristön tiedonhallintaa. EN ISO 19650 -standardia ei ole vielä saatavilla suomeksi, mutta se on parhaillaan suomennettavana. (7.)

Yleiset tietomallivaatimukset (YTV2012) kehitettiin yhteistyössä monien kiinteistön omistajien, rakennuttajien, rakennusliikkeiden ja ohjelmistotalojen kesken. Ohje koostuu 14 osasta, joista osassa 5 käsitellään rakennesuunnittelua. Ohje luotiin tarpeeseen määritellä entistä täsmällisemmin, mitä ja miten mallinnetaan. Lähtökohtana ohjeen luomisessa käytettiin tilaavien organisaatioiden aikaisempia ohjeita sekä niistä kerättyjä käyttökokemuksia. Ohjeesta ollaan myös kehittämässä uudemmaa YTV2020-versioita. (8.)

Käytännössä Yleiset tietomallivaatimukset 2012 toimivat rakennushankkeen epävirallisena standardina. YTV2012:n ylläpidosta Suomessa vastaa Building Smart Finland. (5, s. 34.)

2.3 Tietomallintamisen hyödyt

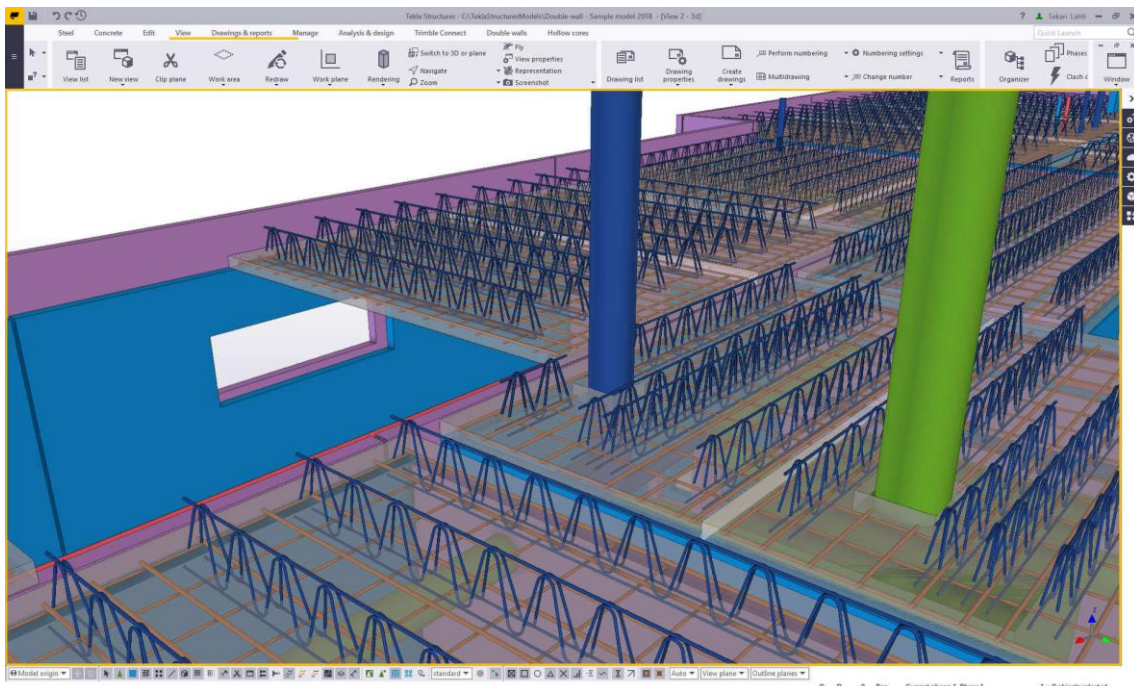
Suurin hyöty tietomallista saadaan, kun kaikki suunnittelun osapuolet hyödyntävät keskenään yhteensopivia tietomalleja omassa suunnittelutyössään. Tällöin tiedon välittäminen osapuolien välillä helpottuu merkittävästi, sillä kaikilla osapuolilla on käytössään lähes reaaliaikaista tietoa muiden osapuolten suunnittelun tilasta. Suunnitelmien yhteensovittaminen on tällöin huomattavasti helpompaa perinteisiin menetelmiin verrattuna. (3; 4, s. 10.)

Tietomallin avulla rakennuksen toiminnallisuuden ja ulkonäön hahmottaminen auttaa asiakasta jo projektin alkuvaiheessa. Erilaisten materiaalien, tilankäyttöratkaisuiden ja runkorakennevaihtoehtojen kokeileminen virtuaalisessa muodossa on joustavaa ja kustannustehokasta. (9.)

Kolmiulotteisen mallin luominen tehostaa myös varsinaista suunnittelutyötä ja onkin yksi tärkeimpiä nykyaikaisen suunnittelun työkaluja. Suunnittelijan on helppo hahmottaa koko suunniteltava kokonaisuus ja rakenteen toiminta, kun hän näkee suunnittelemansa rakenteen reaaliaikaisesti muiden rakenteiden joukossa. (4, s. 4.)

2.4 Tekla Structures

Tekla Structures -ohjelma on AFRY Finland Oy:llä käytettävä tietomallinnusohjelma. Tekla structures on rakennuksien tietomallintamiseen kehitetty ohjelmisto, jolla voidaan luoda yksityiskohtaisia tietomalleja (kuva 3). Ohjelmisto on Yhdysvaltalaisen Trimble-konsernin omistama tuote, joka on käytössä maailmanlaajuisesti. Alun perin Tekla on Suomalaisen Tekla Oy:n kehittämä tietomallinnusohjelmisto. Trimble-konserni kuitenkin osti Teklan vuonna 2011 runsaan 300 miljoonan kauppahinnalla. (10; 11.)



KUVA 3. Tekla Structures on hyvin monipuolinen tietomallinnusohjelmisto (11)

Ohjelmistolla voidaan mallintaa lähes kaikki kuviteltavissa olevat rakenteet ja se kattaa useimmat rakentamisessa käytetyt materiaalit. Tekla on suunniteltu pääasiassa betoni- ja teräsrakenteiden

suunnittelua varten, mutta sillä on mahdollista mallintaa puurakenteitakin (5, s. 39). Tietomallintaminen tarkoittaa, että malli ei sisällä pelkästään kolmiulotteista mallia, vaan myös kaikkien osien ja kokoonpanojen attribuutti-tiedot. Näin ollen tietomallista saadaan helposti irti erilaisia tietoja, kuten materiaaliilistoja, tilavuuksia ja painoja. (5, s. 40.)

Teklaan voidaan tuoda myös muiden suunnittelualojen malleja kaksi- tai kolmiulotteisina referensseinä. Tämä helpottaa suunnittelua, kun esimerkiksi rakennesuunnittelija näkee omassa mallissaan putkistosuunnitelmat kolmiulotteisesti. Referenssit voidaan sisällyttää myös Teklan mahdollistamiin osien välisiin törmäystarkasteluihin. (13.)

Teklan Model sharing -toiminto mahdollistaa työskentelyn saman projektin parissa globaalisti kaikkialta maailmaa. Yhden mallin parissa voi työskennellä käytännössä katsoen lukematon määrä suunnittelijoilta. Ominaisuus mahdollistaa myös työresurssien kohdentamisen joustavasti, kun kaikkien suunnittelijoiden ei tarvitse fyysisesti työskennellä samalla toimistolla. Tietomallissa työskentely väliaikaisesti myös ilman verkkoyhteyttä on mahdollista. (14.)

Trimble tarjoaa opiskelijoille mahdollisuuden tutustua tarjoamiinsa ohjelmistoihin opiskelijalisensien kautta. Opiskelijalisenssi sisältää täyden lisenssin, mutta opiskelijalisenssillä ei voida avata oikeilla lisensseillä luotuja malleja. Tekla Structures -ohjelmiston lisäksi opiskelijalisenssi kattaa myös muita Trimblen tarjoamia suunnittelutyökaluja. (15.)

3 KONEPAJAPIIRUSTUKSET

3.1 Konepajapiirustukset käsitteenä

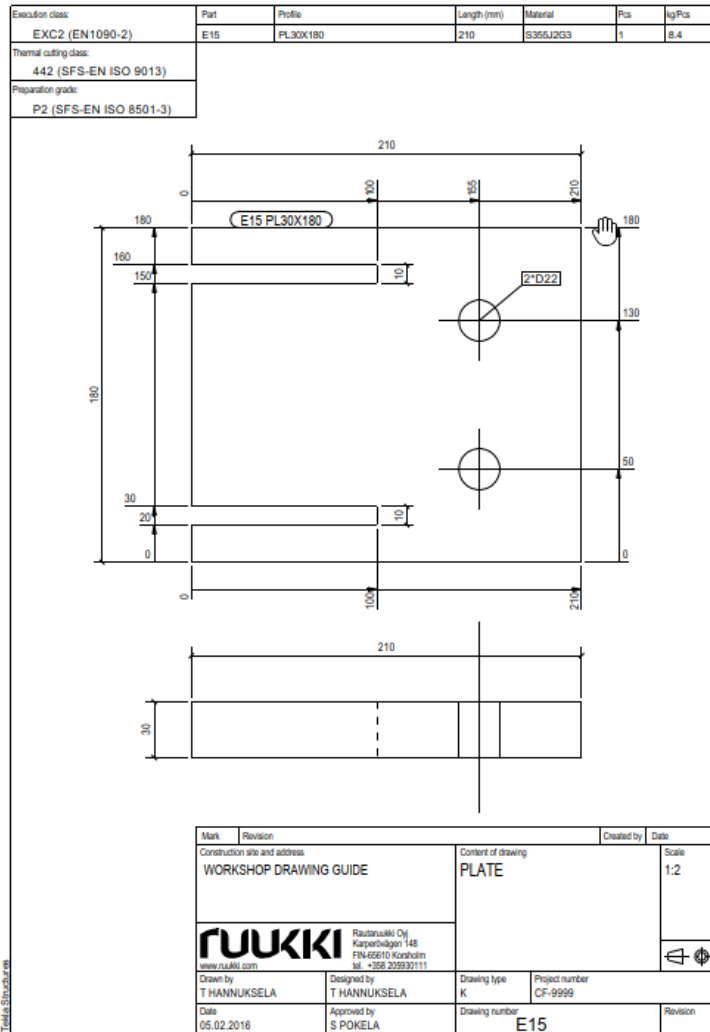
Konepajat ovat metallituotteiden valmistukseen erikoistuneita yrityksiä, jotka valmistavat asiakkaan tilaamia metalliosia ja rakenteita. Teräsosat valmistetaan tyypillisesti konepajoilla, joissa päästään paljon työmaata parempaan mittatarkkuuteen ja laadukkaampaan lopputulokseen. Suunnittelutoimistot toimittavat konepajoille piirustukset, joiden mukaisesti konepajat tilaavat tavarantoimittajalta tarvittavat profiilit ja valmistavat asennusvalmiita teräselementtejä työmaalle kuljetettavaksi. (16, s. 96–101.)

Konepajapiirustuksilla tarkoitetaan konepajoille lähetettäviä tuotantopiirustuksia, joiden avulla erilaiset teräsosat ja teräskokoonpanot valmistetaan. Konepajapiirustukset ovat tuotantovaiheen piirustuksia, joihin lukeutuvat osa- ja kokoonpanopiirustukset. (16, s. 14.)

3.1.1 Osapiirustukset

Osapiirustukset tehdään jokaisesta yksittäisestä konepajalla kokoonpanoon liitettävästä varusteluosasta. Osapiirustuksissa esitetään yksittäisten osien valmistamiseen tarvittavat tiedot, kuten osien geometria, materiaali ja tarvittu lukumäärä. Osapiirustukset ovat siis yksinkertaisimpia konepajalle lähetettäviä piirustuksia ja ne ovatkin kaikkein nopeimpia valmistaa (kuva 4). Piirustusarkin kokona käytetään tyypillisesti A4-arkkia. (18, s. 54.)

Osapiirustuksista lähetetään konepajalle lähtökohtaisesti aina myös DSTV-tiedostot (nc-, nc1- ja cam-tiedostot), joita käytetään työstökoneiden ohjauksessa. Osa konepajoista voi tarvita myös muun tyyppisiä tiedostoja työstölaitteiden ohjaukseen. Esimerkiksi DXF-tiedostoja voidaan käyttää levyosien nestaamiseen ja leikkaamiseen. (18, s. 54; 19.)



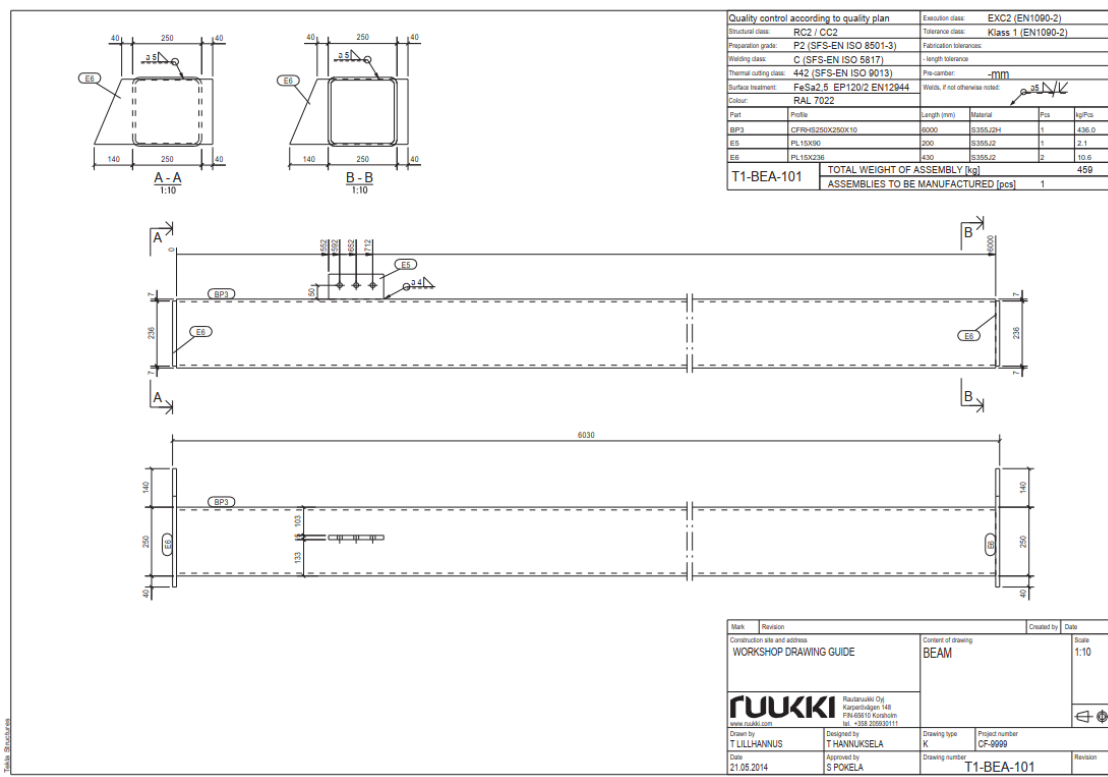
KUVA 4. Esimerkki osapiirustus PL30 levystä (18, s. 77)

3.1.2 Kokoonpanopiirustukset

Kokoonpanopiirustuksien avustuksella konepaja kokoaa osista useamman osan sisältäviä kokoonpanoja. Kokoonpanopiirustus esittää siis elementtiä, joka on sellaisenaan valmis asennettavaksi työmaalla (18, s. 45). Kokoonpanopiirustuksissa esitetään kokoonpanon valmistamiseen tarvittavat osat, niiden sijainnit suhteessa toisiinsa ja usein samalla viitataan tarvittavien osien osapiirustuksiin. Lisäksi kokoonpanopiirustuksista selviää, miten osat liitetään toisiinsa. Kustannustehokkain liitostustapa konepajalla toteutettavissa kokoonpanoissa on hitsaaminen ja se on myös käytetty liitostyyppi konepajaliitoksissa. Työmaa-asennuksissa asennus on helpointa ja tehokkainta suorittaa liitoksien. (16, s. 42.)

Tyypillisiä kokoonpanopiirustuksia ovat esimerkiksi palkki- ja pilarikokoonpanoista tehtävät kokoonpanopiirustukset, joissa esitetään pääprofiliin hitsattavat varusteluosat (kuva 5). Myös hitsattujen profiilien valmistukseen käytettävät piirustukset ovat kokoonpanopiirustuksia. Hitsatut profiilit ovat hitsaamalla eri paksuisista levyosista valmistettuja profiileja. (16, s. 34-35.)

Joskus suuria tai hyvin monimutkaisia rakenteita voidaan joutua esittämään useammalla piirustuksella, jotta piirustuksien selkeys säilyisi. Näitä piirustuksia kutsutaan myös osakokoonpanopiirustuksiksi. Monimutkaisten kokoonpanojen piirustuksiin voidaan lisätä myös pieni 3D-havainnekuva selkeyttämään rakenteen muotoa. (18, s. 45.)



KUVA 5. Esimerkki kokoonpanopiirustus palkkikokoonpanosta (18, s. 49)

3.2 Piirustustuotanto Tekla Structures -ohjelmistolla

Kun varsinainen suunnittelutyö on valmis tietomallissa, voidaan kolmiulotteisen mallin pohjalta luoda perinteisiä kaksiulotteisia piirustuksia. Etuna perinteiseen CAD-piirtämiseen on, että suunnittelija ei tarvitse itse piirtää rakenteita ollenkaan, vaan Tekla Structures osaa automaattisesti luoda leikkaus- ja tasopiirustuksia. Tekla luo piirustukset ennalta määritettyjen asetusten mukaisesti. Asetukset ovat myös käyttäjän täysin hallittavissa, ja niitä onkin usein tarpeen säätää halutun lopputuloksen mukaisesti. (20.)

Mallipohjaisten piirustuksien etuna on myös se, että esimerkiksi piirustuksissa esitettävien leikkausten katselusyvyttä voidaan säätää täysin portaattomasti. Lisäksi piirustuksia on mahdollista filttäroidä niin, että piirustuksessa esitetään esimerkiksi vain pelkät teräsrakenteet. Piirustukset päivittyvät myös automaattisesti, mikäli rakennemalliin tehdään muutoksia piirustuksen luonnin jälkeen. (21.)

Yleensä Teklaa käyttävät yritykset luovat suunnitteluohjelmaan oman ympäristön, jonka mukana malliin tuodaan omien tarpeiden mukaan räätälöityjä piirustusasetuksia. Teklan tarjoamat piirustusasetukset mahdollistavat hyvinkin spesifien yksityiskohtien kustomoinnin. Tästä huolimatta, niin sanottujen täydellisten asetusten luominen on ainakin toistaiseksi mahdotonta. Asetuksia tarvitaan useita, erityyppisiin osiin ja kokoonpanoihin. (22.)

Hyvin toimivilla asetuksilla voidaan kuitenkin vähentää manuaalista piirustusten editointia huomattavasti ja siksi hyvin toimivien asetusten luomiseen panostetaan. Piirustusasetuksien kehittämisestä onkin tehty lukuisia opinnäytetöitä, koska toimivien asetusten tärkeys tiedostetaan yrityksissä. (23.)

Tekla osaa luoda piirustuksissa esitettäviä taulukoita, kuten materiaali- ja osaluetteloita, automaattisesti hyödyntäen tietomallin sisältämää dataa. Mikäli piirustuksen esittämään osaan tai kokoonpanoon tehdään muutoksia, päivittyvät muutokset myös piirustuksessa esitettyihin taulukoihin. Näin piirustuksissa esitetty tieto on aina ajantasaista. (24.)

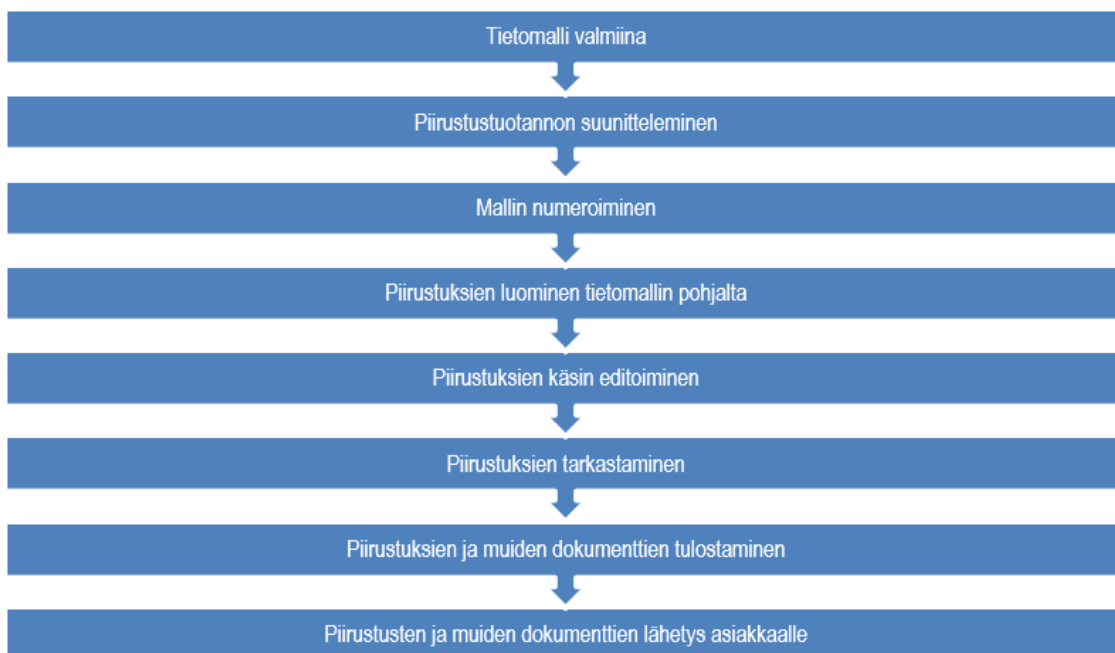
Piirustuksissa voidaan halutessa esittää myös tietomalliin tuotuja referenssiosia tai -rakenteita. Näin esimerkiksi leikkauspiirustuksista saadaan tarvittaessa havainnollisempia. (24.)

4 KONEPAJAPIIRUSTUSTEN TUOTANTOPROSESSI

Kun varsinainen suunnitteluvaihe on saatu päätökseen ja tietomalli on valmis, voidaan mallin pohjalta luoda piirustuksia. Piirustustuotantoprosessilla tarkoitetaan siis valmiiden suunnitelmien muuntamista piirustuksiksi eli muuntamista paperilla luettavaan muotoon. Konepajapiirustuksilla tarkoitetaan teräsosien ja kokoonpanojen valmistamiseen tarvittavia piirustuksia. Näiden piirustuksien avulla konepaja valmistaa tarvittavat kokoonpanot työmaalle toimitettavaksi. (18, s. 4.)

4.1 Konepajapiirustustuotantoprosessin kulku

Konepajapiirustuksien luomiseen tarvittava tuotantoprosessi on monivaiheinen prosessi (kuva 6). Piirustuksien avulla konepajat osaavat valmistaa tarvittavat osat, aihiot ja kokoonpanot. Laadukkaan ja tehokkaan lopputuloksen saavuttamiseksi suunnittelijan tulee tuntea kaikki prosessin vaiheet ja kyetä siten huomioimaan muut prosessin vaiheet suunnittelutyön aikana.



Kuva 6. Konepajapiirustustuotantoprosessin vaiheet

Kun haluttu tietomallin osa on saatu valmiiksi, voidaan siirtyä tuottamaan konepajapiirustuksia. Ennen piirustustuotannon aloittamista on kuitenkin hyvä pysähtyä suunnittelemaan prosessia, jotta se saadaan vietyä läpi tehokkaasti. Suunnitteluun voi sisältyä tapauskohtaisesti esimerkiksi työn jakaminen suunnittelijoiden kesken, testipiirustuksien luominen tai piirustusasetuksien muokkaaminen hankkeen tarpeiden mukaisesti.

Ennen varsinaisten piirustuksien luomista piirustuksissa esitettävät tietomallin osat täytyy numeroida. Numeroinnilla tarkoitetaan jokaiselle tietomallissa olevalle osalle annettavaa uniikkia osatunnusta. Näiden osatunnusten perusteella voidaan esimerkiksi kokoonpanokuvassa viitata kokoonpanon kokoonpanemista varten tarvittaviin osiin. (25.)

Numeroinnin jälkeen mallista voidaan luoda kokoonpanopiirustukset. Teklalla voidaan luoda piirustukset automaattisesti hyödyntäen Teklaan määriteltyjä piirustusasetuksia. Automatiikalla luodut piirustukset vaativat usein kuitenkin käsin suoritettavaa piirustusten editointia. Mitä monimutkaisempi rakenne on kyseessä, sitä enempi se tuottaa vaikeuksia Teklan piirustusten mitoitusautomaatiolle. Usein kokoonpanopiirustuksia joudutaan editoimaan juuri mittalinjojen osalta. (26.)

Piirustusten valmistuttua ne on hyvä tarkastaa virheiden varalta. Piirustukset on myös hyvä tarkastuttaa jollain muulla henkilöllä kuin piirustuksien tekijällä. Kun piirustukset ovat valmiina ja ne on tarkastettu, ne voidaan tulostaa Teklasta ja toimittaa edelleen asiakkaalle.

4.2 Prosessissa havaitut kehityskohteet

AFRY:lla on havaittu, että piirustustuotannon tehokkuutta voitaisiin parantaa entisestään luomalla prosessia tukevaa ohjeistusta aloittaville työntekijöille. Aiemmin kehitystyötä on tehty detaljoinnin osalta, mutta piirustustuotannon tehokkuutta voitaisiin kehittää vielä lisää. Koska tietomallintaminen ja tietomallin hyödyntäminen ovat oleellinen osa nykyaikaista suunnittelutyötä, pyritään niitä tehostamaan ja kehittämään jatkuvasti.

Opinnäytetyön aloituspalaverissa nousi esiin huomioita, että piirustustuotannon suunnittelemista ja huomioimista mallintamisen aikana voitaisiin kehittää lisää. Kokeneet suunnittelijat ovat tottuneet ajattelemaan myös hieman pidemmälle, mutta usein nuoremmilla suunnittelijoilla ja harjoittelijoilla

voi olla vaikeuksia hahmottaa koko prosessia ja siten huomioida esimerkiksi juuri piirustustuotantoa varsinaisen suunnittelutyön aikana.

Varsinaisen suunnittelutyön aikana piirustusprosessi voidaan huomioida esimerkiksi niin, että pyrittäisiin käyttämään mahdollisimman paljon samoja liitos- ja rakenneratkaisuita. Usein varsinkin sekundäärisiin rakenteisiin syntyy useita, lähes identtisiä kokoonpanoja, mutta usein rakenteet olisivat myös yhtenäistettävissä samanlaisiksi kokoonpanoiksi. Kun erityyppisten osien ja kokoonpanojen määrä vähenee, myös editoitavat piirustukset vähenevät.

Piirustusprosessi täytyy ottaa huomioon mallintamisen aikana myös siksi, koska mallintamistavalla on merkitystä piirustuksien luomisessa. Esimerkiksi piirustuksiin luotavat automaattiset mittalinjat käyttäytyvät eri tavoin, riippuen mallintamistavasta.

4.3 Kehityskohteiden kartoittaminen

Jotta ohjeistuksen tekemiseen saatiin enemmän perspektiiviä myös muilta työntekijöiltä, päätettiin järjestää muutamia workshop-henkisiä keskusteluita. Keskustelut käytiin pienissä ryhmissä. Opinäytetyön aiheen pohjustamiseksi päätettiin teettää ennakkokysely workshoppeihin osallistuville henkilöille. Kyselyssä pyrittiin selvittämään, missä asioissa suunnittelijat näkevät, että konepajapiirustustuotannossa olisi kehitettävää tai mihin asioihin kaivattaisiin lisää ohjeistusta.

Kysely toteutettiin Microsoftin tarjoaman Microsoft Forms -toiminnon avustuksella. Kysely lähetettiin kaikille workshoppiin osallistuville henkilöille kaksi viikkoa ennen varsinaisia keskusteluita. Kysely lähetettiin ennakkoon kaikille 9:lle workshoppeihin kutsutulle suunnittelijalle. Workshopit pidettiin paikallisesti Oulun rakennesuunnitteluosaston kesken teams-palaverina. Lopulta keskustelut pidettiin kahdessa ryhmässä, joista toinen koostui harjoittelijoista. Workshop-keskusteluista tehtiin muistio, johon kirjattiin keskusteluissa heränneitä ajatuksia (liite 1).

Harjoittelijaryhmän kanssa heräsi ajatus, että usein ei yksinkertaisesti ole tietoa kaikista Teklan tarjoamista mahdollisuuksista, jotta niitä voitaisiin hyödyntää. Usein tämä johtaa siihen, että päädytään tekemään paljon käsin editointia, vaikka se olisi osittain vältettävissä, kun tietotaito Teklan suhteen olisi laajempi. Tilannetta ei paranna kiire, koska silloin ei uskalleta käyttää vähäistä aikaa

uuden opetteluun vaan päädytään käsin editointiin. Toisaalta todettiin, että nopein tapa oppia on päästä konkreettisesti tekemään piirustuksia.

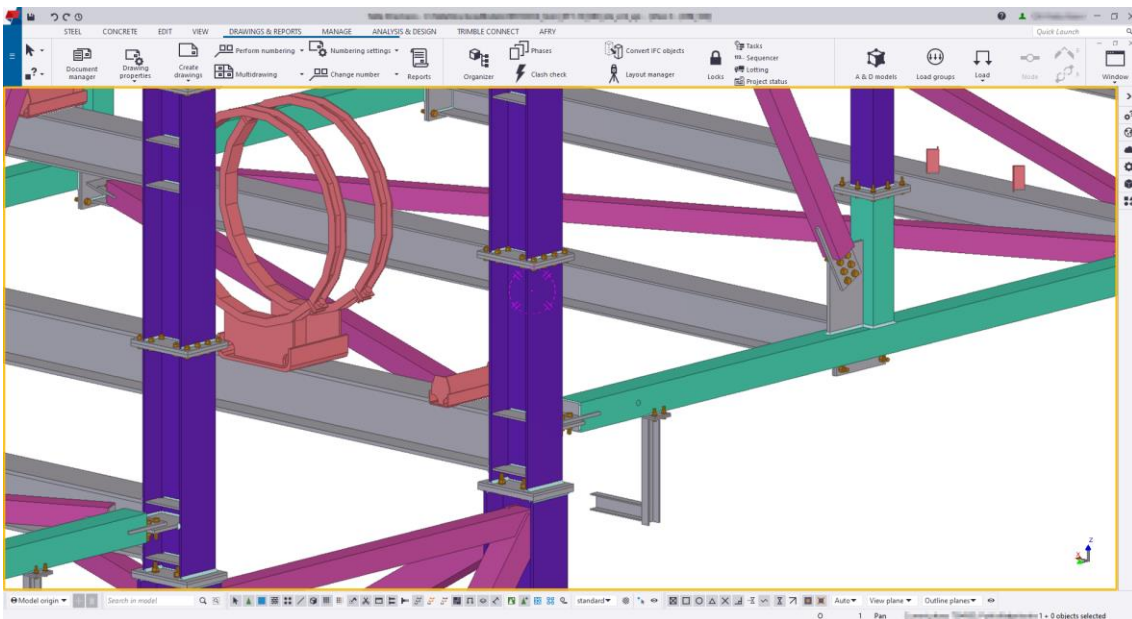
Toisen, hieman kokeneemman ryhmän mielestä tärkeintä olisi, että kaikki suunnittelija osaavat Teklan yleisimpien piirustusasetuksien käyttämisen sujuvasti. Jokaisen suunnittelijan ei kuitenkaan ole tarkoituksenmukaista perehtyä syvällisesti kaikkiin mahdollisiin piirustusasetuksiin, joskaan ei siitä haittaa ole. Tärkeimmiksi osattaviksi asetuksiksi kuvailtiin skaalaus-, layout- ja paperikoiden asetuksia.

Toiseksi tärkeäksi asiaksi kuvattiin eri piirustustyyppien välisten erojen ymmärtäminen. Jotta aloitteleva suunnittelija pystyy tuottamaan hyviä piirustuksia, täytyy hänen ymmärtää, mikä tarkoitus osa- tai kokoonpanopiirustuksella on. Kokoonpanopiirustuksessa ei ole oleellista esittää jokaisen pultin välistä reikää, koska kokoonpanopiirustuksen tarkoituksena on ohjeistaa konepajaa kokoaamaan kokoonpano valmiiksi tehdyistä osista.

5 KONEPAJAPIIRUSTUSTEN SUUNNITTELUOHJE AFRY FINLAND OY:LLE

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda AFRY FINLAND Oy:lle yrityksen sisäinen suunnitteluohje tukemaan konepajapiirustusten tuotantoa. Suunnitteluohje kohdennettiin vasta työuransa aloittaneille insinööreille ja harjoittelijoille. Ohjeen tarkoituksena on selventää piirustustuotannon kulkua sekä tarjota ohjeistusta prosessin eri vaiheisiin. Ohjeen on siis tarkoitus toimia tukena piirustustuotannon ohessa.

Suunnitteluohje käsittelee piirustusten tuotantoa Tekla Structures -tietomallinnusohjelmistolla (kuva 7). Ohje onkin suurelta osin Teklan käytön ohjeistusta. Varsinaisen piirustustuotannon ohjeistamisen lisäksi ohjeessa päätettiin ottaa kantaa myös detaljimallintamiseen, niiltä osin kuin mallintaminen vaikuttaa varsinaiseen piirustustuotantoon.



KUVA 7. Suunnitteluohje kirjoitettiin Tekla Structures 2019i -ohjelmistoversiota hyödyntäen

5.1 Suunnitteluohjeen sisällön suunnitleminen

Ohjeen rakennetta alettiin hahmottelemaan listaamalla kaikki piirustustuotantoon liittyvät työvaiheet allekkain. Työvaiheiden pohjalta lähdettiin hahmottelemaan alustavaa sisällysluettelo ohjeelle. Ohjeeseen suunniteltiin sisällytettäväksi seuraavat vaiheet ja ohjeistukset:

- detaljisuunnittelun vaikutukset tuotantoon
- detaljimallintamisen vaikutukset piirustustuotantoon
- piirustustuotannon suunnitleminen
- tietomallin osien numerointi
- piirustusasetuksien määrittäminen
- yleisimpien piirustusasetuksien käyttämisen ohjeistaminen
- piirustuksien luominen
- piirustuksien kloonaminen
- piirustuksien editoiminen
- työn tarkastaminen
- dokumenttien tulostaminen.

Suunnitteluohjeen sisältöä suunniteltaessa täytyi ottaa huomioon myös opinnäytetyölle asetetut tavoitteet. Opinnäytetyön aloituspalaverissa tavoitteeksi linjattiin luoda suunnitteluohje AFRY:n sisäiseen käyttöön, joka sisältäisi seuraavat asiat:

- detaljisuunnitteluprosessin määrittäminen ja selkeytys
- sellaisen detaljisuunnitteluun liittyvän mallintamisen ohjeistaminen, jolla on vaikutusta piirustuksien luomiseen
- piirustusten tekoprosessin tehostaminen
- parhaat käytännöt piirustuksien luomiseen
- Teklan piirustusautomaation hyödyntäminen
- Teklan keskeisten piirustusasetuksien ohjeistus
- ohje lisää käyttäjän ymmärrystä Teklan antamista mahdollisuuksista piirustustuotantoon
- konepajadokumenttien tiedostonhallinnan ohjeistaminen.

Lisäksi päätettiin, että ohjeeseen ei sisällytetä piirustuksien laadullisia аспекteja, eikä mallipiirustuksia. Ohjeen kirjoittamisessa otettiin huomioon myös työn sisällön kartoittamista varten järjestettyjen workshop-keskusteluiden ohessa ilmenneitä asioita.

5.2 Tiedon hankinta suunnitteluohjeeseen

Koska suunnitteluohjeen sisältö oli suurelta osin Teklan käyttämisen ohjeistamista, nousivat Trimblen itse tarjoamat oppaat kaikista tärkeimmiksi tietolähteiksi. Trimble on nykyisin Teklan omistava ja ohjelmistoa kehittävä yhdysvaltalainen yritys (11).

Trimble tarjoaa verkkosivuiltaan hyvin kattavat ohjeet Teklan käyttämiseen. Verkkosivuilta löytyvät yksityiskohtaiset ohjeet jokaiseen Teklan sisältämään ominaisuuteen ja toimintoon. Ohjeet on tehty erikseen jokaiselle ohjelmistoversiolle. Verkkosivujen lisäksi Trimble tarjoaa PDF-muotoiset oppaat jokaisesta ohjelmistoversiosta, aina vuoden 2018-ohjelmistoveriosta asti. Oppaat sisältävät kaikki samat ohjeet, mitä Trimblen verkkosivutkin tarjoavat. (27.)

Ohjeen kirjoittamiseen sovellettiin AFRY:n sisäisiä toimintatapoja ja työyhteisössä vakiintuneita käytänteitä. Ohjeessa pyrittiin tarjoamaan ohjeistusta juuri AFRY:n oman Tekla ympäristön sisältämiin asetuksiin, raporttipohjiin ja filttereihin.

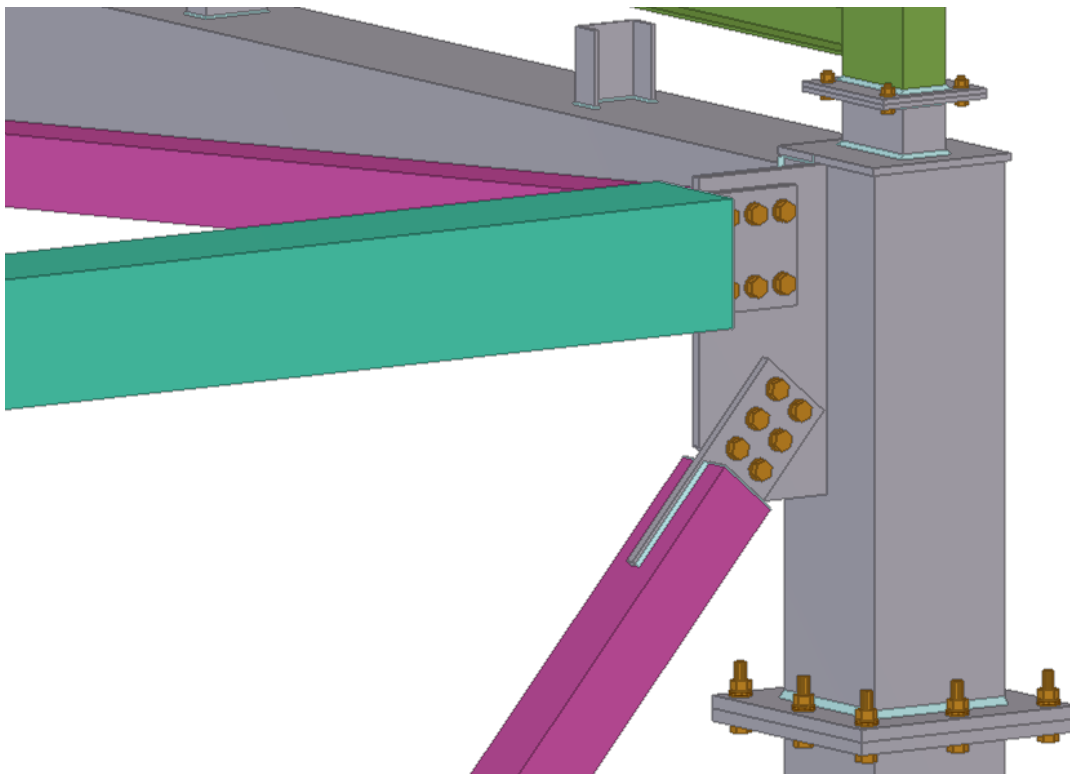
Lisäksi ohjeen kirjoittamista varten haastateltiin kokeneempia suunnittelijoita ja suunnitteluohje tarkastettiin myös heidän toimesta ennen julkaisua.

5.3 Suunnitteluohjeen sisältö

Luvuissa 5.3.1–5.3.4 käydään läpi suunnitteluohjeen sisältö. Ohjeesta tuli huomattavan laaja, joten opinnäytetyöraportissa esitellään vain joitain keskeisiä esimerkkejä suunnitteluohjeen sisällöstä. Ohjeeseen sisällytettiin myös paljon yrityksen sisäisiä asioita ja toimintamalleja, jotka on karsittu esitetyistä esimerkeistä. Suunnitteluohjetta ei julkaista, vaan se jää työn toimeksiantajan yksityiseen käyttöön.

5.3.1 Detaljmallintamisen vaikutukset piirustustuotantoon

Detaljmallintamisella tarkoitetaan rakenteiden ja niiden välisien liitoksien yksityiskohtaista mallintamista. Yleensä tietomalli rakennetaan niin, että sen tarkkuus paranee hankkeen edetessä. Aluksi tietomalliin mallinnetaan alustavat rakenteet, mutta suunnittelun edetessä geometria, profiilit, profiilipaksuudet ja materiaalit tarkentuvat. Detaljituksen mallintaminen on viimeinen ja yksityiskohtaisin vaihe mallintamisessa. Teräsrakenteissa se yleensä tarkoittaa palkkien, pilarien ja tankojen välisen liitosten suunnittelua (kuva 8). Detaljisuunnitteluun lukeutuvat myös pintakäsittelyn määrittäminen, nostolenkkien ja sinkitysreikien suunnitteleminen, sekä muiden rakenteelle ominaisten yksityiskohtien määrittäminen.



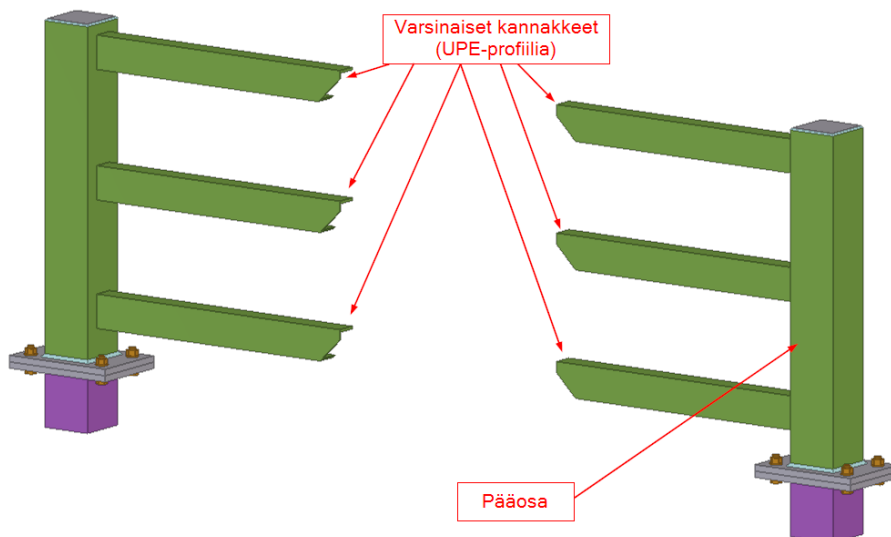
KUVA 8. Liitosten mallintaminen on detaljmallintamista

Detaljmallinnuksen ohessa tehtävät valinnat vaikuttavat piirustusten tuotantoon monella tapaa. Tämän vuoksi piirustustuotanto tulisikin ottaa huomioon jo rakenteita suunniteltaessa ja mallinnettaessa, jotta piirustustuotannosta saataisiin mahdollisimman tehokasta. Tästä syystä ohjeessa pyrittiin avaamaan, millaisilla asioilla mallinnuksessa on vaikutusta piirustustuotantoon.

Rakenteita mallinnettaessa piirustustuotanto voidaan huomioida pyrkimällä toteuttamaan mahdollisimman paljon samanlaisia rakenteita. Usein varsinkin sekundäärisiin rakenteisiin syntyy lähes identtisiä kokoonpanoja, jotka pienillä muutoksilla voitaisiin yhtenäistää yksittäiseksi kokoonpanoksi. Tällöin suunnittelija säästyy ylimääräiseltä piirustuksien editoinnilta, työskentely konepajalla suoraviivaistuu ja myös työmaatyöskentely helpottuu, kun asentajan ei tarvitse pyöritellä lukuisia kokoonpanoja ja miettiä, että mihin mikäkin kokoonpano kuuluu. Pienillä valinnoilla voidaan usein karsia tarvittavien piirustuksien ja siten työn määrää.

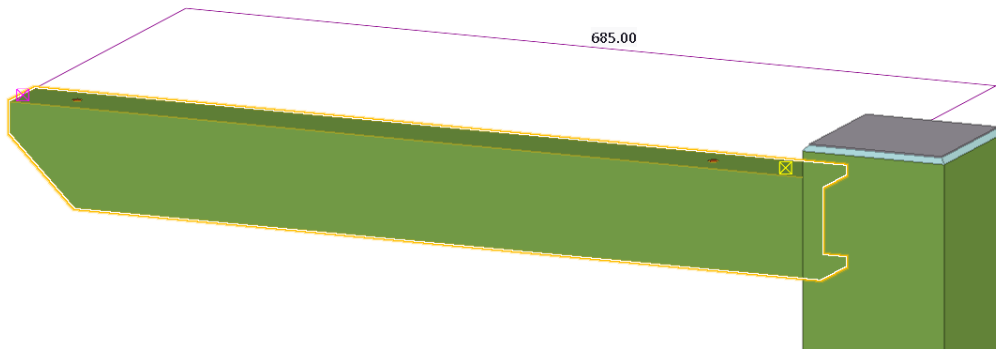
Kuvan 9 esimerkissä esitetyistä kaapelihyllyn kannakkeista tulee kaksi erillistä piirustusta. Kokoonpanot ovat täysin identtisiä, lukuun ottamatta varsinaisia kannakkeita. Kannakkeet ovat UPE-profiilia, ja koska toinen kaapelihylly on kopioitu peilaamalla, niin UPE-profiilien orientaatiot ovat pääosaan nähden eri suuntiin.

Koska kokoonpanot eivät ole täysin identtisiä, syntyy kokoonpanoista myös kaksi erillistä piirustusta, jolloin myös tarvittavan editoinnin määrä kaksinkertaistuu. Yksittäinen käsin editoitava piirustus ei vaadi paljoa lisätyötä, mutta vastaavanlaisissa tilanteissa syntyy lukuisia piirustuksia lisää joka tarkoittaa työmäärän kasvamista.



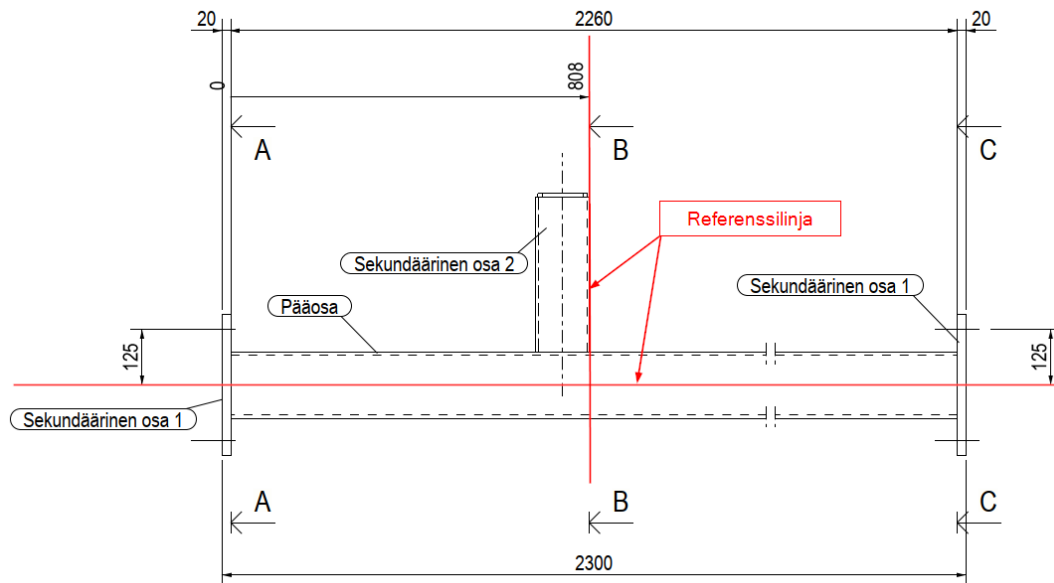
KUVA 9. Kuvassa esitetyt kaapelihyllyjen kannakkeet ovat peilikuvia toisistaan, joten niistä tulee myös kaksi erillistä piirustusta

Ohjeessa pyrittiin myös ohjeistamaan mallinnustapojen aiheuttamaa vaikutusta mallista automaattisesti tuotettaviin piirustuksiin ja niissä esitettäviin mittalinjoihin. Teklassa jokaiselle osalle määritetään alku- ja loppupiste, joiden väliin osalle valittu profiili ”pursotetaan” kolmiulotteisessa mallissa (kuva 10). Osan alku- ja loppupisteen välille muodostuu referenssilinja, johon Teklan automaattimitoitus kiinnittää automaattisesti tuotetut mittalinjat.



KUVA 10. Osan alkupistettä kuvaa keltainen merkki (X) ja loppupistettä kuvaa violetti merkki (X)

Automaattimitoituksen toimintaa pyrittiin selkeyttämään luomalla ohjeeseen tilannetta havainnollistava kuva (kuva 11). Kuvassa esitetyn perusviivamitan nolapiste määräytyy pääosan alkupisteen mukaisesti. Perusviivamitta ulottuu sekundäärisen osan 2 takapintaan, koska kyseisen osan referenssilinja on osan takaosassa. Sekundäärinen osa 2 on siis pursotettu referenssilinjan vasemmalle puolelle. Kuvasta voidaan myös huomata, että pääosan referenssilinja sijaitsee keskellä pääosaa. Tämän vuoksi sekundäärisen osan 1 ruuvireikä mitoituu pääosan keskelle.



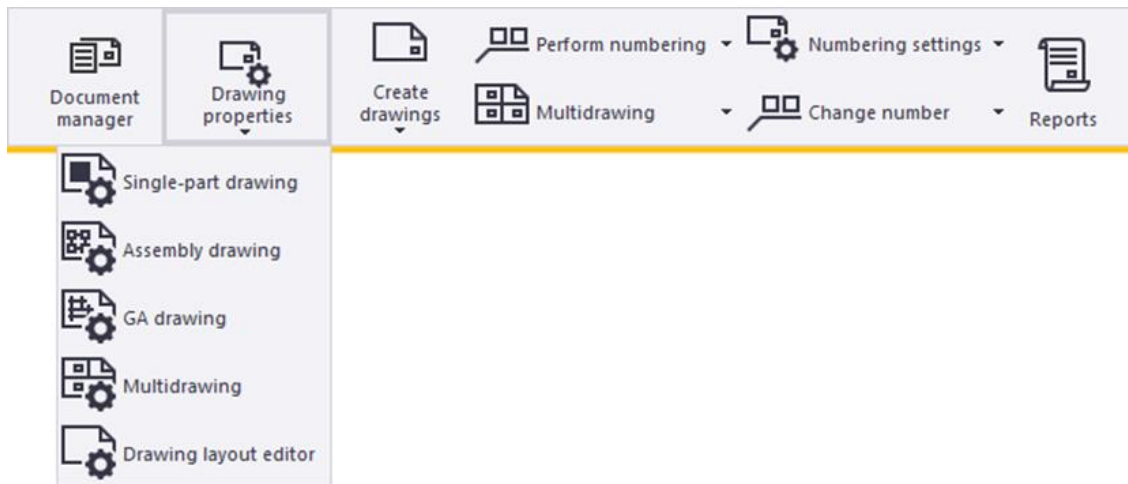
KUVA 11. Osien referenssilinjat määrittävät automaattimitoituksen mitoituskohdat kokoonpanopiirustuksissa

5.3.2 Piirustusasetuksien määrittäminen

Tekla Structures -ohjelmistolla luotavat piirustukset tehdään aina kolmiulotteisen tietomallin pohjalta. Tietomallin pohjalta luotavat piirustukset luodaan Teklalla automaattisesti ja automatiikan toimintaa ohjataan erikseen määritettävillä piirustusasetuksilla. Hyvin toimivien piirustusasetuksien määrittämiseen tulee panostaa, koska sillä tavalla voidaan minimoida käsin tehtävän editoinnin määrä.

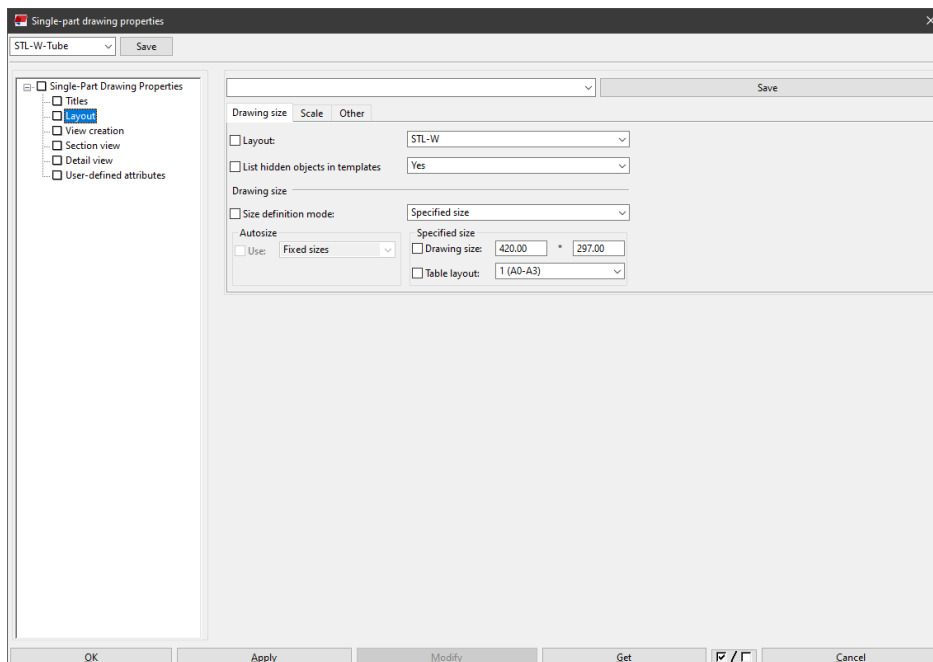
Piirustusasetukset määrittävät, että millaisen piirustuksen Tekla luo valitusta osasta tai kokoonpanosta. Automaattisen piirustusten luonnin jälkeen piirustuksia joudutaan kuitenkin usein editoimaan käsin. Käsin editointi on aikaa vievää ja epätehokasta, minkä vuoksi sitä tulisi aina mahdollisuuksien mukaan välttää. Siksi ohjeessa pyrittiin ohjeistamaan piirustusasetuksien määrittämistä.

Piirustusasetukset voidaan määrittää Teklan "Drawing properties" -valikon alta (kuva 12). Jos mikään valmiiksi tallennettu piirustusasetus ei tuota tyydyttävää lopputulosta, voidaan nykyisiä asetuksia muokata vastaamaan tarpeita. Asetuksien muokkaus suoritetaan aina muokkaamalla parhaiten tilanteeseen toimivia asetuksia ja tallentamalla asetukset uudella nimellä. Asetuksia ei siis koskaan tulisi luoda täysin tyhjästä vaan aina muokkaamalla ne valmiista asetuksista.



KUVA 12. Piirustusasetukset määritetään erikseen erityyppisille piirustuksille "Drawing properties"-valikon alta

Täydellisten, kaikissa tilanteissa toimivien piirustusasetuksien luominen on käytännössä mahdotonta. Tästä syystä valmiiksi tallennettuja asetuksia tarvitaan useita, erilaisia osia ja kokoonpanoja varten. Osa- ja kokoonpanopiirustuksilla asetusvalikko on identtinen, eli se sisältää samat asetukset (kuva 13).



KUVA 13. Osapiirustusten asetusvalikko

Taulukossa 1 on esitetty ”Drawing properties” -valikosta löytyvät asetusvaihtoehdot. Osalla asetuksista voidaan vaikuttaa piirustuksen muotoon ja kokoon, kun taas osalla vaikutetaan piirustuksen sisällön esitystapaan.

TAULUKKO 1. ”Drawing properties” -valikon asetuksista määritetään piirustuksien luontiin sovellettavat asetukset

Titles	Titles-valikosta määritetään piirustuksen dokumenttinumero, sijainti, sisältö sekä piirustuksen tyyppi.
Layout	Layout-valikosta määritetään piirustuksessa käytettävä layout eli piirustuksen asetelma. Layoutilla tarkoitetaan piirustuksessa esitettäviä taulukoita, piirustuksen kokoa ja piirustuksessa esitettävien näkymien skaalaa.
View creation	View Creation -valikossa määritetään piirustukseen luotavat näkymät, näkymien mitoitukset, näkymissä esitettävät osa-tunnukset ja objektien esitystavat.
Section view	Section View -valikossa määritetään mahdollisten leikkausnäkymien esitystavat.
Detail view	Detail View -valikossa määritetään mahdollisten detaljien nimeämistapa
User-defined attributes	User-defined attributes -valikossa eli UDA-valikossa määritetään piirustuksen nimiön ja muiden taulukoiden sisältö. UDA-asetuksista voidaan myös piilottaa layoutin mukaisia taulukoita sekä muuttaa taulukoiden kokoa.

5.3.3 Piirustuksien editoiminen

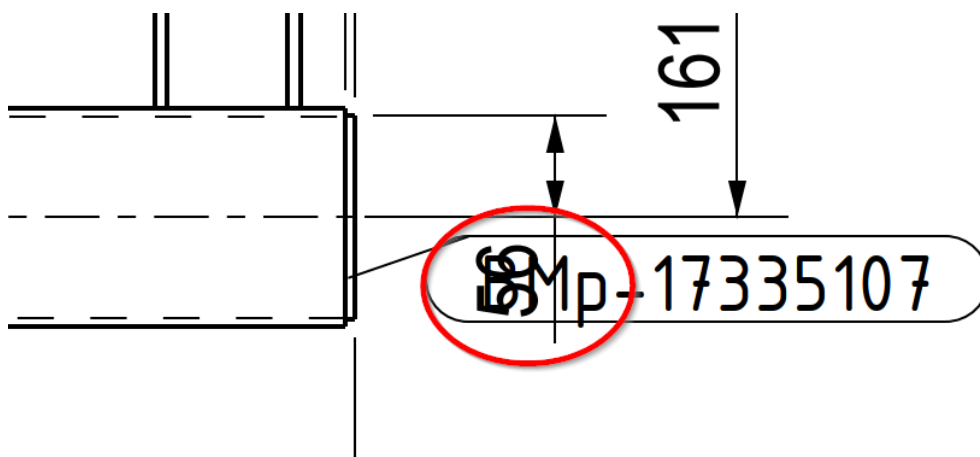
Piirustusten manuaalinen editoiminen on usein välttämätön, mutta paljon aikaa vievä työvaihe. Tämän vuoksi ohjeessa pyrittiin painottamaan, että editointiin käytettävää aikaa tulisi aina pyrkiä minimoimaan. Tarvittavan käsin editoinnin määrää voidaan vähentää merkittävästi, kun käytetään tilanteeseen sopia piirustusasetuksia.

Oikeilla osapiirustuksien asetuksilla osapiirustuksia ei tarvitse yleensä editoida laisinkaan muutamia poikkeustapauksia lukuun ottamatta. Osapiirustuksia voidaan usein tarvita satoja, ellei tuhansia, joten osapiirustuksien editoimiseen ei tulisi käyttää aikaa. Jos osapiirustukset vaativat manuaalista editoimista, niin vika on aina lähtökohtaisesti piirustusasetuksissa ja vika on korjattava muuttamalla asetuksia.

Kokoonpanopiirustukset vaativat tyypillisesti osapiirustuksia enemmän editointia. Yksinkertaisista kokoonpanoista voidaan saada hyvillä asetuksilla suoraan julkaisukelpoisia, mutta monimutkaisempiin kokoonpanoihin täytyy usein lisätä vähintään mittalinjoja tai mittapisteitä.

Ohjeessa pyritään myös selventämään, millaisella piirustuksien editoinnilla on merkitystä. Piirustuksia editoidessa tulisivat kiinnittää huomiota siihen, millainen editointi on merkityksellistä. Piirustusten tulisi olla selkeästi luettavissa ja yleisilmeeltään siistejä ja sisältää kaikki osan tai kokoonpanon valmistukseen tarvittavat tiedot. Ei ole tarkoituksenmukaista tehdä niin sanotusti täydellisiä piirustuksia, sillä silloin piirustusten tekemiseen kuluu yksinkertaisesti liikaa aikaa.

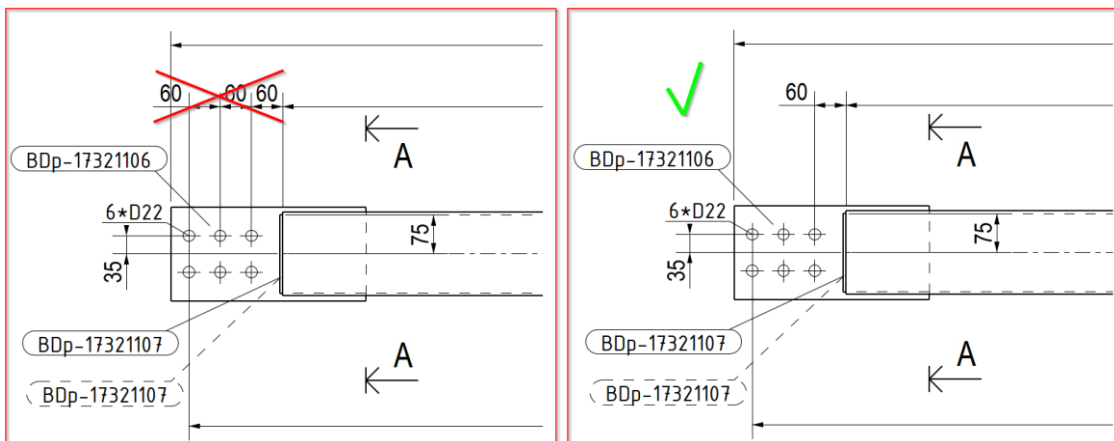
Esimerkiksi osatunnusten turhaan sommitteluun saadaan usein kulumaan turhaa aikaa piirustuksia editoitaessa. Osatunnusten ei tarvitse olla hienosti samaan linjaan aseteltuna, vaan riittää, että osatunnukset ovat helposti luettavissa ja piirustuksesta selkeästi ilmenee mihin osaan osatunnus viittaa. Mahdolliset päällekkäisyydet esimerkiksi mittalukujen kanssa on toki korjattava, jotta piirustuksen luettavuus säilyy (kuva 14).



KUVA 14. Osatunnus on vaikeasti luettavissa, kun se törmää mittaluvun kanssa

Piirustuksessa esitettävien mittojen osalta on kiinnitettävä huomioita piirustuksen piirustustyyppiin. Osapiirustuksien tarkoituksena on ohjeistaa konepajaa valmistamaan yksittäisiä kokoonpanoissa tarvittavia osia. Tällöin piirustuksesta täytyy ilmetä mitta jokaiselle aihioon tehtävälle reiälle ja leikkaukselle, jotta osan valmistaminen on mahdollista.

Kokoonpanopiirustuksen tarkoituksena on ohjeistaa konepajaa kasaamaan yksittäisistä osista koostuvia kokoonpanoja. Tällöin on oleellista esittää osien yhdistämiseen tarvittavat mitat ja kiinnitystavat, eikä jokaisen yksittäisen reiän esittämisestä ole etua (kuva 15).



KUVA 15. Kokoonpanopiirustuksessa ei ole oleellista esittää jokaista pultin reikää

5.3.4 Dokumenttien tulostaminen

Kun piirustukset on luotu ja editoitu valmiiksi, ne voidaan tulostaa Teklasta useissa eri muodoissa. Teklasta voidaan tulostaa PDF-tiedostoja, tallentaa piirustukset plot-tiedostoina (.plt) piirturilla tulostamista varten tai tulostaa piirustukset suoraan tulostimella. Nykyisin piirustuksista toimitetaan PDF-muotoiset dokumentit asiakkaille lähes poikkeuksetta.

Yleensä asiakkaalle toimitetaan PDF-tiedostojen lisäksi myös DWG- tai DXF-tiedostot piirustuksista. DWG on Autocadin standardi tiedostotyyppi, joka voi sisältää kaksi- tai kolmeulotteista suunnittelutietoa sekä metadataa. DXF-tiedosto puolestaan on Autodeskin kehittämä tiedostotyyppi, joka on kehitetty helpottamaan tiedonsiirtoa Autocadin ja muiden CAD-ohjelmistojen välillä. DXF-tiedostoja käytetään konepajoilla levyosien leikkaamiseen ja nestaamiseen. (19.)

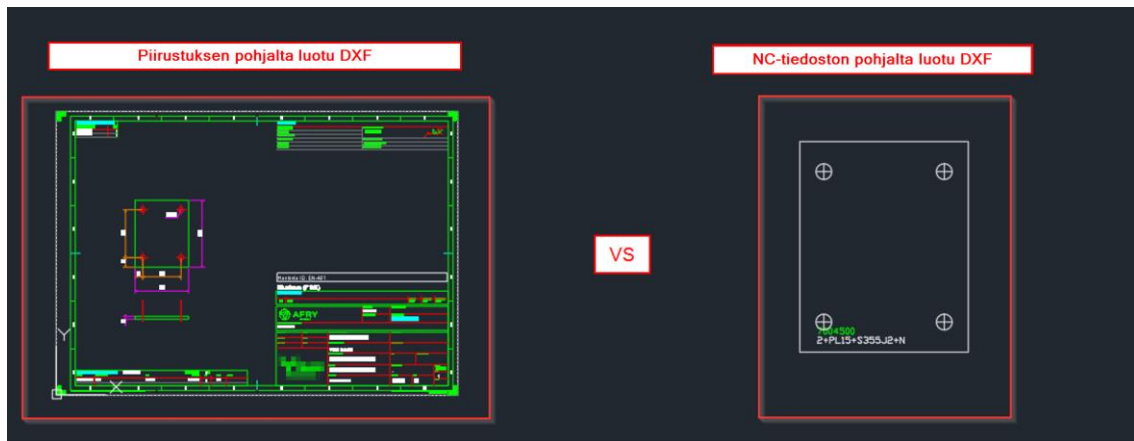
Nykyään konepajoille lähetetään lähes poikkeuksetta myös NC-tiedostot valmistettavista osista. NC-tiedostoja käytetään konepajoilla käytettävien työstökoneiden ohjaukseen. CNC-koneistukset, poraukset, leikkaukset ja syvennykset voidaan tehdä NC-tiedostojen avulla automaattisesti nykyaikaisilla laitteilla.

Osa nykyaikaisilla laitteilla varustelluista konepajoista tarvitsevat XML-tiedostot tietomallista. XML-tiedostoihin voidaan sisällyttää kaikki osat, kokoonpanot, komponentit, phaset, liitokset, merkintätiedot ja kaikki muukin kolmiulotteinen tieto mallista. XML-tiedostoja käytetään työstölaitteiden automaattiseen ohjaukseen ja projektin hallintaan konepajalla.

Lisäksi mallista tulostetaan mallin sisältämää tietoa luetteloiksi. Luettelot voivat olla esimerkiksi osa-, materiaali-, osakokoonpano- tai kiinnikeluetteloita. Yleensä luettelot toimitetaan asiakkaille xls-tiedostona, jolloin tiedon hyödyntäminen ja hallinnoiminen on helppoa.

Ohjeeseen kirjoitettiin yksityiskohtaiset vaihe-vaiheelta ohjeet kunkin tiedostotyyppin tulostamisesta Teklasta. DXF-tiedostojen osalta jouduttiin miettimään tarkemmin, miten tiedostojen tulostaminen kannattaisi ohjeistaa, koska DXF-tiedostot voidaan luoda kahdella eri tavalla. DXF-tiedostot voidaan tulostaa suoraan Teklasta tai ne voidaan luoda NC-tiedostojen pohjalta erillisen työkalun avulla. NC-tiedostojen pohjalta luodessa etuna on, että tiedostoihin piirtyy pelkkä osa ilman kehyksiä, nimiötä tai mittaviivoja.

DXF-tiedostojen tulostamisesta päätettiin kysyä suoraan konepajoilta. Sähköpostia varten luotiin molemmilla tavoilla esimerkkitiedostot, jotka lähetettiin kahdelle eri konepajalle arvioitavaksi. Molemmilta konepajoilta saatiin vastaukseksi, että NC-tiedoston pohjalta luotu tiedosto on parempi vaihtoehto (19). Konepajojen kannalta on siis parempi mitä riisutumpi DXF-tiedostosta saadaan, jolloin heidän ei tarvitse muokata tiedostoa itse (kuva 16).



KUVA 16. Konepajoille lähetettiin vertailtavaksi kahdella eri tavalla luodut DXF-tiedostot

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa AFRY Finland Oy:lle yrityksen sisäinen suunnitteluohje tehostamaan konepajapiirustustuotantoa Tekla Structures -tietomallinnusohjelmistolla. Suunnitteluohje suunnattiin vasta uransa aloittaneille insinööreille ja harjoittelijoille tukemaan piirustustuotantoprosessin kulkua. Ohjeessa oli tarkoitus käsitellä kaikkia piirustustuotannon vaiheita ja tarjota selkeät ohjeet jokaiseen vaiheeseen. Ohjeistuksen lisäksi ohjeeseen sisällytettiin myös vinkkejä prosessin eri vaiheisiin ja pyrittiin havainnollistamaan millaisia tuloksia esimerkiksi piirustusmitoituksen automaatiosta voidaan saada, kun siihen perehdytään syvällisemmin.

Työhön onnistuttiin sisällyttämään lähes kaikki sille tavoitteeksi annetut aihealueet. Konepajadokumenttien tiedostonhallintaohje päädyttiin alkuperäisistä tavoitteista poiketen rajaamaan työn ulkopuolelle, sillä siitä löytyi jo ajantasainen, erillinen ohjeistus. Muutoin tehty työ täytti sille määritetyt tavoitteet ja työstä saatiin positiivista palautetta työn tilaajalta.

Ohjeen käytännöllisyydestä voitaisiin myöhemmin teettää yrityksen sisäinen kysely, kun ohjeen käytöstä on kerennyt kertyä käyttökokemuksia. Näiden kokemusten pohjalta ohjetta voitaisiin jatkokehittää vastaamaan tarpeita entistä paremmin ja laajemmin. Ohje pyrittiinkin suunnittelemaan niin, että sen jatkokehittäminen olisi mahdollisimman helppoa. Jatkuvasti kehittyvä ohjelmisto osataan pakottaakin pitämään ohjeistuksen ajan tasalla, sillä Tekla julkaisee vuosittain uuden version ohjelmistostaan. Vuosittaisten päivitysten lisäksi ohjelmistoon tulee jatkuvasti pienempiä päivityksiä.

Ohjetta kirjoitettaessa täytyi jatkuvasti tasapainotella siinä, kuinka syvällisesti mikäkin asia ohjeistettaisiin tai selitettäisiin. Ohjeen kirjoittamisen alkuvaiheessa haasteena olikin löytää sopiva tasapaino. Ohje piti yrittää pitää sopivan kompaktina, mutta silti piti yrittää tarjota kaikki oleellinen tieto. Aluksi ohjeen kirjoittaminen meinasikin lähteä liian yksityiskohtaiseksi selostamiseksi, mutta lopulta sopiva tasapaino kuitenkin löydettiin.

LÄHTEET

1. Building Smart Finland 2022. Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012. Osa 1, Yleinen osuus. Hakupäivä 10.2.2022. <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>.
2. AFRY Finland Oy 2022. Tietoa meistä. Hakupäivä 10.2.2022. <https://afry.com/fi-fi/tietoa-meista>.
3. Sitowise 2022. Tietomallinnus – BIM. Hakupäivä 11.2.2022. <https://www.sitowise.com/fi/digitaaliset-palvelut/teknologiat/tietomallinnus-bim>.
4. Building Smart Finland 2022. Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012. Osa 5, rakennesuunnittelu. Hakupäivä 10.2.2022. <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>.
5. Jäväjä, Päivi & Lehtoviita, Timo 2016. Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla. Helsinki: Rakennustieto Oy.
6. Trimble 2021. T2 Allianssi, Helsinki-Vantaan lentoasema. Hakupäivä 18.2.2022. <https://www.tekla.com/fi/bim-awards/t2-allianssi-helsinki-vantaan-lentoasema>.
7. Gravicon 2020. Tietojohtamisen standardi ilmestyi ja se on olennainen kaikille rakennusalalla toimiville. Hakupäivä 21.3.2022. <https://www.gravicon.fi/julkaisu/tietojohtamisen-standardi-ilmestyi-ja-se-on-olennainen-kai-kille-rakennusalalla-toimiville>.
8. Building Smart Finland Oy 2022. Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012. Hakupäivä 8.4.2022. <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>.
9. A-Insinöörit 2022. Tietomallinnus. Hakupäivä 11.2.2022. <https://www.ains.fi/palvelut/muut-asiantuntijapalvelut/tietomallinnus>.
10. Rakennuslehti 2015. Teklan nimi vaihtuu Trimbleksi – tuoteperheen nimi säilyy Teklana. Hakupäivä 11.2.2022. <https://www.rakennuslehti.fi/2015/12/teklan-nimi-vaihtuu-trimbleksi-tuoteperheen-nimi-sailyy-teklana/>.
11. Trimble 2022a. Tekla Structures. Hakupäivä 11.2.2022. <https://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-structures>.
12. Trimble 2019. Enhancements for precast concrete. Hakupäivä 8.4.2022. <https://www.tekla.com/websites/2019/>.
13. Trimble 2020a. Reference models and compatible formats. Hakupäivä 8.4.2022. https://support.tekla.com/doc/tekla-structures/2020/int_reference_models.
14. Trimble 2022b. Tutustu turvalliseen ja tuottavaan yhteistyöhön Tekla Model Sharingilla.

- Hakupäivä 23.2.2022. <https://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-model-sharing>.
15. Trimble 2022c. Tekla student subscription. Hakupäivä 23.2.2022.
<https://www.tekla.com/solutions/campus/student-subscription>.
 16. Hämeen ammattikorkeakoulu 2008. Teräsrakentaminen. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu.
 17. Hintikka, Jiri 2017. Teräspiirustusten tietomallipohjaisen tuotannon uudistaminen ja tehostaminen. Tampereen ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 21.2.2022.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/132828/Hintikka_Jiri.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
 18. Ruukki Construction 2016. Konepajapiirustuksien laadintaohje. Versio 1.4.
 19. Steel Group Pohjanmaa Oy, Kavamet-Konepaja Oy 2022. Paras tapa luoda DXF-tiedosto Tekla Structures-ohjelmistolla. Henkilökohtainen sähköpostiviesti 1.3.2022. Vastaanottaja: Olli-Pekka Niemi.
 20. Trimble 2021a. Drawings in Tekla Structures. Hakupäivä 11.4.2022.
https://support.tekla.com/fi/node/119290?check_logged_in=1.
 21. Trimble 2020b. Filter objects. Hakupäivä 2.5.2022.
https://support.tekla.com/fi/doc/tekla-structures/2020/mod_filtering_objects.
 22. Trimble 2021b. Environment, company, and project settings for administrators. Hakupäivä 11.4.2022. <https://support.tekla.com/fi/node/119976>.
 23. Trimble 2022d. How Tekla Structures applies drawing properties in drawing creation. Hakupäivä 7.5.2022. https://support.tekla.com/fi/doc/tekla-structures/2020/dra_applying_drawing_properties.
 24. Trimble 2018. Tables in drawing layout. Hakupäivä 2.5.2022.
https://support.tekla.com/doc/tekla-structures/2018/dra_tables.
 25. Trimble 2020c. What is numbering and how to plan it. Hakupäivä 7.5.2022.
https://support.tekla.com/doc/tekla-structures/2020/mod_what_is_numbering.
 26. Trimble 2022e. First steps - Creating drawings. Hakupäivä 7.5.2022.
<https://support.tekla.com/fi/node/143723>.
 27. Trimble 2022f. Tekla Structures 2021 PDF documentation. Hakupäivä 7.5.2022.
https://support.tekla.com/fi/doc/tekla-structures/2021/tekla_structures_pdf_documentation.

WORKSHOPIT

Ryhmä 1 (Harjoittelijat)

- Ei ole tietoa, että mitä kaikkea Tekalla voidaan tehdä ja millaisia piirustusasetuksia ylipäätään on olemassa.
- Aina ei ole aikaa perehtyä asetuksiin syvällisemmin, joten usein on helpompi vaan editoida käsin, vaikka asetuksia säätämällä voisikin saada parempia tuloksia.
- Alkuun kaikki oli uutta, eikä mistään ymmärtänyt oikein mitään. Pikkuhiljaa sitten oppinut työn ohessa käyttämään Teklaa paremmin ja paremmin.
- Ehdotus: Voisiko ohje sisältää yleisiä ongelmien korjauksia Teklassa?
- Yleinen ohje tärkeimmistä asetuksista, jotta tietää mitä kaikkea asetusten kautta voi säätää.

Ryhmä 2

- Voitaisiinko ohjeessa selventää ja koittaa vääntää rautalangasta, että millaiset mitat ovat missäkin piirustustyyppissä tärkeitä ja oleellisia. Esim. kokoonpanopiirustuksissa ei tarvitse esittää kaikkien pulttien välisien reikien mittoja, koska kp. piirustuksen tarkoitus on, että sen avulla kokoonpano saadaan kasattua.
- Joku havainnollistava kuvitettu esimerkki edelliseen liittyen
- Tärkeätä olisi myös saada porukka ymmärtämään minkä vuoksi piirustuksissa esitetään mikäkin mitta. Eli mikä on esimerkiksi kokoonpanon äärimitan funktio. Muuten ei koskaan opita soveltamaan, vaikka joku esimerkki piirustus olisikin rinnalla apuna.
- Kaikkien ei välttämättä tarvitsisi osata kaikkia Teklan piirustusasetuksia säätää. Tärkeintä olisi, että yleisimmät asetukset osataan hyvin (layoutit, skaalat ja paperikoot jne.).
- Part markkien ja mittaviivojen hifistelyliikuttelu täysin turhaa