

Pekka Okuloff

Piirustusohjelmien ja oletustiedostojen luonti insinööritoimiston CAD-ohjelmille

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Insinööriä

21.8.2017

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Pekka Okuloff Piirustusohjelmien ja oletustiedostojen luonti insinööritoimiston CAD-ohjelmille 41 sivua 21.8.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Konetekniikka
Ammatillinen pääaine	Koneensuunnittelu
Ohjaajat	Department Manager Henri Laine Lehtori Pekka Salonen
<p>Tässä insinööriyössä suunniteltiin ja toteutettiin piirustusohjelmat sekä oletustiedostot neljälle CAD-ohjelmalle, insinööritoimisto Etteplanin Vantaan mekaniikkaosaston käyttöön. Raportissa käsitellään tietokoneavusteista suunnittelua, teknillistä piirtämistä ja siihen liittyviä standardeja. Työn toteutus käydään läpi jokaiselle CAD-ohjelmalle erikseen.</p> <p>Työn tavoitteena oli luoda helppokäyttöiset, helposti käyttöönotettavat ja ulkoasultaan yhtenäiset oletustiedostot ja piirustusohjelmat, jotka soveltuvat ensisijaisesti mekaniikkasuunnittelun tarpeisiin. Kaikkien tiedostojen tuli olla loppukäyttäjän itse asennettavissa.</p> <p>Piirustusohjelmien rakenne suunniteltiin teknilliseen piirustukseen liittyvien standardien pohjalta, mutta poikkeuksia tehtiin tilaajan toiveiden tai ohjelmien teknisten rajoitteiden pohjalta.</p>	
Avainsanat	Tietokoneavusteinen suunnittelu, teknillinen piirtäminen, Siemens NX, Solidworks, Autodesk Inventor, PTC Creo

Author Title Number of Pages Date	Pekka Okuloff Designing Drawing and File Templates for an Engineering Office 41 pages 21 August 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical and Production Engineering
Professional Major	Machine Design
Instructors	Henri Laine, Department Manager Pekka Salonen, Senior Lecturer
<p>The aim of this Bachelor's thesis was to design and create drawing and file templates for four different CAD-software, used at Etteplan's mechanical engineering department. This report examines computer aided design, technical drawing and the respective standards.</p> <p>The design objective was to create templates which are easy to use and implement with a uniform layout primarily suitable for the needs of mechanical design. All files must be installable by the end user.</p> <p>The layout of the drawing templates was designed according to standards related to technical drafting, but exceptions were made according to the clients' wishes and technical restrictions of the CAD -software.</p>	
Keywords	Computer aided design, Technical drawing, Siemens NX, Solidworks, Autodesk Inventor, PTC Creo

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Suunnittelun lähtökohdat	1
2.1	Tietokoneavusteinen suunnittelu	1
2.2	Teknillinen piirustus	2
3	Työn laajuus	2
3.1	Valitut CAD-ohjelmat	2
3.2	Vaaditut ominaisuudet	3
3.2.1	Oletustiedostot	3
3.2.2	Tiedoston tunnistheet	3
3.2.3	Piirustusohjat	4
3.2.4	Kehys	4
3.2.5	Otsikkotaulu	5
3.2.6	Piirustuskenttä	6
3.2.7	Taulukot	7
4	Työn toteutus	8
4.1	Siemens NX 10	8
4.1.1	Oletustiedostot	8
4.1.2	Piirustusohjat	12
4.1.3	Kehys	12
4.1.4	Otsikkotaulu	12
4.1.5	Piirustuskenttä	13
4.1.6	Taulukot	14
4.2	SolidWorks 2017	15
4.2.1	Oletustiedostot	15
4.2.2	Piirustusohjat	18
4.2.3	Kehys	18
4.2.4	Otsikkotaulu	19
4.2.5	Piirustuskenttä	21
4.2.6	Taulukot	21

4.3	Autodesk Inventor 2016	23
4.3.1	Oletustiedostot	23
4.3.2	Piirustusohjat	25
4.3.3	Kehys	26
4.3.4	Otsikkotaulu	27
4.3.5	Piirustuskenttä	28
4.3.6	Taulukot	29
4.4	PTC Creo 3	31
4.4.1	Oletustiedostot	32
4.4.2	Piirustusohjat	34
4.4.3	Kehys	35
4.4.4	Otsikkotaulu	35
4.4.5	Piirustuskenttä	36
4.4.6	Taulukot	37
5	Yhteenveto	39
	Lähteet	40

Lyhenteet

CAD	Computer Aided Design. Tietokoneavusteinen suunnittelu.
CAE	Computer Aided Engineering. Tietokoneavusteinen tekniikka.
CAM	Computer Aided Manufacturing. Tietokoneavusteinen valmistus.
PDM	Product Data Management. Tuotetiedon hallinta.

1 Johdanto

Insinööriyön aiheena oli suunnitella piirustusohjelmat ja oletustiedostot CAD-ohjelmille, Etteplan Design Center Oy:n Vantaan mekaniikkaosaston käyttöön. Työhön sisältyvät osat ja niiden toteutustavat sovittiin yhdessä osaston Department Managereitten kanssa.

Suurin osa osaston suunnittelijoista toimii komennuksella jonkin asiakkaan tiloissa ja käyttää silloin asiakkaan CAD-ohjelmia, joissa on asiakkaan omat piirustusohjelmat ja oletustiedostot. Osasto toteuttaa kuitenkin myös yksittäisiä projekteja asiakkaille, omana suunnittelunaan, jolloin käytetään Etteplanin omia ohjelmia. Tällä hetkellä Etteplanilla ei ole yhtenäisiä piirustusohjelmia CAD-ohjelmille. Osa ohjelmista ei ole omia piirustusohjelmia ollenkaan. Koska omia oletustiedostoja tai ladattavia asetuksia ei ohjelmille myöskään ole, joutuu uusi käyttäjä ohjelman asentamisen jälkeen, käyttämään usein runsaasti aikaa ohjelman asetusten säätämiseen.

Etteplan on kasvava yritys, jossa työskentelee yli 3 000 asiantuntijaa. Yhtiön palvelut kattavat teollisuuden laite- ja laitossuunnittelun, sulautettujen järjestelmien ja IoT:n (esineiden internet) sekä teknisen dokumentoinnin ratkaisut. Vuonna 2017 Etteplanin liikevaihto oli noin 215 miljoonaa euroa. Yhtiö toimii Suomessa, Ruotsissa, Alankomaissa, Saksassa, Puolassa ja Kiinassa. ^[1]

2 Suunnittelun lähtökohdat

2.1 Tietokoneavusteinen suunnittelu

Tietokoneavusteinen suunnittelu (CAD) voidaan määritellä tietokoneen ja ohjelman käyttämiseksi tuotteen suunnittelussa. CAD-ohjelmistoja voidaan käyttää monien eri teknisten ratkaisuiden suunnitteluun, kuten esimerkiksi rakenne-, sähkö-, putkisto-, ja mekaniikkasuunnitteluun. CAD-ohjelmistolla voidaan tehdä kaksiulotteinen kuva suunnitellusta tuotteesta tai kolmiulotteinen malli, jonka pohjalta voidaan luoda myös kaksiulotteinen teknillinen piirustus. Tässä työssä käsiteltyjä CAD-ohjelmistoja käytetään työn tilaajan puolesta enimmäkseen mekaniikkasuunnitteluun. Kaikki nämä ohjelmat käyttävät kolmiulotteista mallinnusta. ^[2; 3]

2.2 Teknillinen piirustus

Teknillinen piirustus on graafinen malli, jolla voidaan määritellä tuotteet geometriset muodot, mitat, ja muut tekniset yksityiskohdat riittävän tarkasti ja yksiselitteisesti, niin että eri yrityksissä ja eri maissa valmistetut komponentit voidaan asentaa toimiviksi kokonaisuuksiksi. ^[4]

Vaikka työn tilaaja käyttää tuotteen suunnittelussa pääasiassa kolmiulotteista mallinusta, on useimmiten tarpeen laatia myös kaksiulotteinen teknillinen piirustus tuotteen valmistusta varten, sillä monilla pienemmillä valmistajilla, kuten konepajoilla, ei ole valmiuksia kolmiulotteisten mallien käyttöön valmistuksessa.

Tässä työssä on käytetty pohjana tekniseen piirustukseen liittyviä ISO-standardeja, jotka liittyvät mm. viivanpaksuuksiin, otsikkotauluun ja osaluetteloon. Poikkeuksia standardiin on kuitenkin tehty tilaajan tarpeiden mukaan.

3 Työn laajuus

3.1 Valitut CAD-ohjelmat

Etteplan, kuten monet suuremmat insinööritoimistot, käyttää useita eri CAD-ohjelmia, sekä eri laajuisia lisenssejä samasta ohjelmasta. Tämä johtuu siitä, että projektit tehdään alihankintana jollekin teollisuusyritykselle, joka haluaa, että työ toteutetaan samalla ohjelmalla, jota yritys käyttää omassa suunnittelussaan.

Tähän työhön valittiin neljä CAD-ohjelmaa, joita käytetään eniten Vantaan mekaniikkasuunnitteluosastolla ja joita myös Etteplanin suurimmat asiakkaat käyttävät. Nämä ohjelmat ovat

- Siemens NX 10
- Solidworks 2017
- Autodesk Inventor 2016
- PTC Creo 3

3.2 Vaaditut ominaisuudet

Tilaajan kanssa sovittiin, mitä ominaisuuksia työssä luotavien tiedostojen tulisi sisältää. Tällä tarkoitetaan esimerkiksi piirustusohjien rakennetta, mallin sisältämiä tietoja ja piirustuksen osien automatisointia.

3.2.1 Oletustiedostot

Oletustiedostoilla tarkoitetaan tässä työssä template-tiedostoja, jotka sisältävät tarvittavat asetukset, kuten esimerkiksi käytettävät mittayksiköt, toleranssit ja työskentelytilan uuden mallin luomiseksi CAD-ohjelmalla. Tyypillisesti CAD-ohjelmissa ovat template-tiedostot yksittäiselle 3D-mallille (part template) ja useamman 3D-mallin kokoonpanolle (assembly template). Lisäksi monissa ohjelmissa on oma template ohutlevysuunnittelulle (sheet metal template) ja mahdollisesti muille ohjelman työskentelytiloille.

Oletustiedostoille asetettiin seuraavat vaatimukset:

- Yksiköt ns. koneenrakennusyksiköiksi: $mm / kg / kg \cdot mm^3$.
- Kaikki toleranssit ISO-standardien mukaan.
- Etteplanin omat tunnisteet muuttujina tiedostossa.
- Massa ja materiaali piirustusta varten.

3.2.2 Tiedoston tunnisteet

Tiedostojen etsimisen ja tunnistamisen helpottamiseksi päätettiin ottaa käyttöön neljä tunnistetta, jotka olisivat nimettyinä parametreina kaikissa oletustiedostoissa ja joihin käyttäjän lisäämät tiedot näkyisivät myös piirustusten tiedosto-osissa, kuten otsikkotaulussa ja osaluettelossa.

- TITLE. Otsikko. Mallin tai kokoonpanon nimi joka on hyvin kuvaava ja yksinkertainen, eikä tarpeettomasti rajaa osaa tiettyä käyttöä tai sovellusta varten.
- ID NUMBER. Tunnistenumero. Yksilöllinen numero yksittäisen osan tai kokoonpanon tunnistamiseksi. Käytetään koska yksilöllisten nimien keksiminen vaikeaa.
- AUTHOR. Mallin tekijän nimi.
- NOTES. Lisätietoja mallista, jotka voidaan esittää osaluettelossa. Esimerkiksi ulkomitat, pintakäsittely tms.

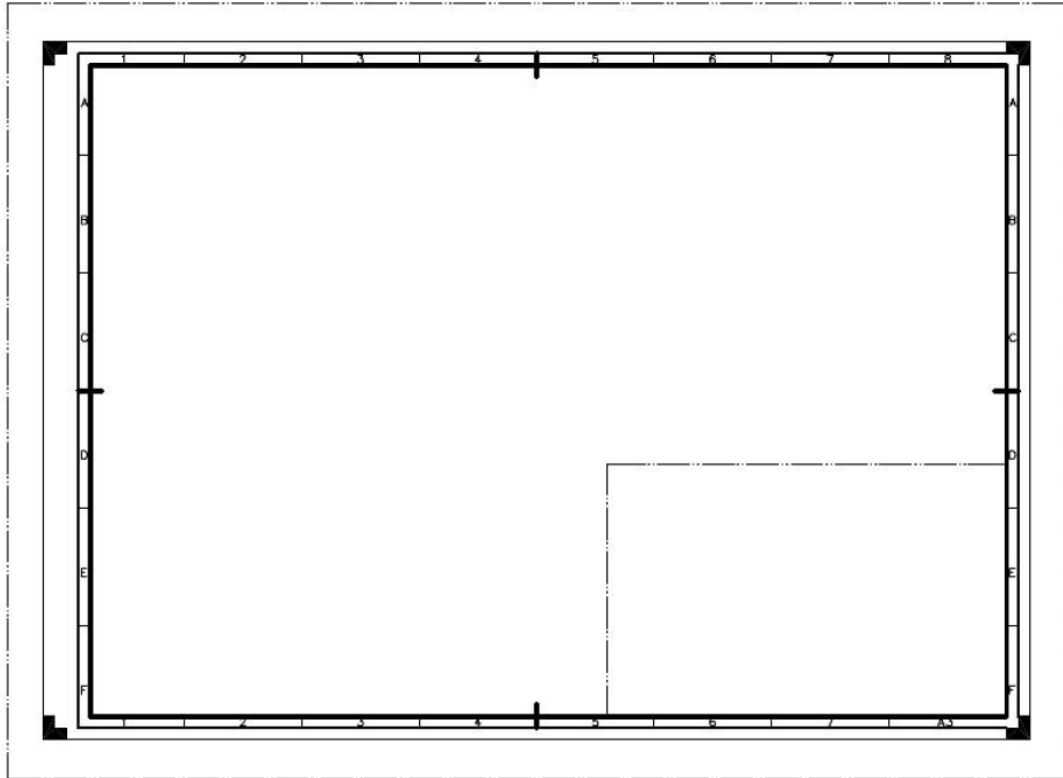
3.2.3 Piirustusohjat

Piirustusohjilla tarkoitetaan tässä työssä CAD-ohjelman käyttämiä tiedostoja, jotka sisältävät kaiken uutta piirustusta varten tarvittavan tiedon, kuten esimerkiksi piirustuksen kehysten, otsikkotaulun ja tietokentät. Piirustusohjat luotiin arkkikoille A0, A1, A2, A3 ja A4. Piirustusohja jaetaan käsittelyn helpottamiseksi tässä työssä neljään osaan; kehys, otsikkotaulu, piirustuskenttä ja taulukot.

3.2.4 Kehys

Kehyksellä tarkoitetaan tässä piirustuskentän reunusta, ulkoreunusta, leikkausmerkkejä, paikannusruudukkoa ja keskitysmerkkejä, jotka määritellään standardissa SFS-EN ISO 5457 (kuva 1).^[5]

Kehys suunniteltiin SFS-EN ISO 5457 -standardin mukaan. Ei ohjelmien välillä oli huomattavia eroja siinä, miten piirustuksen kehys toteutettiin, mutta kehukset pyrittiin kuitenkin toteuttamaan mahdollisimman samannäköisinä eri ohjelmissa. ^[5]



Kuva 1. Esimerkki standardin SFS-EN ISO 5457 mukaisesta kehyksestä A3-kokoisessa piirustus pohjassa.

Standardin mukaisten osien lisäksi kehykseen vaadittiin seuraavat lisäosat:

- 'Confidential Information' -merkintä vasempaan marginaaliin.
- mallin ja piirustuksen tiedostopolku vasempaan marginaaliin.
- 'PRELIMINARY DRAWING' -teksti, jonka näkyvyyttä voidaan säätää, vasempaan marginaaliin.

3.2.5 Otsikkotaulu

Otsikkotaulun vaatimusten pohjana käytettiin standardia SFS-EN ISO 7200 (kuva 2). Tässä standardissa pakolliseksi määrättyjen tietokenttien lisäksi valittiin myös työn tilaajan haluamia tietokenttiä, jotka tulisi sisällyttää otsikkotauluun. ^[6]

1:2. Viivanleveyksien valinnassa tukeuduttiin Osmo Suomivirran opinnäytetyöhön 'Siemens NX 10 Ohjelmiston käyttöönotto', jossa sopiviksi viivanleveyksiksi, toisaalta luettavuuden konepajaoloissa, toisaalta kopioitavuuden kannalta, oli todettu 0,18 mm ja 0,25 mm. Samoja viivanpaksuuksia käytettäisiin myös piirustuksen muissa osissa. ^[7: 8]

Viivanleveyksien lisäksi myös kaikki piirustuksissa käytetyt merkinnät, kuten esimerkiksi toleranssi- ja pinnankarheusmerkinnät, tuli asettaa ISO-standardien mukaisiksi.

3.2.7 Taulukot

Teknisissä piirustuksissa käytetään usein taulukoita informaation listaamiseen, kuten kokoonpanon osien, toleranssien, pinnankarheuksien tai piirustukseen tehtyjen muutoksien listaamiseen. Tilaajan kanssa sovittiin, että piirustus pohjissa tulisi olla valmiina oletusmallit osaluettelosta, revisioluettelosta ja toleranssitaulukot hitsauksen sekä las-
tuavan työstön yleistoleransseista.

Osaluettelon rakenne suunniteltiin standardin SFS-EN 62027 sekä tilaajan toiveiden pohjalta. Osaluettelossa tulisi olla kuusi saraketta, joiden otsikot ovat seuraavat. ^[9]

- ITEM. Osaviite, eli numero, joka löytyy myös piirustuksen kokoonpanokuvasta ja jonka avulla osa voidaan tunnistaa kokoonpanosta.
- QTY. Osan lukumäärä kokoonpanossa.
- TITLE. Osan nimi.
- ID NUMBER. Osan tunnistenumero.
- MASS. Osan massa.
- NOTES. Osan lisätiedot, kuten esimerkiksi ulkomitat tai pintakäsittely.

Osaluettelon tulisi toimia automaattisesti niin, ettei käyttäjän tarvitsisi täyttää mitään kenttiä manuaalisesti. Myös CAD-ohjelmalla lisättyjen kiinnityselementtien ja muiden ohjelman sisäisestä kirjastosta tuotujen standardiosien tulisi mahdollisuuksien mukaan toimia osaluettelon kanssa automaattisesti.

Revisiotaulukko, jolla pidetään kirjaa piirustukseen tehdyistä muutoksista, suunniteltiin viisisarakkeiseksi:

- REV. Muutostunnus. Kirjain aakkosjärjestyksessä alkaen A:sta.
- DESCRIPTION. Lyhyt kuvaus muutoksesta.
- DATE. Muutoksen luomisen päivämäärä.
- CREATED. Muutoksen tekijän nimi.
- APPROVED. Muutoksen hyväksyjän nimi.

Revisiotaulukon tulisi mahdollisuuksien mukaan toimia myös automaattisesti, niin ettei käyttäjän tarvitsisi täyttää manuaalisesti kuin muutoksen kuvaus ja nimet.

Yleistoleranssitaulukoiden tulisi olla piirustuskentän laidalla sijaitsevia, staattisia, mahdollisimman kompakteja taulukoita, joista valmistaja voisi tarkistaa annetun yleistoleranssin suuruuden. Ne tulisi voida piilottaa piirustuksesta, jos niitä ei käytetä.

4 Työn toteutus

4.1 Siemens NX 10

Siemens NX 10 on Siemens PLM Softwaren valmistama CAD/CAM/CAE-ohjelmistoratkaisu. Ohjelma perustuu MGS-yhtiön 70-luvulla kehittämään Unigraphics-ohjelmaan. Vuonna 2002 Unigraphics yhdistettiin I-DEAS-ohjelmistoon, jonka UGS:n emoyhtiö EDS oli ostanut. Tästä syntyi NX Unigraphics. Vuonna 2007 Siemens osti yhtiön ja ohjelman nimeksi tuli Siemens NX. ^[10]

NX on laaja ohjelmisto, joka sisältää useita moduuleita, kuten muotoilu, tuotesuunnittelu, ohutlevy, putkistosuunnittelu, kaapelointi, simulointi ja tietokoneohjattu valmistus. NX voidaan myös yhdistää Siemensin Teamcenter -tuotetiedonhallintajärjestelmään. ^[11]

4.1.1 Oletustiedostot

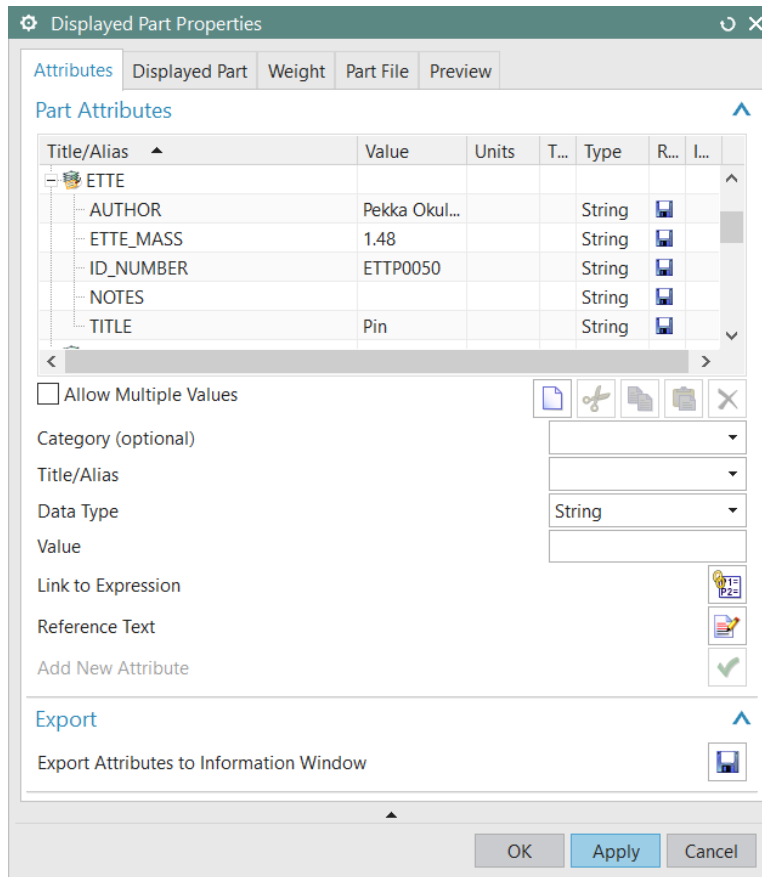
NX:ään luotiin kolme oletustiedostoa; *part template*, *sheet metal template* ja *assembly template*. NX, käyttää samaa prt-päätteistä tiedostotyyppiä sekä yksittäiselle mallille, kokoonpanolle, että myös piirustukselle.

Tiedostossa käytettävät yksiköt määritellään Units Manager -valikossa (Kuva 3). Valinnat säilyvät tallennetussa tiedostossa. ^[12]

Kuva 3. NX:n Units Manager.

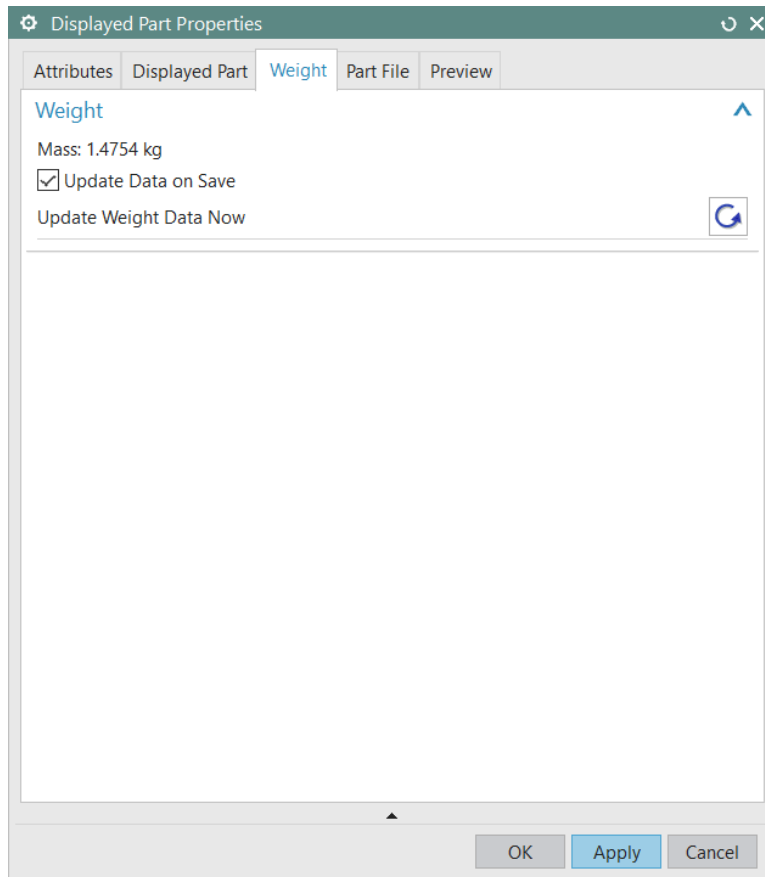
Toleranssit määritetään Customer Defaults -asetusten kautta. Customer defaults määrittää lukuisia NX:n asetuksia käyttäjä-, käyttäjäryhmä- ja osastotasolla. Vantaan mekaniikkaosastolla asetukset ovat käyttäjäkohtaisia. Niitä ei voida sisällyttää oletustiedostoihin. Asetuksista on mahdollista tehdä ladattava tiedosto. Etteplanin NX-asennusversiossa on kuitenkin oletuksena ISO-standardit käytössä, joten asetustiedoston luominen ei ole tarpeellista. ^[12]

Etteplanin omat tunnisteet voidaan määrittellä muuttujina oletustiedoston part properties -valikon välilehdellä attributes (kuva 4). Tunnisteet voidaan lisätä valikkoon yksinkertaisina string-tyypin muuttujina, jotka käyttäjä voi manuaalisesti täyttää, saman valikon kautta. ^[12]



Kuva 4. NX:n Part Properties -valikon Attributes välilehti.

Mallin materiaali määritetään Assign materials -komennolla. Kun materiaali on määritetty, NX luo joukon siihen liittyviä muuttujia. Material -niminen muuttuja sisältää materiaalin nimen ja sitä voidaan käyttää piirustuksessa. Mallin massa voidaan laskea, kun materiaali on määritetty, part properties -valikon weight -välilehdellä, komennolla update weight data (kuva 5). Massatiedot voidaan määrittää myös päivitettäväksi mallin tallennuksen yhteydessä. NX luo tässä yhteydessä joukon massaan ja tilavuuteen liittyviä systeemimuuttujia. Näihin muuttujiin ei voida kuitenkaan viitata suoraan piirustuksessa. Tiedostoon luotiin tämän vuoksi uusi string-muuttuja ETTE_MASS, johon linkitettiin muuttuja MassPropMass. [12; 13]



Kuva 5. Part properties, weight.

Kokoonpanolle ei voida määrittää materiaalia, vaan kokoonpanon jokaiselle osalle on määritetty materiaali erikseen. Koska Assign materials -komentoa ei voida suorittaa, eivät myöskään Material- ja MassPropMass -muuttujat ole kokoonpanossa käytettävissä. Tämän vuoksi ETTE_MASS-muuttuja on assembly templatessa manuaalisesti täytettävä. Kokoonpanon massa voidaan laskea NX:ssä Measure Bodies -työkalulla ja siitä saatu tulos pitää kirjata muuttujaan manuaalisesti. ^[12]

New -valikossa näkyvät oletustiedostot määritellään NX:ssä pax -päätteisissä palette-tiedostoissa. *part templatelle* ja *assembly templatelle* luotiin viittaukset ugs_model_templates.pax -tiedostoon, kun taas *sheet metal templatelle* viittaus piti luoda ugs_sheet_templates.pax -tiedostoon. Viittaukset kopioitiin tekstitiedostoihin, joista käyttäjä voisi kopioida tarvittavat rivit omiin palette-tiedostoihinsa. Oletustiedostot tallennettiin NX:n template -alikansioon. ^[12]

4.1.2 Piirustusohjat

NX:ään voidaan määrittellä kolme erityyppistä piirustusohjaa, niiden käytön mukaan. Reference existing part -tyyppisessä piirustuksessa 3D-malli on kytketty piirustukseen ja mallin sisäisiin muuttujiin voidaan viitata piirustuksessa. Stand-alone-tyyppinen piirustus taas sisältää vain kuvantoja 3D-mallista, eikä mallin sisäisiin muuttujiin voida viitata. Tämän takia Stand-alone-mallissa esim. massa, materiaali ja osaluettelo täytyy täyttää manuaalisesti. Kolmas tyyppi on New sheet. Tätä ohjaa käytetään, kun piirustukseen luodaan uusi sivu. Lisäksi jokaiselle tyyppille luotiin oma piirustusohja jokaiselle arkkikoolle, eli kaikkiaan 15 tiedostoa. ^[12]


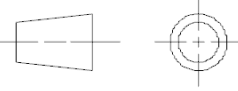
4.1.3 Kehys

Kehys luotiin NX:n Borders and Zones -työkalulla. Täällä työkalulla saatiin helposti luotua halutuntyylinen kehys.

Confidential Information -teksti sijoitettiin vasemman marginaalin ylälaitaan, ja siirrettiin samalle layerille kehyksen kanssa. PRELIMINARY DRAWING -teksti sijoitettiin vasemman marginaalin keskelle, ja siirrettiin omalle layerilleen. Mallin tai piirustuksen tiedostopolulle ei NX:ssä ollut valmista muuttujaa, johon piirustuksessa voitaisiin viitata, eikä sellaisen luominen onnistuisi ilman ohjelmaan lisättyä koodia, joten se päätettiin jättää NX:n piirustusohjista kokonaan pois. ^[12]

4.1.4 Otsikkotaulu

NX:n tabular note -työkalulla kolme taulukkoa, joista muodostettiin otsikkotaulu (kuva 6). Työkalulla voitiin editoida taulukon solujen kokoa ja rajaviivojen näkyvyyttä. Tällä tavoin voitiin näkyvien solujen ylälaitaan tehdä otsikot. Taulukot voitiin määrittää otsikkotauluksi Define Title Block -työkalulla, jossa jokainen solu on nimetty. Solut, joissa oli otsikko, lukittiin niin, ettei käyttäjä voisi muokata niitä helposti. Osa soluista linkitettiin NX:n sisäiseen muuttuun, jotka on esitetty taulukossa 1. ^[12]

ITEM	QTY	TITLE	ID NUMBER	NOTES	
		TITLE [TITLE]			
		ID NUMBER [ID_NUMBER]			
		SIZE A3	SCALE 1:1	SHEET 1 OF 1	REVISION A
		GENERAL TOLERANCES			
MACHINING	WELDING	THERMAL CUT			
DOC. TYPE					
CREATED	[AUTHOR]				
CHECKED					
APPROVED					
MATERIAL	[Material]	UNITS	MM		
MASS	[ETTE_MASS]	LANGUAGE			
5		6		7	
				8	

Kuva 6. NX:llä luotu otsikkotaulu.

Taulukko 1. Otsikkotaulussa käytetyt muuttujat (NX).

Muuttujan selite	Viittausteksti
Arkin koko	<W @\$SH_SHEET_SIZE>
Mittakaavan osoittaja	<W @\$SH_SHEET_SCALE_NUMERATOR>
Mittakaavan nimittäjä	<W @\$SH_SHEET_SCALE_DENOMINATOR>
Sivun numero	<W @\$SH_SHEET_NUMBER>
Sivujen kokonaismäärä	<W @\$SH_NUMBER_OF_SHEETS>
Sivun revisio	<W @\$SH_SHEET_REVISION>
Sivun mittayksikkö	<W @\$SH_SHEET_UNITS>
Sivun projektiosymboli	<W @\$SH_SHEET_PROJECTION_ANGLE>

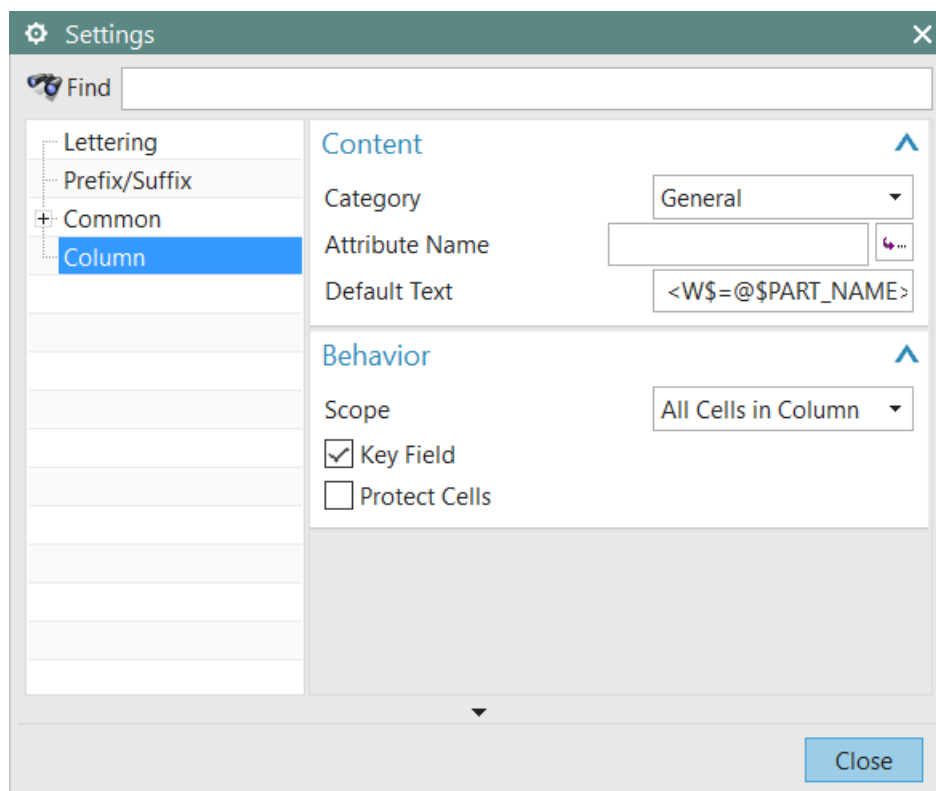
Jotta Etteplanin omiin tunnisteisiin, massaun sekä materiaaliin viittaaminen onnistuisi piirustuksessa, on niille luotava attribute templatet (taulukko 1), joihin voidaan solun tekstissä viitata insert part attribute -komennolla. Käyttäjä voi täyttää loput tiedot otsikkotauluun manuaalisesti, Populate title block -komennolla. Define title block -valikossa lukitut solut eivät näy tässä valikossa. ^[12]

4.1.5 Piirustuskenttä

Viivanleveydet asetettiin haluttuihin arvoihin Drafting Preferences -valikossa, joka päivitti asetukset tiedostokohtaisesti. Myös piirustusmerkkien todettiin olevan ISO-standardien mukaisia. ^[12]

4.1.6 Taulukot

Etteplanin osaluettelo luotiin muokkaamalla NX:n oletusluetteloa. Sarakkeita voitiin lisätä samalla tavalla kuin tavallisiin taulukoihinkin. Sarakkeen toimintaa muokattiin valitsemalla sarake vasemmalla hiiren painikkeella ja klikkaamalla Settings. Tässä valikossa voitiin säätää kaikki sarakkeeseen liittyvät asetukset (kuva 7). Alavalikossa Column määritettiin sarakkeessa listattava muuttuja. Osaviitteelle ja lukumäärälle löytyi valmiit muuttujat NX:lle. Myös ID NUMBER, ETTE_MASS ja NOTES -muuttujiin voitiin viitata suoraan Default text -kenttään kirjoitetulla linkillä. Myös TITLE -muuttujaan voitiin viitata tällä tavoin, mutta ongelmaksi muodostui se, että NX:n Fastener Assembly -kirjastosta otetuilla komponenteilla ei ollut TITLE -muuttujaa, johon viitata. NX:n osaluettelossa ei pysty viittaamaan kahteen tai useampaan vaihtoehtoiseen muuttujaan, vaan on käytettävä yhtä muuttujaa. NX:ssä oleva PART_NAME -muuttuja on mallille annettu tiedostonimi ilman päätettä. Tämä toimii myös kirjastokomponenteille. [12; 13]



Kuva 7. NX parst list settings.

NX:ssä ei ole automaattista revisiotaulukkoa, joten piirustuspohjiin luotiin manuaalinen taulukko, jossa ovat vaaditut sarakkeet. Otsikkotaulussa näkyvä revisiotunnus vaihdetaan Edit sheet -valikossa.

Toleranssitaulukot tuotiin NX:ään luomalla ensin vastaavan kokoinen tyhjä Tabular Note, ja valitsemalla edit using spreadsheet, joka avasi Tabular Noten Excelissä. Toleranssitaulukon sisältö kopioitiin Exceliin, jonka jälkeen palattiin NX:ään, jossa Tabular Noten asetukset säädettiin sopiviksi. Taulukot sijoitettiin piirustusalueen oikeaan ylänurkkaan ja sijoitettiin omalle layerilleen, jotta niiden näkyvyyttä voitaisiin säätää.

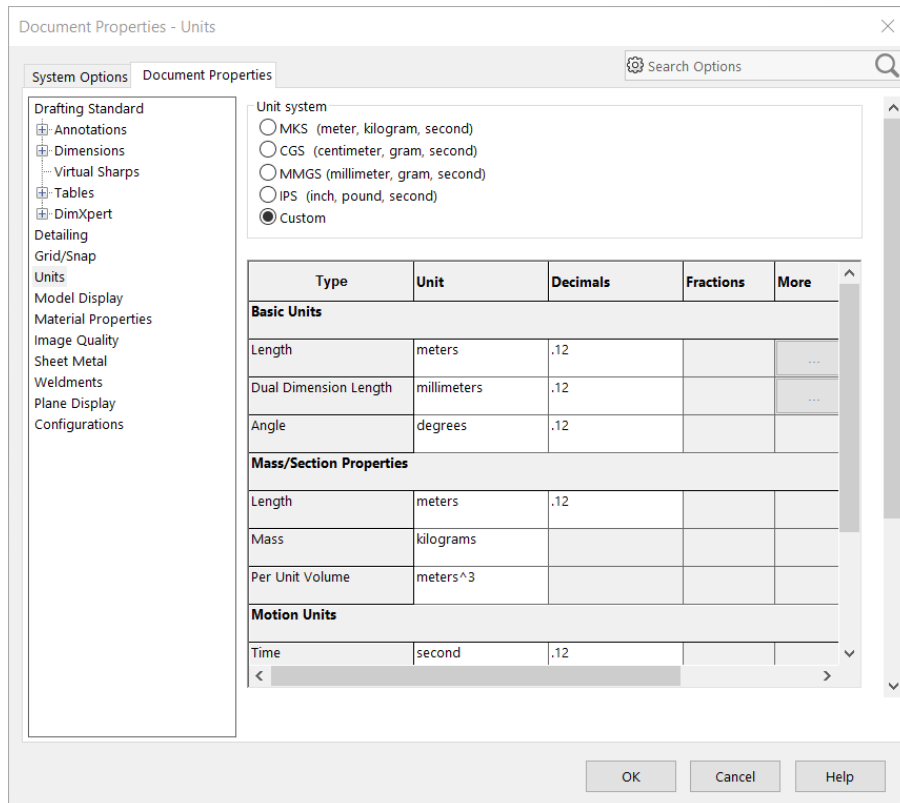
4.2 SolidWorks 2017

Solidworks on ranskalaisen Dassault Systèmes SolidWorks Corporation -yhtiön kehittämä parametrinen 3D-CAD-ohjelma. SolidWorks perustettiin vuonna 1993 Yhdysvalloissa. Ilmestyessään 1995 se oli ensimmäinen täysin Windows-pohjainen 3D-CAD. Vuonna 1997 Dassault Systèmes osti SolidWorksin. Solidworks on monipuolinen CAD-ohjelma, johon sisältyy lisäosina myös CAE- ja CAM-ominaisuuksia. ^[14; 15]

4.2.1 Oletustiedostot

Solidworksia varten luotiin kaksi oletustiedostoa; part template ja assembly template. Oma oletustiedostoa ohutlevysuunnittelua varten ei tarvittu. Yksittäiselle mallille ja kokonpanolle on Solidworksissa oma tiedostotyyppinsä kuten myös piirustukselle. ^[15]

Käytettävät yksiköt määritellään Document Properties -valikon Units-välilehdellä (kuva 8). Solidworksin valmiista mittajärjestelmävaihtoehdoista ei löytynyt vaatimuksiin sopivaa versiota, joten käytettiin Custom-asetusta, jossa yksiköt voitiin säätää sopiviksi. ^[15]



Kuva 8. Units-välilehti.

Kaikki toleranssit ja muut standardit asetettiin myös Document Properties valikosta ISO-standardien mukaisiksi.

Summary information -valikon Summary-välilehdellä on kentät Author ja Title, jotka voitiin käyttää suoraan Etteplanin samannimisten tunnisteiden merkitsemiseen. Saman valikon Custom-välilehdelle voitiin luoda NOTES ja ID NUMBER -muuttujat (kuva 9). Myös massalle ja materiaalille luotiin tähän valikkoon muuttujat, jotka voitiin Value / Text Expression -kentässä kytkeä Solidworksin sisäisiin muuttujiin. Kokoonpanolle materiaalia ei voida myöskään Solidworksissa määrittää, mutta massan Solidworks osaa laskea muuttujaan.^[15]

Summary Information

Summary Custom Configuration Specific

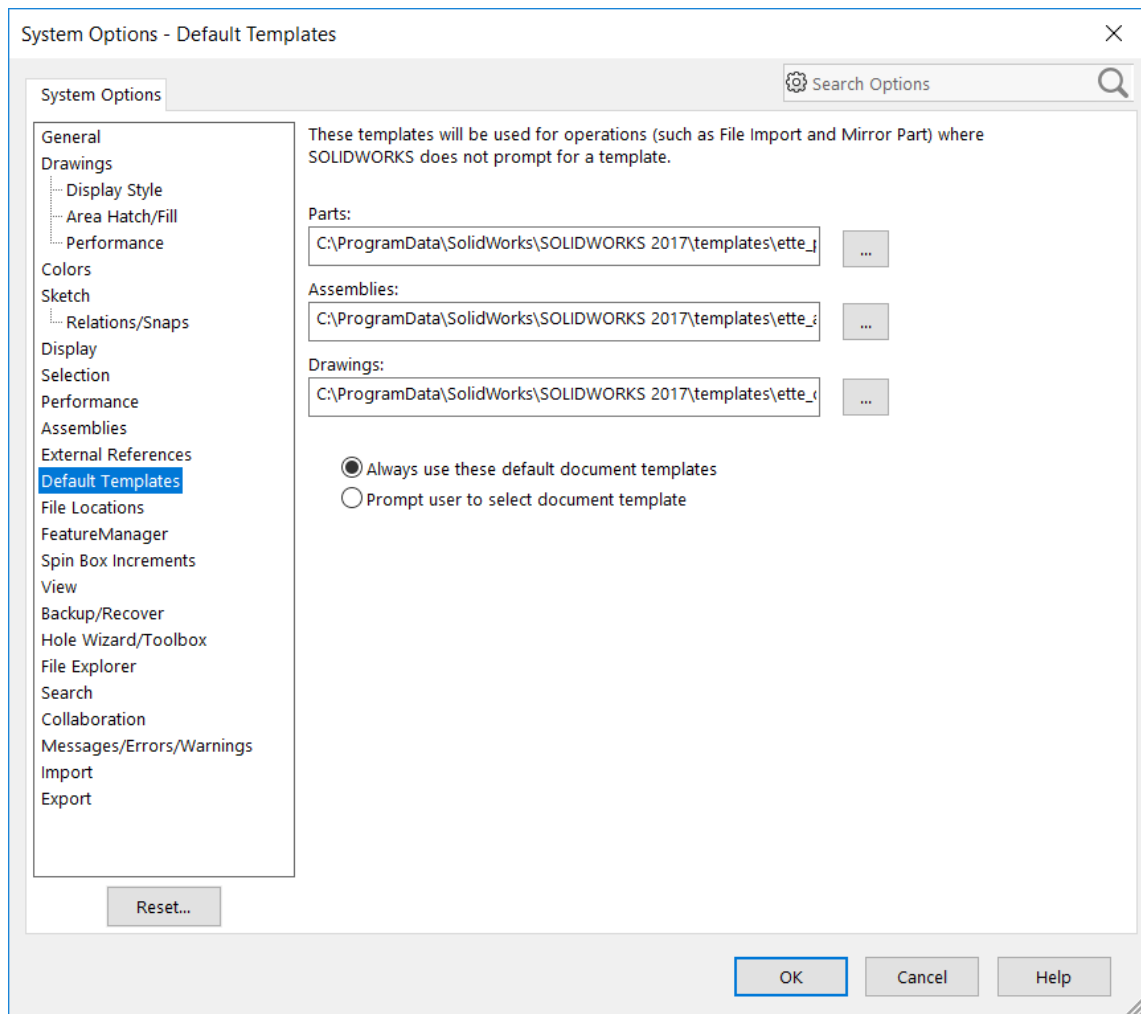
Delete BOM quantity: - None - Edit List

	Property Name	Type	Value / Text Expression	Evaluated Value
1	NOTES	Text	100X100x100	100X100x100
2	MASS	Text	"SW-Mass@ETTP0049_socket.SLDPRT"	4.70
3	MATERIAL	Text	"SW-Material@ETTP0049_socket.SLDPRT"	Cast Alloy Steel
4	ID NUMBER	Text	ETTP0049	ETTP0049
5	<Type a new prope			

OK Cancel Help

Kuva 9. Summary information, Custom.

Oletustiedostot tulevat näkyviin New SOLIDWORKS Document-ikkunassa, kun oletustiedostot on kopioitu Solidworksin templates -aliansioon. Joissain tapauksissa Solidworks ei kysy käyttäjältä, mitä oletustiedostoa käytetään, kun luodaan uutta tiedostoa. Näissä tapauksissa käytettävät tiedostot asetetaan Solidworksin System Options -valikon Default Templates -välilehdellä (kuva 10).^[15]



Kuva 10. Default templates.

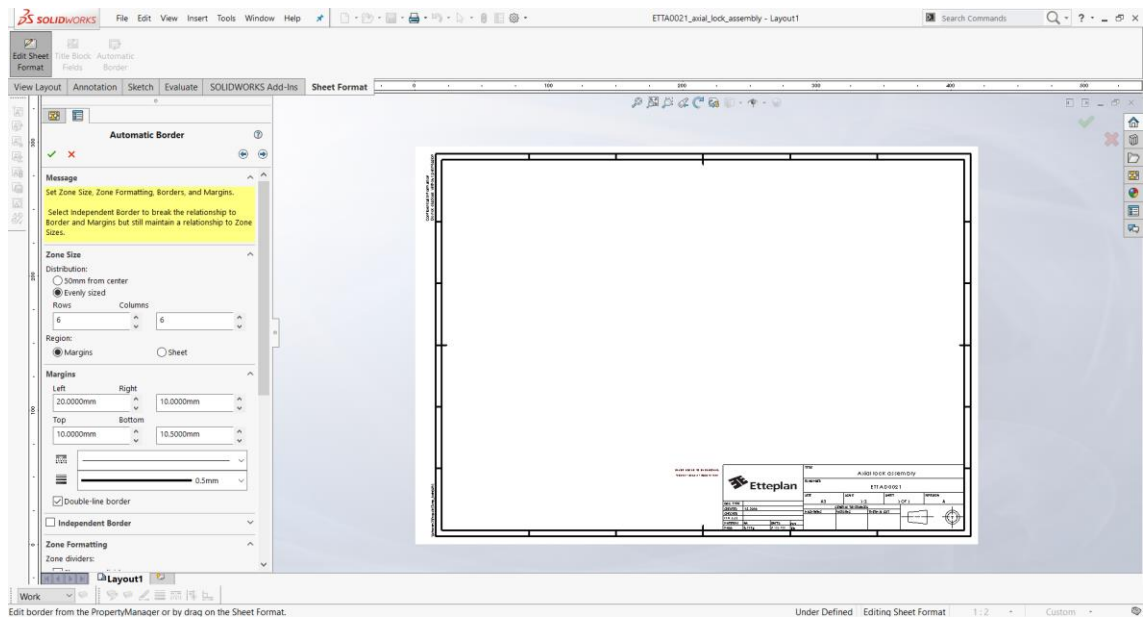
4.2.2 Piirustusohjat

Solidworks ei vaadi eri tyyppisiä piirustustiedostoja eri käyttötarkoituksiin, vaan yksi template riittää kaikkiin käyttötapauksiin. Eri arkkikoille luotiin kuitenkin omat tiedostonsa, sillä kaikki piirustuksen osat eivät välttämättä testatessa pysyneet oikeilla paikoillaan, kun arkin kokoa muutettiin. ^[15]

4.2.3 Kehys

Kehys luodaan Solidworksissa piirustuksen Edit Sheet Format -tilassa, Automatic Border -työkalulla (kuva 11). Tällä työkalulla voitiin toteuttaa helposti, vaatimukset täyttävä kehys. NX:ään verrattuna vain kulman leikkausmerkit jäivät puuttumaan, sillä Solidworks

esittää vain A-kokoon leikatun version piirustuksesta. Tällä ei sinänsä ole suurta merkitystä, nykyaikaisia tulostimia käytettäessä. [15]



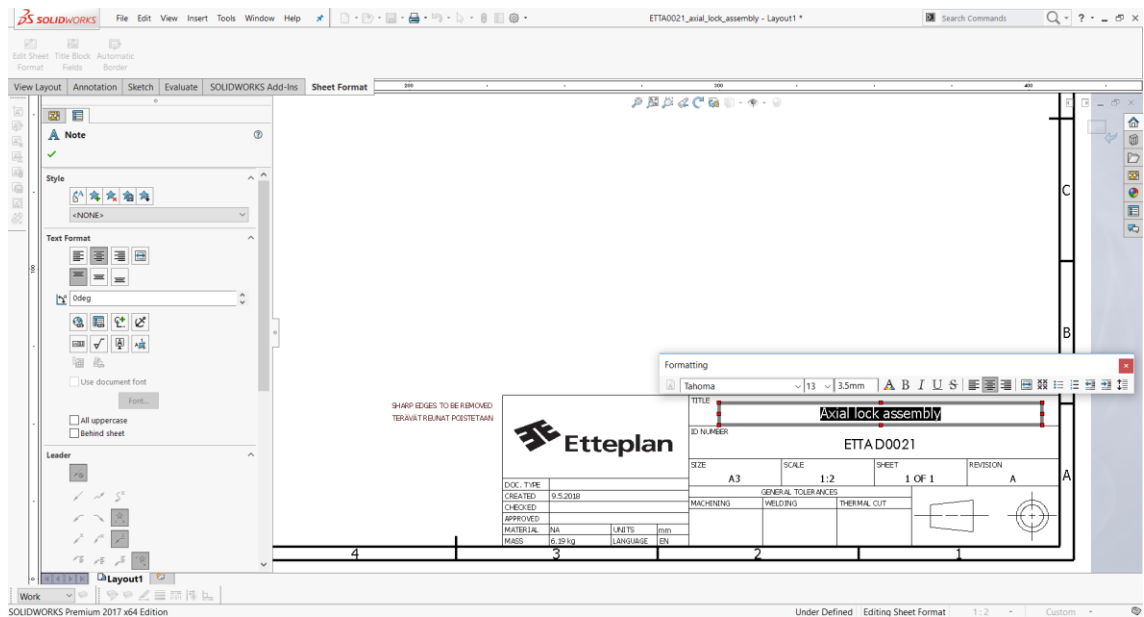
Kuva 11. Automatic Border.

Confidential Information ja PRELIMINARY DRAWING -tekstit luotiin Edit Sheet Format -tilassa, jotta tekstejä ei voisi vahingossa muokata normaalissa piirustuskäytössä. PRELIMINARY DRAWING -teksti siirrettiin omalle layerilleen, jotta sen näkyvyyttä voitaisiin muokata, ja Confidential Information jätettiin samalla layerille kehyksen kanssa.

Piirustuksen tiedostopolku voitiin lisätä piirustuksen marginaaliin, luomalla uusi Note, ja valitsemalla Note Property Managerissa Link To Property -toiminto, josta valittiin muuttuja 'SW-Folder name'. [15]

4.2.4 Otsikkotaulu

Otsikkotaulua Solidworksissa luodaan yleensä sketch-työkaluilla, piirtämällä, sen sijaan että käytettäisiin taulukkoa. Koska samanlaisen otsikkotaulun luominen näillä menetelmillä, katsottiin työlääksi, päätettiin otsikkotaulun pohja tuoda NX:stä. Tämä onnistui tallentamalla NX:n piirustus pohja, jossa on pelkkä otsikkotaulu DWG-muodossa, ja tuomalla se sitten Solidworksii Insert DXF/DWG... -komennolla. Tuodut taulukot määritetään otsikkotauluksi Edit Sheet Format -tilassa Title Block Fields komennolla, jossa otsikkotaulun alue rajataan hiirellä. [15]



Kuva 12. Note.

Otsikkotaulun tietokentissä voitiin viitata piirustuksen sisäisiin muuttujiin, tai piirustuksessa esitetyn mallin muuttujiin. Piirustuksen sisäiset muuttujat luotiin samalla tavalla kuin oletustiedoissa, Summary-valikon Custom-välilehdellä. Solidworksissa oli myös valmiita muuttujia piirustusten käyttöön, kuten arkin koko, arkin mittakaava, sivunumerot ja luomispäivämäärä. Viittaaminen tapahtui tässäkin, sisäisten muuttujien ollessa kyseessä, note-työkalulla (kuva 12) ja Link To Property-komennolla. Mallin muuttujiin viittaessa piti kuitenkin käyttää tekstikoodia. Käytetyt tekstikoodit esitetään taulukossa 2. [15]

Taulukko 2. Malliin viittaavat muuttujat otsikkotaulussa (Solidworks).

Muuttujan selite	Viittausteksti
Mallin nimi (TITLE)	\$PRPSHEET:{SW-Title(Title)}
Tunnistenumero (ID NUMBER)	\$PRPSHEET:{ID NUMBER}
Materiaali	\$PRPSHEET:{Material}
Massa	\$PRPSHEET:{Mass}

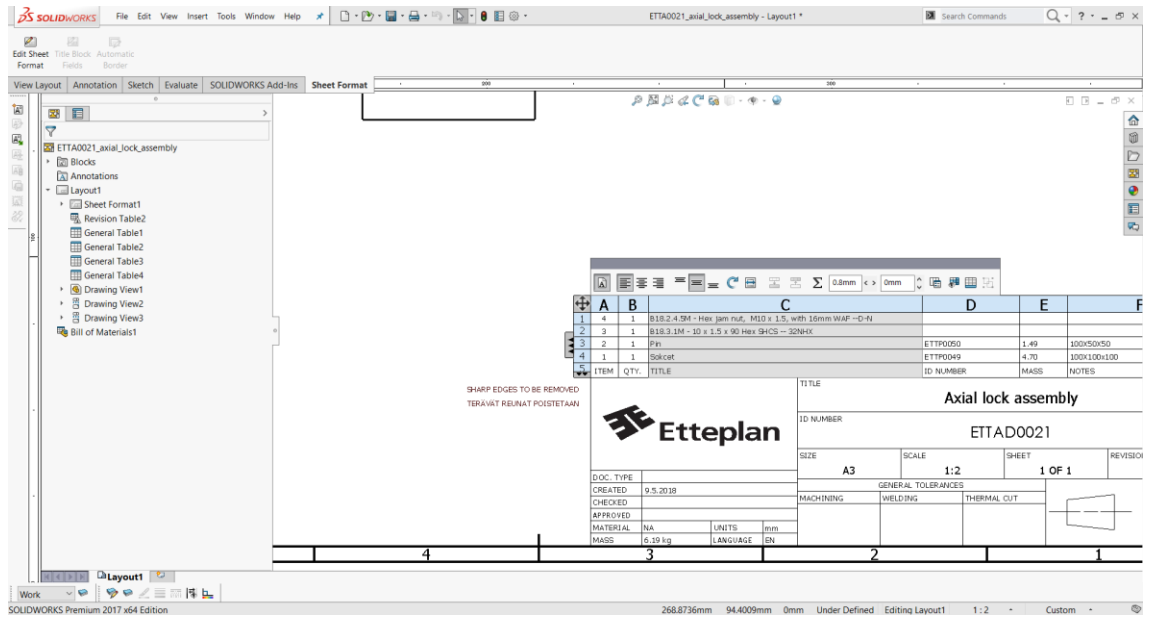
Solidworksissa ei ole automaattisesti päivittyvää projektiosymbolia kuten NX:ssä on. Tähän nähtiin parhaaksi ratkaisu, jossa kahden menetelmän symbolit sijoitetaan omille layereilleen, jolloin niiden näkyvyyttä voidaan hallita. Käyttäjä joutuu tässä tapauksessa itse huolehtimaan, että käytetty symboli myös vastaa piirustuksessa käytettyä projektimenetelmää. [15]

4.2.5 Piirustuskenttä

Viivanleveydet asetettiin helposti Document Properties -valikon Line Font -välilehdellä. Saman valikon Drafting Standard -välilehdellä asetettiin kaikki käytetyt standardit ISO-standarddeiksi.^[15]

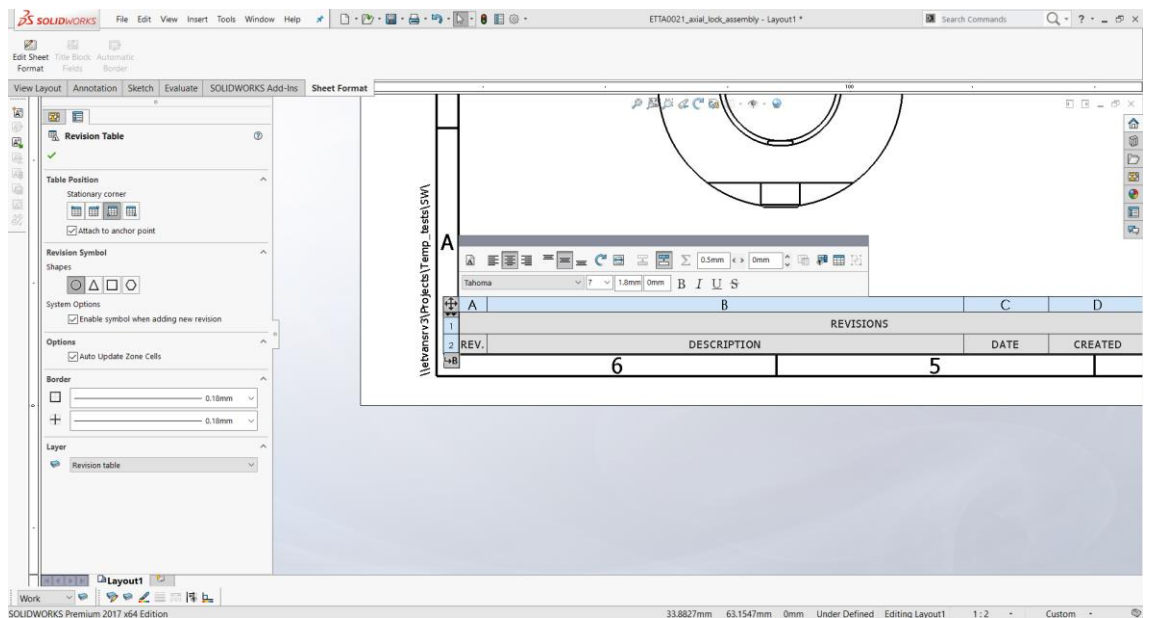
4.2.6 Taulukot

Solidworksissa osaluetteloa ei voida luoda piirustukseen, jossa ei ole mallia, eikä sitä siksi voitu sisällyttää piirustus pohjaan, mutta osaluettelolle voidaan kuitenkin helposti luoda template -tiedosto. Pohjana käytettiin normaalia Solidworksin osaluetteloa, jota muokattiin ohjelman taulukkotyökaluilla. Sarakkeen ominaisuuksia muokattiin klikkaamalla sarakkeen päälle ilmestyvää kirjainta, josta ilmestyvästä valikosta, voitiin valita sarakkeen sisällön määrittävä muuttuja Column Property -toiminnolla (kuva 13). Osaviite ja lukumäärä löytyivät jo oletuksena osaluettelopohjasta. ID_NUMBER, MASS ja NOTES löytyivät Column Propertyyn CUSTOM PROPERTY -valinnan alta. Saman valinnan alta löytyi myös Solidworksin sisäinen Title-muuttuja. Tämä ei kuitenkaan toiminut Solidworksin Smart Fasteners -kirjastosta tuotujen mallien kanssa, vaan niiden kohdalla sarakkeen solu jäi tyhjäksi. Column Property -valikon PART NUMBER -vaihtoehdolla, kun Use title summary -lisäasetus oli valittu, nimikkeet toimivat kuten haluttiin, eli itse suunnitelluille malleille näytettiin Title -kenttään mallissa täytetty arvo, ja kirjastosta tuoduille osille PART NUMBER.^[15]



Kuva 13. Column property.

Solidworksissa on kätevä automaattinen revisiotaulukko, joka luo revisiosymbolin piirustukseen samalla kun tekee uuden rivin automaattisella päivämäärällä revisiotaulukkoon (kuva 14). Kaikki muut sarakkeet, paitsi CREATED, ovat Solidworksin oletustaulukossa. Sarake lisättiin taulukkotyökalulla. [15]



Kuva 14. Revision table.

Toleranssitaulukkojen kanssa parhaaksi menetelmäksi todettiin sama tapa kuin NX:ssä, eli luotiin tyhjä General Table ja kopioitiin sisältö Excel-taulukosta.

4.3 Autodesk Inventor 2016

Inventor on Autodeskin kehittämä 3D-CAD-ohjelma. 1982 perustettu Autodesk on tunnettu erityisesti AutoCAD-ohjelmistostaan, joka on yksi maailman käytetyimpiä suunnitteluohjelmistoja. AutoCAD perustui lähtökohtaisesti 2D-mallinnukseen, ja yhtiö julkaisi siihen perustuvan 3D-CAD-ohjelman nimeltään Mechanical Desktop vuonna 1995. Uusi ohjelma oli kuitenkin varsin kankea ja ominaisuuksiltaan vaatimaton, verrattuna samaan aikaan julkaistuihin uusiin puhtaasti 3D-mallinnukseen tukeutuviin ohjelmiin, kuten esim. SolidWorks. Autodesk kehitti täysin uuden, 3D-pohjaisen CAD-ohjelman, nimeltään Inventor, joka julkaistiin 1999. ^[16; 17; 18]

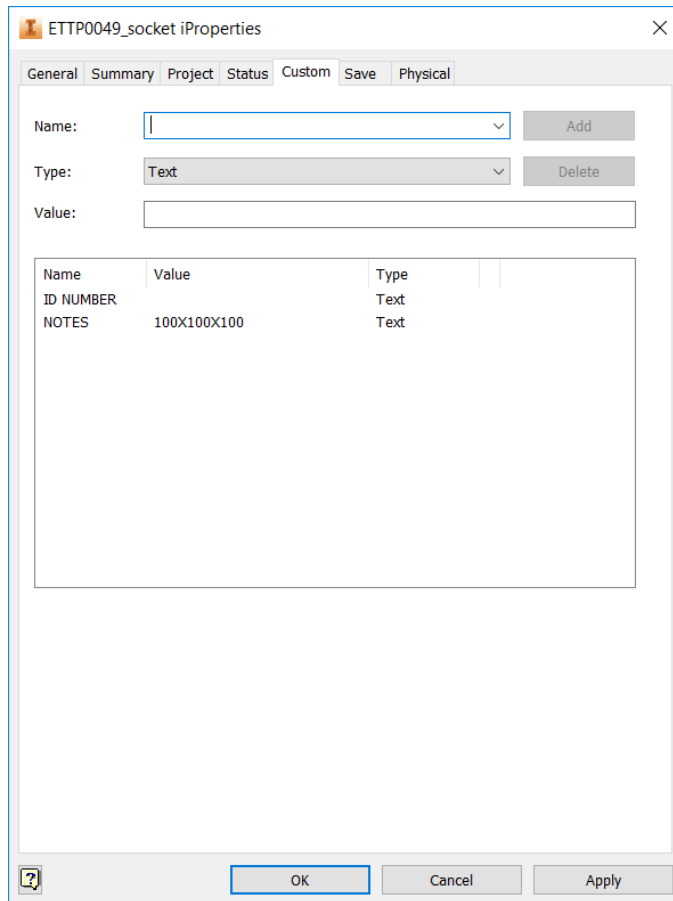
Inventor on nykyisellään laaja, myös CAM- ja CAE-ominaisuuksia sisältävä ohjelma, jota voidaan laajentaa monilla lisäosilla. ^[19]

4.3.1 Oletustiedostot

Inventoriin luotiin kolme oletustiedostoa: yksittäinen malli, yksittäinen ohutlevymalli ja kokoonpano. Inventor käyttää omaa tiedostotyyppiään yksittäiselle mallille ja kokoonpanolle. Piirustukselle sen sijaan käytetään kahta tiedostotyyppiä, Inventorin omaa idw -pääteistä, sekä yleisemmässä käytössä olevaa dwg -pääteistä. ^[20]

Yksiköt säädettiin tiedoston Document Settings -valikon Units-välilehdellä. ^[20]

Kuten SolidWorksissa, myös Inventorissa löytyy valmiiksi Title- ja Author-tietokentät. Nämä löytyvät tiedoston iProperties-valikon Summary-välilehdeltä. ID NUMBER ja NOTES -muuttujat luotiin saman valikon Custom -välilehdellä (kuva 15). ^[20]



ETTP0049_socket iProperties

General Summary Project Status Custom Save Physical

Name: Add

Type: Text Delete

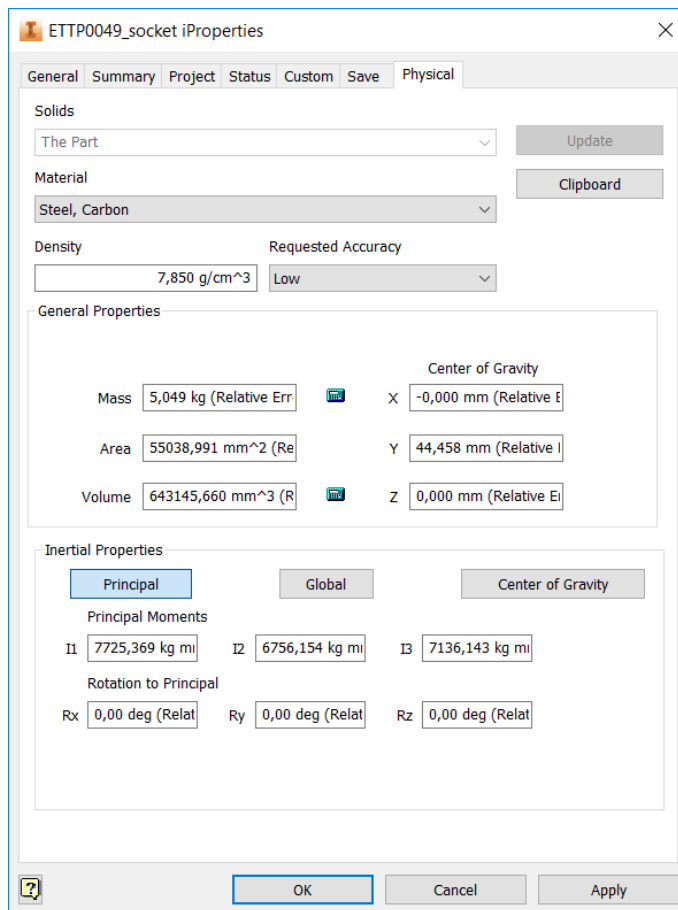
Value:

Name	Value	Type
ID NUMBER		Text
NOTES	100X100X100	Text

OK Cancel Apply

Kuva 15. iProperties Custom.

Materiaali valitaan iProperties-valikon Physical-välilehdellä (kuva 16). Kun materiaali on valittu, Inventor laskee mallin fysikaaliset arvot, mukaan lukien massan. Massalle ja materiaalille ei tarvitse luoda erikseen muuttujia, vaan Inventorin sisäisiin muuttujiin voidaan viitata piirustuksessa suoraan. ^[20]

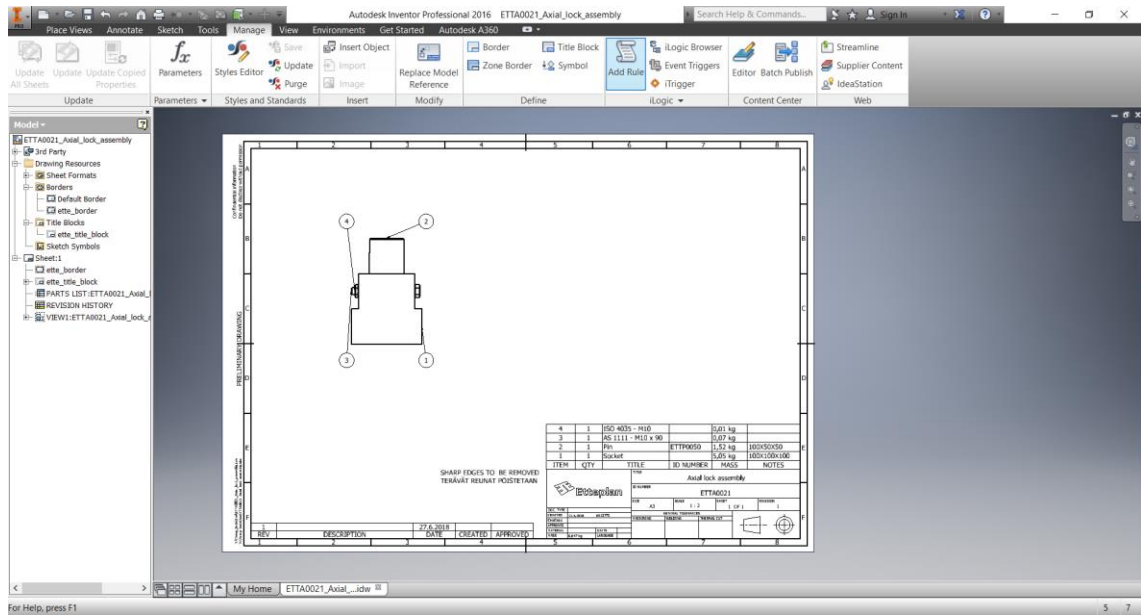


Kuva 16. iProperties, Physical.

Oletustiedostot näkyvät Inventorin Create New File -ikkunassa, kun ne on tuotu ohjelman Templates-kansioon. Mikäli Etteplanin oletustiedostoja halutaan käyttää myös Inventorin pikavalikoissa, tulee ohjelman omat 'standard'-nimiset oletustiedostot korvata. Samoin on tehtävä nimetyillä Etteplan-oletustiedostoilla. ^[20]

4.3.2 Piirustusohjat

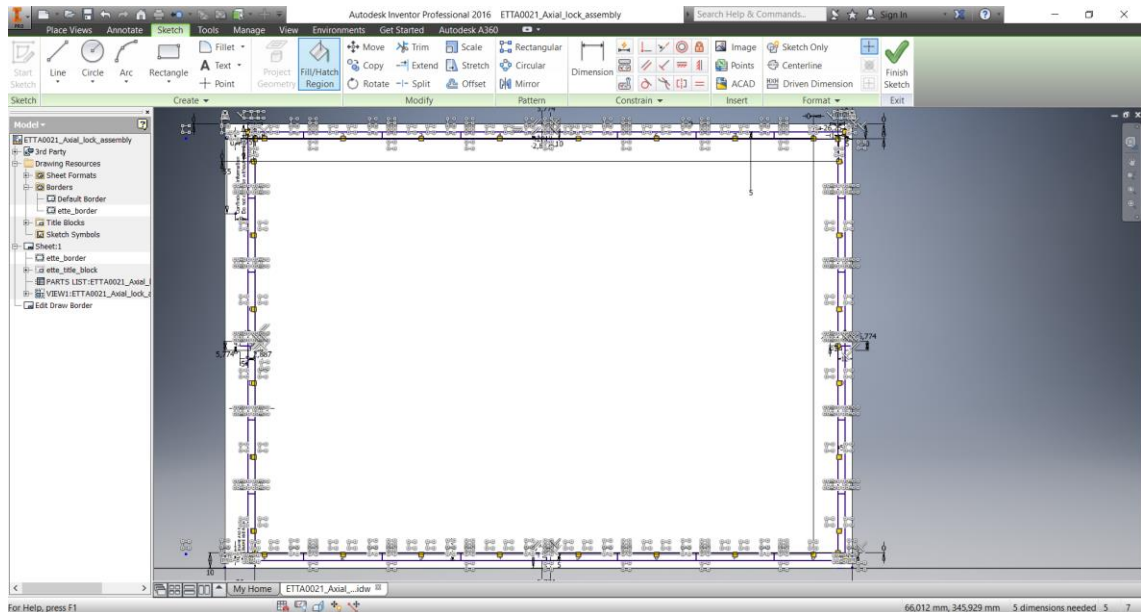
Inventorissa piirustusohjan mallipuusta löytyy oma haaransa kehyksille ja otsikkotauluille (kuva 17). Nämä osat tuotiin piirustuslehdelle. Piirustuslehdessä voitiin luoda samaan tiedostoon Sheet Format, joka toimi oletusmallina piirustuslehdelle. Eri arkeille luotiin oletustiedostoon omat Sheet Format -mallit. Tämän takia Inventoria varten jouduttiin luomaan vain yksi piirustusohja kutakin tiedostotyyppiä varten. ^[20]



Kuva 17. Inventorin piirustustila.

4.3.3 Kehys

Inventorissa kehys voitiin määrittää piirustuksen mallipuussa. Borders-haaraan voitiin luoda uusi kehys Define New Zone Border -valinnalla. Avautuvassa ikkunassa voitiin määrittää parametrit automaattista kehystä varten (kuva 18). Tällä työkalulla saatiin muuten täysin halutun kaltainen kehys, mutta ulompi kehysviiva piti luoda manuaalisesti. Inventorissa kehystä voidaan muokata myös piirustustyökaluilla, ja niitä käytettiin ulomman viivan luomiseen. Samassa tilassa voitiin myös lisätä Confidential Information ja PRELIMINARY DRAWING -tekstit, sekä mallin ja piirustuksen tiedostopolut. Inventorissa voitiin myös tekstit asettaa paikoilleen mitoitustyökalulla. [20]

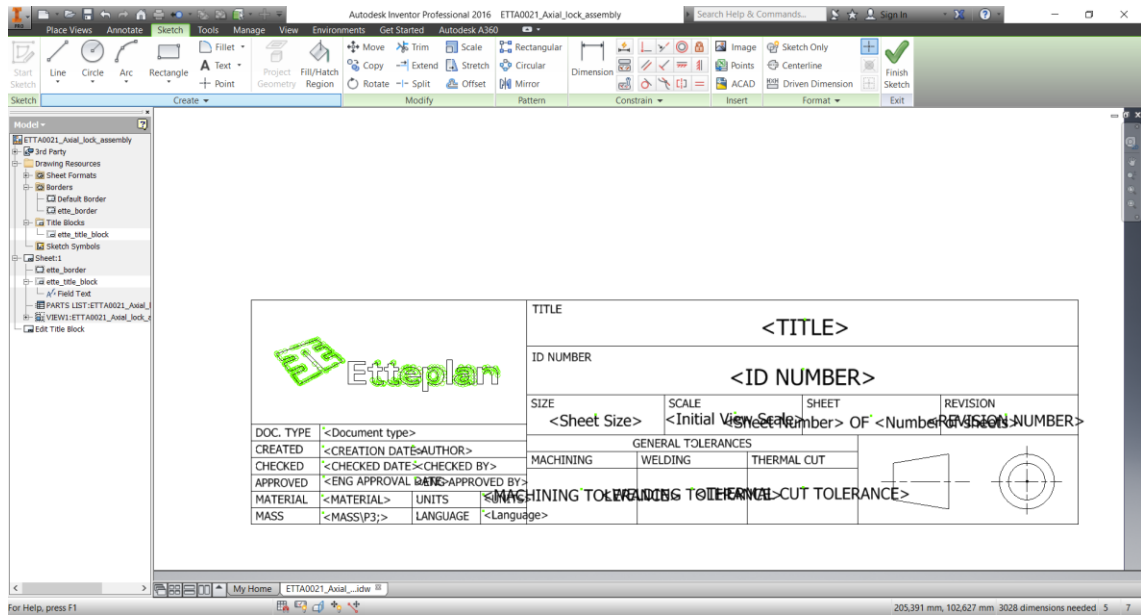


Kuva 18. Edit Border.

4.3.4 Otsikkotaulu

Otsikkotaulu oli helpointa luoda tuomalla valmis otsikkotaulu DWG-tiedostona, kuten SolidWorksissa tehtiin. Inventorissa on varsin toimiva työkalu DWG-tiedostojen tuomiseen, ja otsikkotaulu voidaan tuoda suoraan Inventorin Title Block -elementiksi. [20]

Title Blockin editointitilassa voitiin lisätä tekstisoluja otsikkotaulun tietokenttiin (kuva 19). Piirustustyökalujen Text-komennolla voitii lisätä viittauksia mallin. piirustuksen tai arkin muuttujiin. Piirustukseen ei tarvinnut erikseen luoda muuttujia otsikkotaulua varten, vaan mikäli sopivia muuttujia ei löytynyt Inventorista valmiina, voitiin tietokenttään luoda prompted text -muuttuja. Prompted text -muuttujia voitiin täyttää käyttäjän toimesta valitsemalla arkin Title Blockin alta mallipuussa, Field Text -kohdasta Edit Field text. [20]

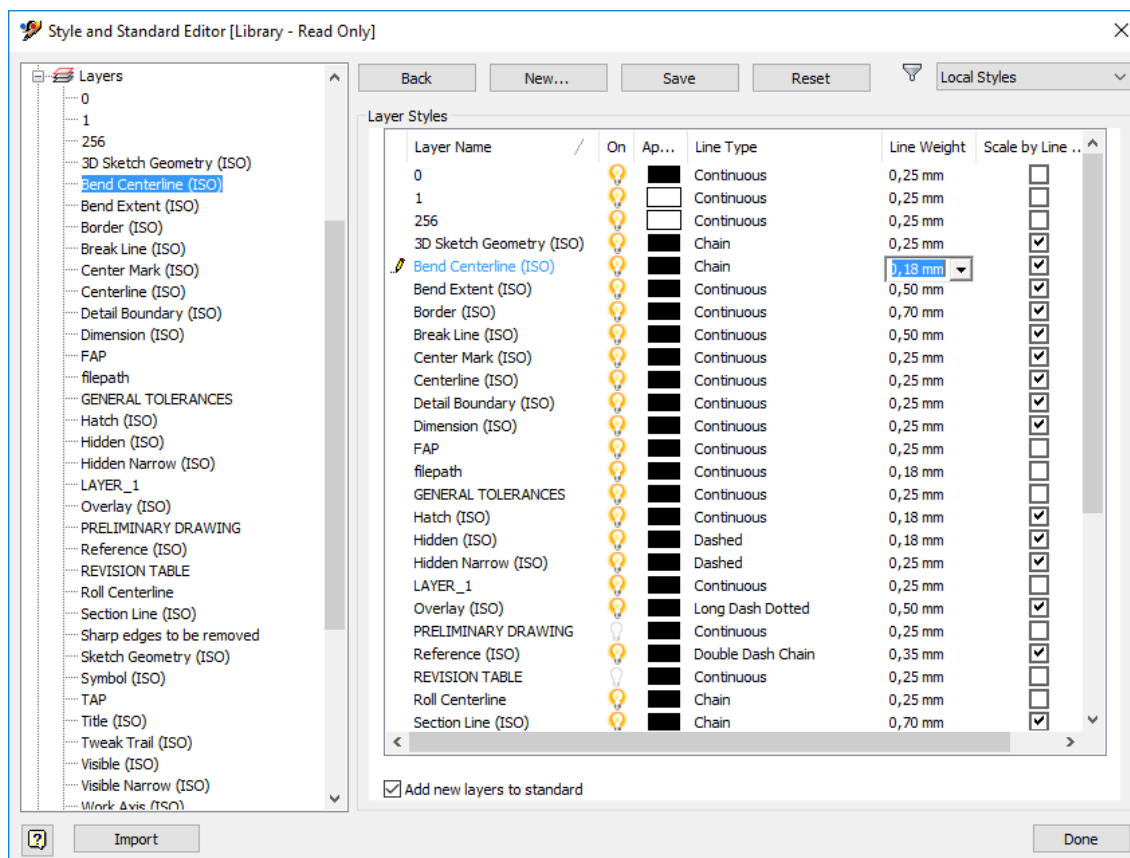


Kuva 19. Edit title block.

Inventorin ominaisuuksiin ei myöskään kuulunut automaattinen projektiosymboli, vaan projektiosymbolit toteutettiin piirrostyökalulla ja sijoitettiin omille layereilleen, joiden avulla symbolien näkyvyyttä voitaisiin säätää.

4.3.5 Piirustuskenttä

Viivanleveydet säädettiin Inventorissa layer-kohtaisesti. Style and Standard -editorin Layers-tasolla löytyy jokaiselle viivatypille oma layerinsä, jolle voidaan määrittää Line Weight (kuva 20). Samalla työkalulla voitiin myös määrittää kaikki piirustukseen liittyvät standardit ISO:n mukaisiksi. ^[20]

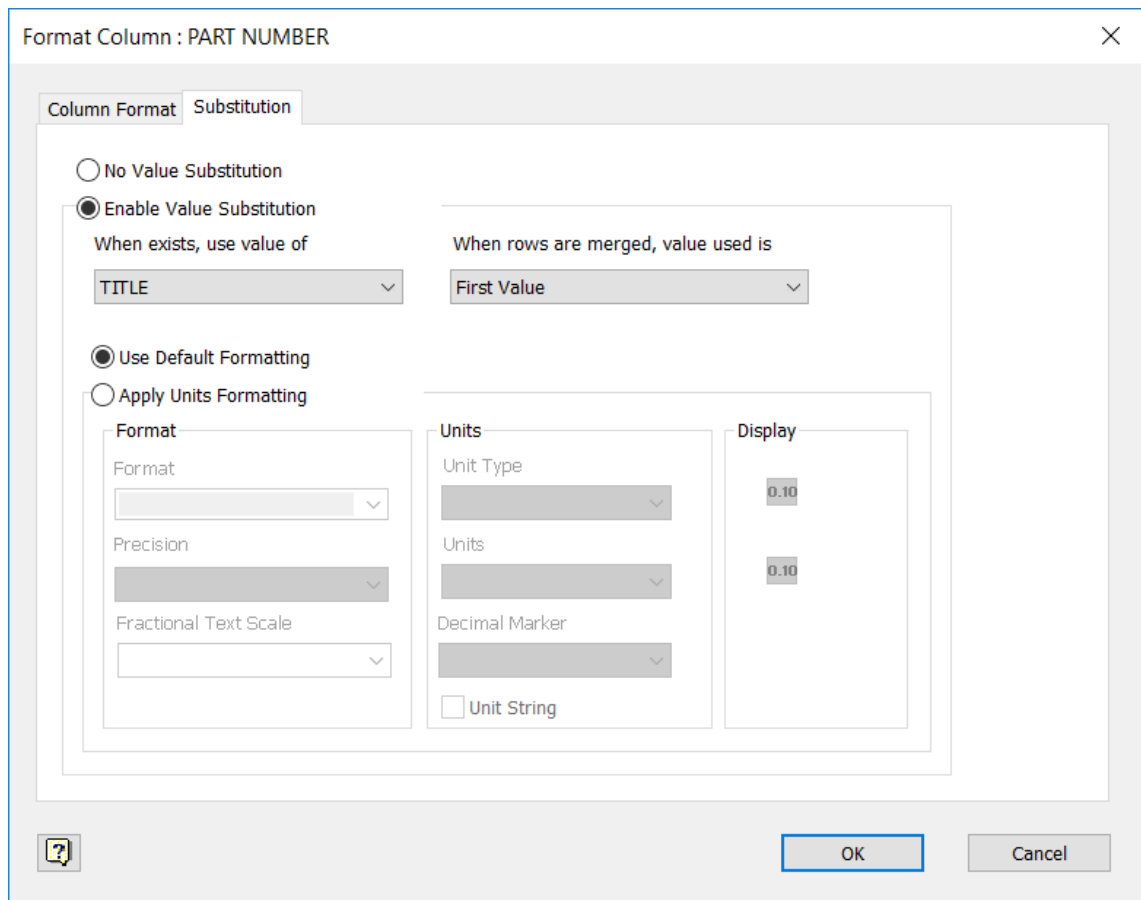


Kuva 20. Style and Standard Editor.

4.3.6 Taulukot

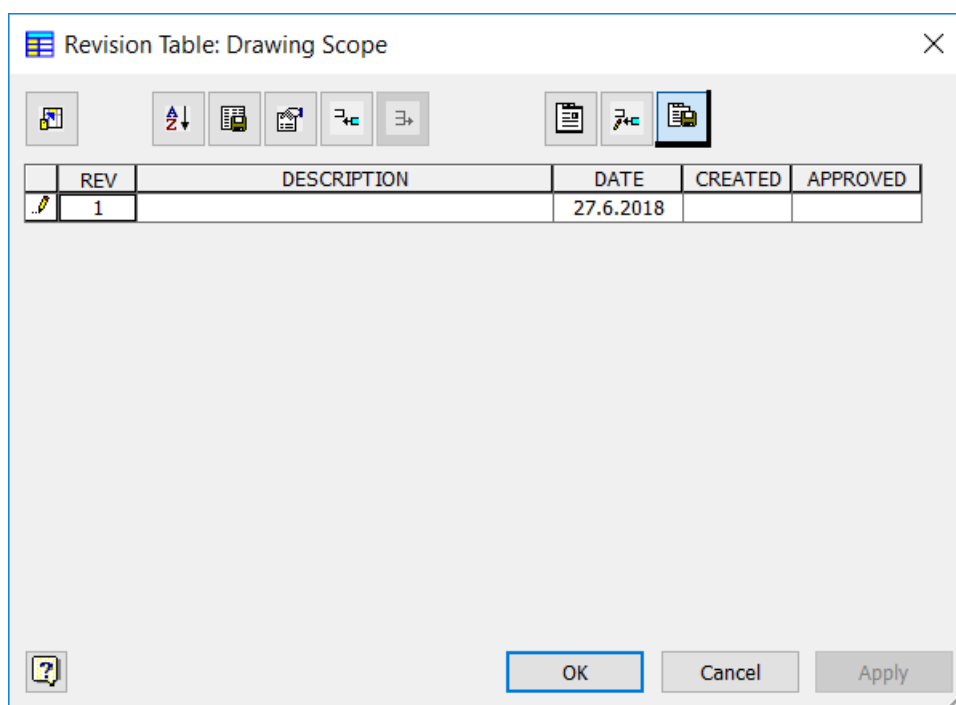
Osaluettelo luotiin 'Style and Standard Editorin' Parts List -tasolla, luomalla ensin kopio valmiista Parts List (ISO) -osaluettelosta. Sarakkeiden muuttujat voitiin valita Column Chooser -työkalulla. Osatunniste ja lukumäärä löytyivät jo valmiiksi oletusluettelosta. Massa ja TITLE löytyivät valittavista muuttujista. Malliin lisätyt muuttujat ID NUMBER ja NOTES voitiin tuoda osaluetteloon New Property -komennolla, ja nimeämällä muuttujat samoin kuin mallissa. Mikäli kokoonpanossa oli käytetty Inventorin Content Library -elementtejä, kuten kiinnityselimiä, jäi TITLE-sarake näiden osien kohdalta tyhjäksi. Jos TITLE:n sijaan sarakkeeseen valittiin PART NUMBER -muuttuja, Content Library -elementit näyttivät oikein osan nimikkeen, mutta alkuperäisistä malleista näytettiin tiedostonimi. Tämä voitiin ratkaista sarakkeen lisäasetuksissa. Format Column, Substitution-välilehdeltä otettiin käyttöön Enable Value Substitution, ja valittiin When exists, use value of -kenttään TITLE (kuva 21). Tällä asetuksella Inventor esitti ensisijaisesti TITLE kentän sisältämän tiedon, tai jos sitä ei löytynyt, niin sitten PART NUMBER -muuttujan tiedon.

Luotu osaluettelo voitiin tallentaa Styles and Standards Editorin avulla piirustusohjan tiedostoon. [20]



Kuva 21. Format Columns, Substitution.

Inventorissa on oma revisiotaulukko (kuva 22), joka muokattiin tilaajan vaatimusten mukaiseksi samalla tavalla kuin osaluettelokin. Taulukkoon voitiin lisätä rivi, johon päivämäärä merkittiin automaattisesti. Myös otsikotaulussa näkyvä revisiotunnus päivittyi automaattisesti, kun rivejä lisättiin. [20]



Kuva 22. Revision table.

Toleranssitaulukkojen kannalta Inventorin taulukkotyökalut osoittautuivat kovin puutteelliseksi, joten taulukot tuotiin Inventoriin Object-elementteinä. Näitä elementtejä ei voitu muokata Inventorilla, mutta ne voitiin avata Excel-ikkunaan, jossa muokkaukset voitiin toteuttaa. Elementit olivat Inventorin näytöllä jonkin verran epäselviä, mutta olivat printattuna ja PDF-muunnoksissa luettavissa. Näitä elementtejä ei voitu asettaa layereille, vaan ne sijaitsivat mallipuussa tasolla 3rd Party, jossa niiden näkyvyyttä voitiin säätää yksitellen.

4.4 PTC Creo 3

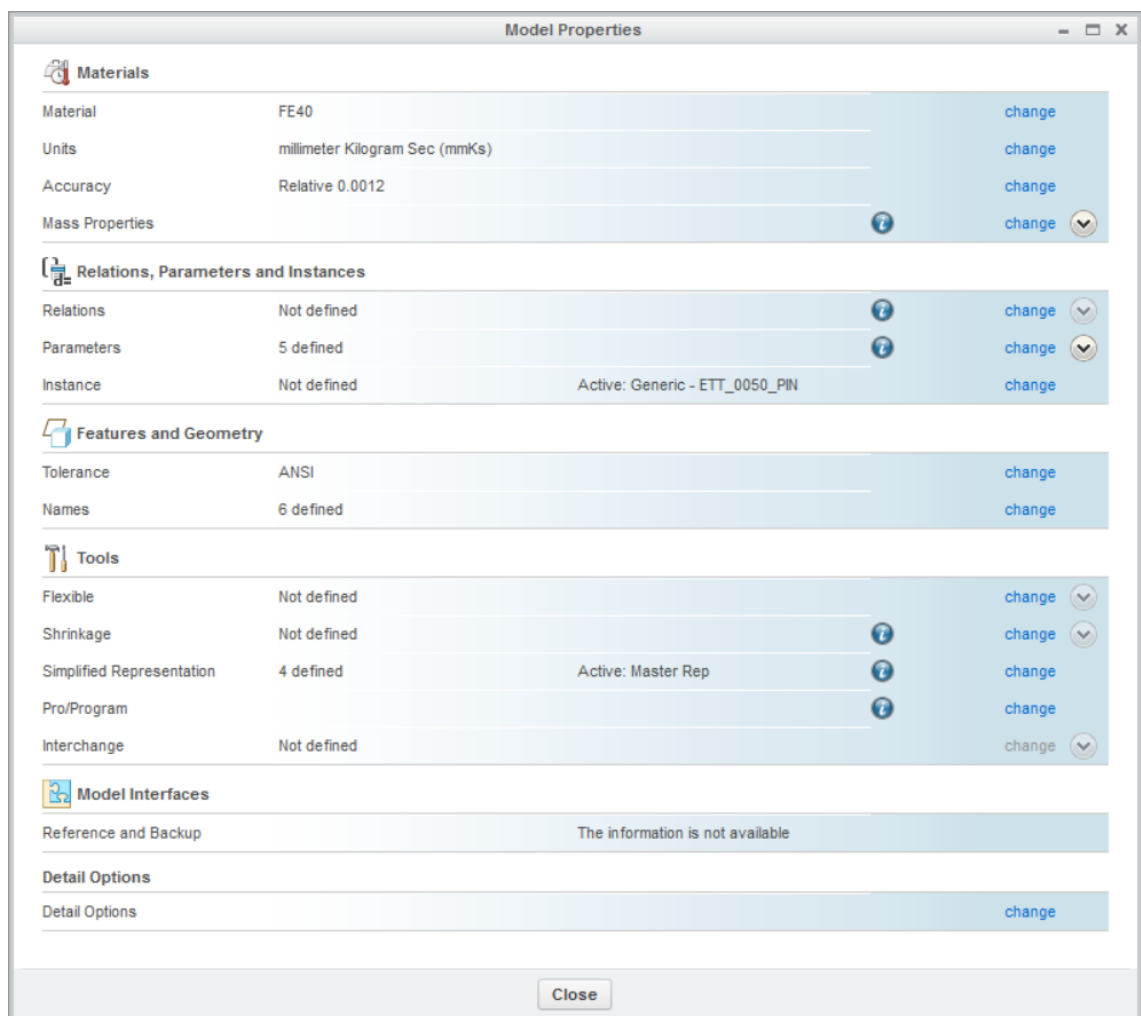
Creo perustuu yhdysvaltalaisen PTC-yhtiön kehittämään Pro/ENGINEER-ohjelmistoon. Vuonna 1988 julkaistu Pro/ENGINEER oli aikanaan ensimmäinen CAD, joka yhdisti parametrisen mallinnuksen, piirrepohjaiset kiinteät mallit ja yhtenäisen tietorakenteen eri moduulien välillä. Vuonna 2009 PTC muutti Pro/ENGINEERin nimen Creoksi ja lisäsi suoramallinnuksen sen ominaisuuksiin. ^[10: 21]

Creo, kuten muutkin nykyaikaiset korkeamman hintaluokan CAD-ohjelmistot, sisältää runsaasti laajennusosia, jotka lisäävät CAM- ja CAE-ominaisuuksia ohjelmaan. ^[22]

4.4.1 Oletustiedostot

Creon luotiin oletustiedostoina yksittäinen malli, yksittäinen ohutlevymalli ja kokoonpano, joille kaikille on tiedostotyypinsä.

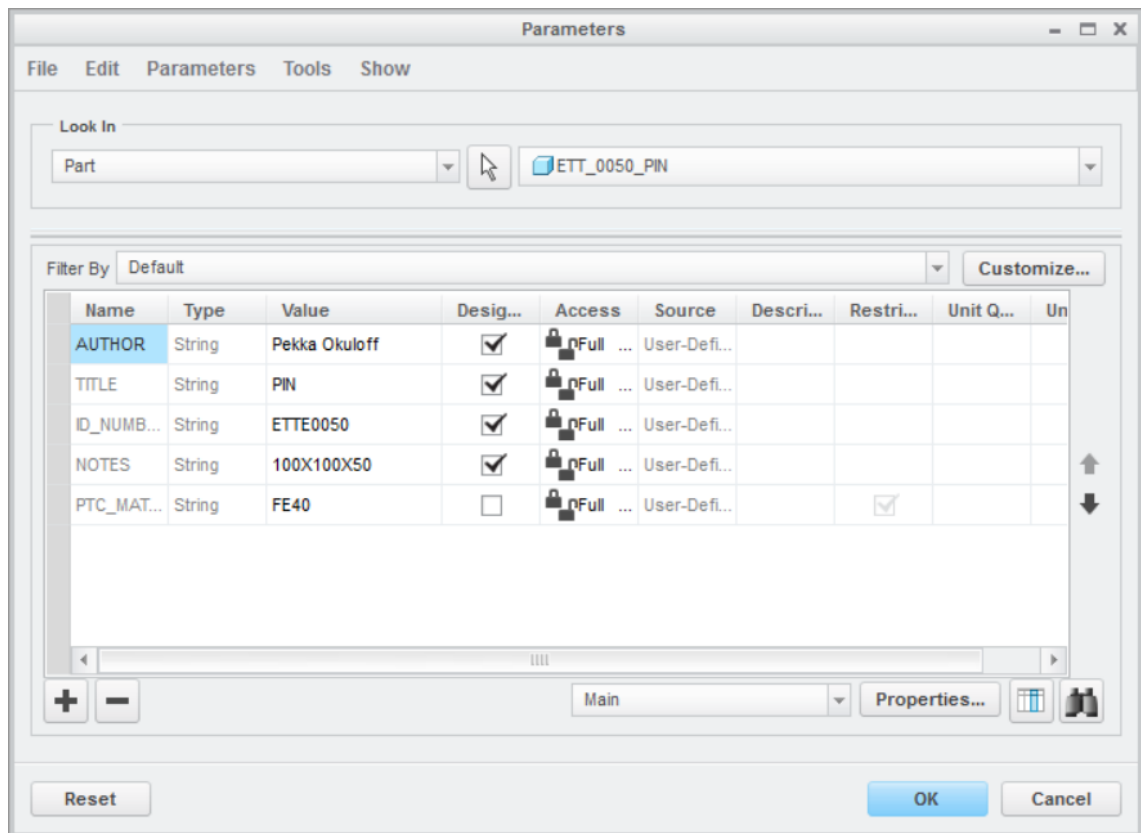
Tiedostossa käytetyt yksiköt määritettiin Model Properties -valikon (kuva 23) Units-ikkunassa. Geometriset toleranssit voitiin määrittää samassa valikossa, ja muut toleranssit avaamalla Detail Options -valikko. [22]



Kuva 23. Model Properties.

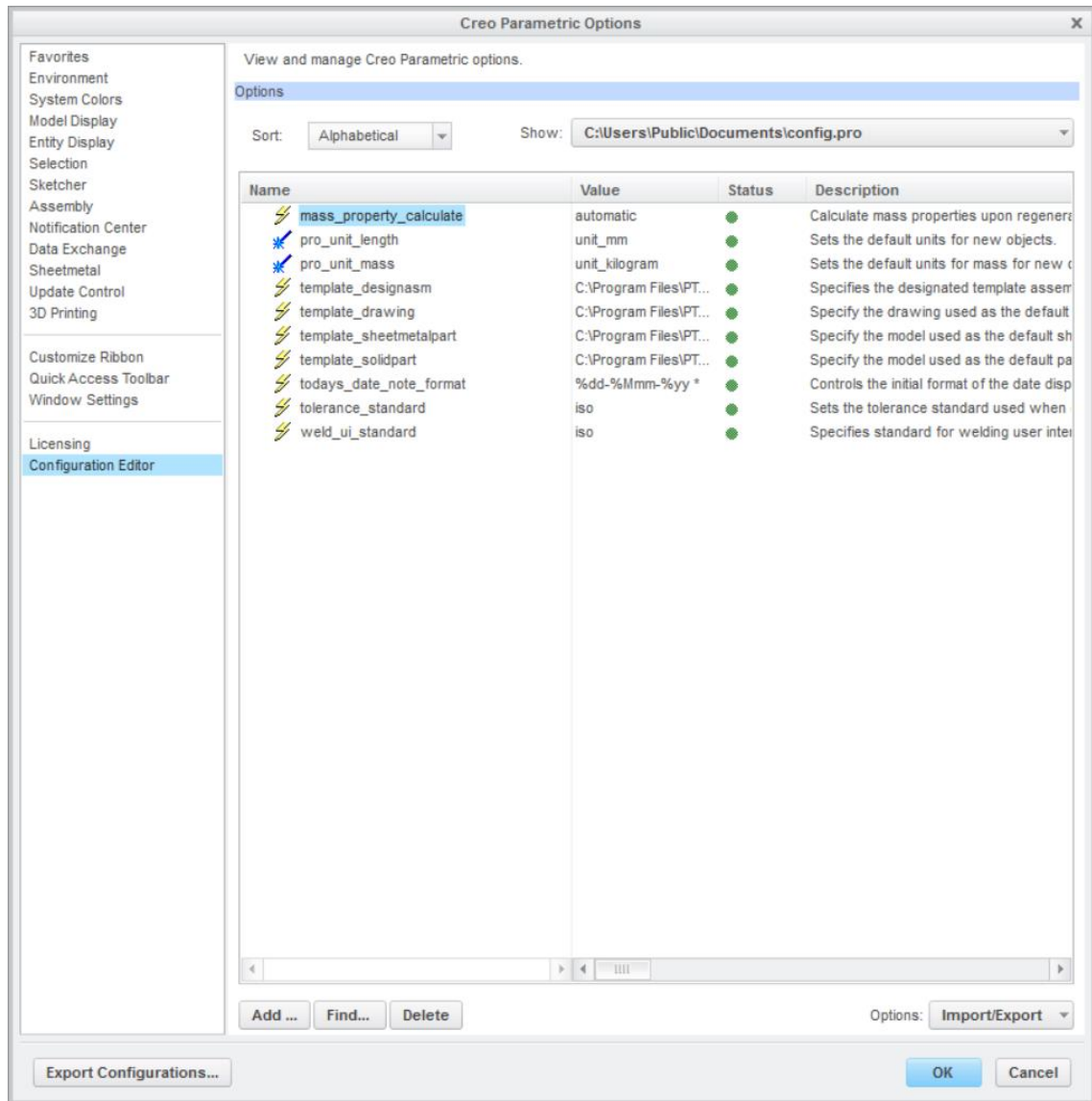
Parameters-työkalulla voitiin luoda muuttujat Etteplanin tunnisteille, TITLE, AUTHOR, ID NUMBER ja NOTES (kuva 24). Mallin materiaali määritettiin Model Properties -valikon Material-alivalikossa. Materiaali voidaan valita Creon valmiiden materiaalien kirjastosta, tai käyttäjä voi luoda sellaisen itse. Materiaalin valinnan jälkeen voitiin laskea mallin

massa ja muut fysikaaliset ominaisuudet, Mass Properties -alivalikon Calculate-komennolla. [22]



Kuva 24. Parameters.

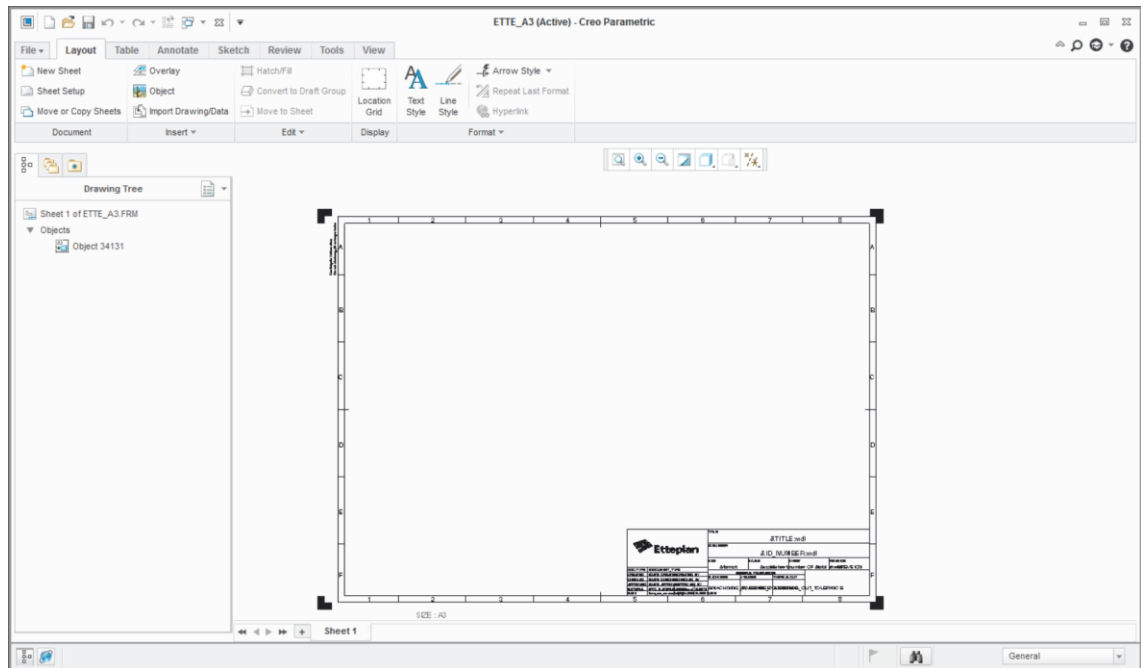
Oletustiedostot voitiin asettaa oletuksena käytettäviksi, muokkaamalla Configuration Editorilla Creon config.pro-asetustiedostoa. Configuration Editor löytyy Options-valikosta (kuva 25). Oletustiedostojen lisäksi asetuksiin lisättiin globaalit pituuden ja massan yksiköt, massan automaattinen laskenta, päivämäärän formaatti, sekä oletuksena käytettävät toleranssien ja hitsauksen standardit. Asetukset voitiin tallentaa ette_config.pro-nimellä. Käyttäjä voisi asennuksen yhteydessä tuoda nämä asetukset Creon Import Configuration file -komennolla. [22]



Kuva 25. Configuration Editor.

4.4.2 Piirustusohjat

Creo käyttää omaa tiedostotyyppiään piirustusohjalle ja varsinaiselle piirustukselle. Drawing format -tiedosto sisältää piirustusohjan graafiset elementit kuten kehyksen ja otsikkotaulun (kuva 26). Drawing -tiedosto pitää sisällään Drawing format -tiedoston sekä varsinaisen mallia kuvaavan piirustusdatan. Tässä työssä luotiin sekä Drawing format -tiedostot, että Drawing-tiedostot jokaista arkkikokoa varten. [22]



Kuva 26. Drawing Format.

4.4.3 Kehys

Creo 3:ssa ei ole minkäänlaista automaattista työkalua kehysten luomiseen, vaan kehys pitää luoda joko Drafting- tai Table-työkaluja käyttäen. Valmiit kehykset voitiin kuitenkin tuoda NX:stä tallentamalla ensin pelkän kehysten sisältävä piirustus DWG -formaattissa ja tuomalla se sitten Creon Import Drawing/Data-komennolla. [22]

Confidential information -teksti lisättiin myös Drawing format -tiedostoon, mutta PRELIMINARY DRAWING -teksti lisättiin Drawing -tiedostoon, jotta sen näkyvyyttä voitaisiin hallita layereillä. Tiedostopolkujen lisääminen ei Creossa ollut mahdollista.

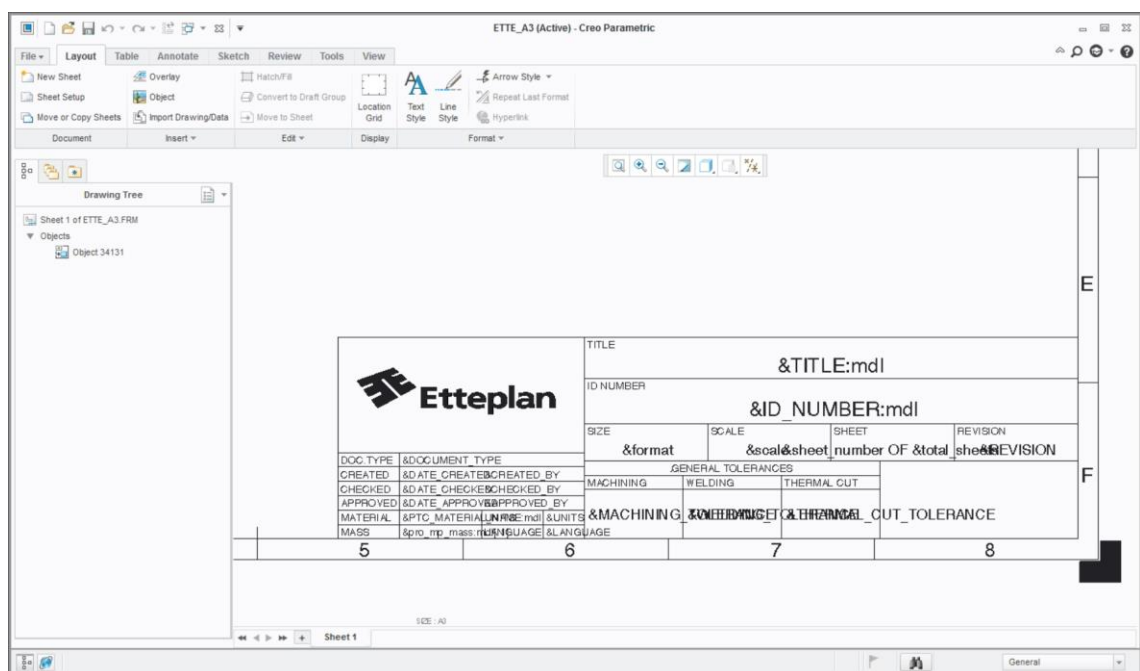
4.4.4 Otsikkotaulu

Otsikkotaulu luotiin Creon taulukkotyökaluilla. Otsikkotaulun tietokentillä voitiin viitata piirustukseen tai malliin liittyviin muuttujiin. Creossa on paljon sisäänrakennettuja nk. System Parameters -muuttujia. Taulukossa 3 esitetään tässä työssä käytetyt sisäänrakennetut muuttujat. [22]

Taulukko 3. Otsikkotaulun muuttujat Creo 3.

Muuttujan selite	Viittausteksti
Mallin materiaali	&PTC_MATERIAL_NAME:mdl
Mallin massa yhden desimaalin tarkkuudella	&pro_mp_mass:mdl[.1]
Piirustuksen arkin koko	&format
Piirustuksen mittakaava	&scale
Sivun numero	&sheet_number
Sivujen lukumäärä	&total_sheets

Kaikkiin Drawing-tiedostossa luotuihin muuttujiin voitiin tekstikentässä viitata kirjoittamalla muuttujan nimi ja sen eteen & -merkki. Malliin luotuihin muuttujiin voitiin viitata lisäämällä viittaustekstin perään ':mdl' (kuva 27). [22]

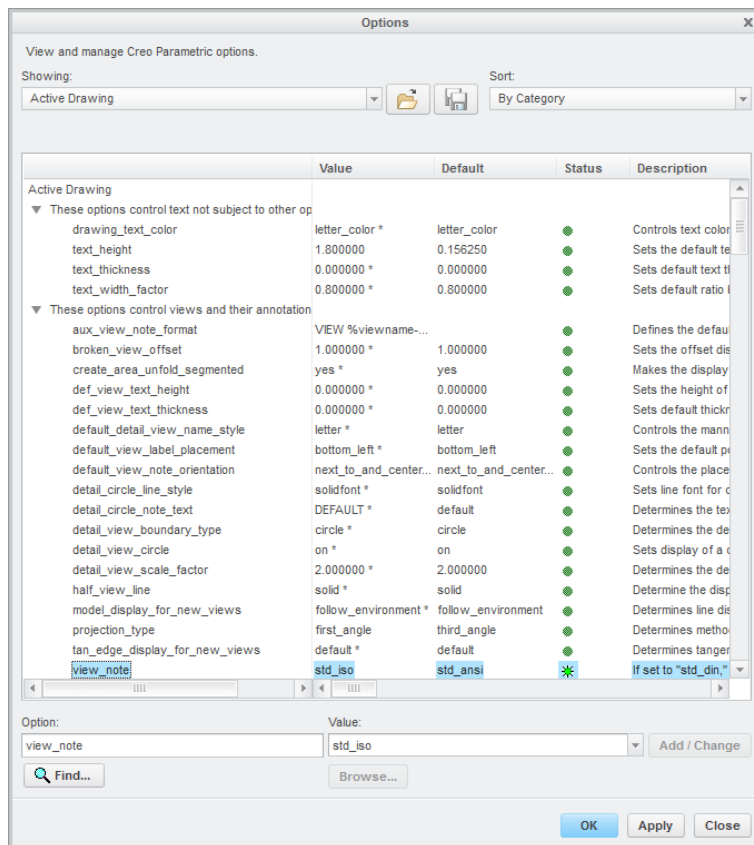


Kuva 27. Title Block.

Myös Creossa projektiosymboli piti toteuttaa drafting-elementtien ja layerien avulla. Symboli piti sijoittaa Drawing-tiedostoon, sillä Drawing Formatissa ei ole layereita.

4.4.5 Piirustuskenttä

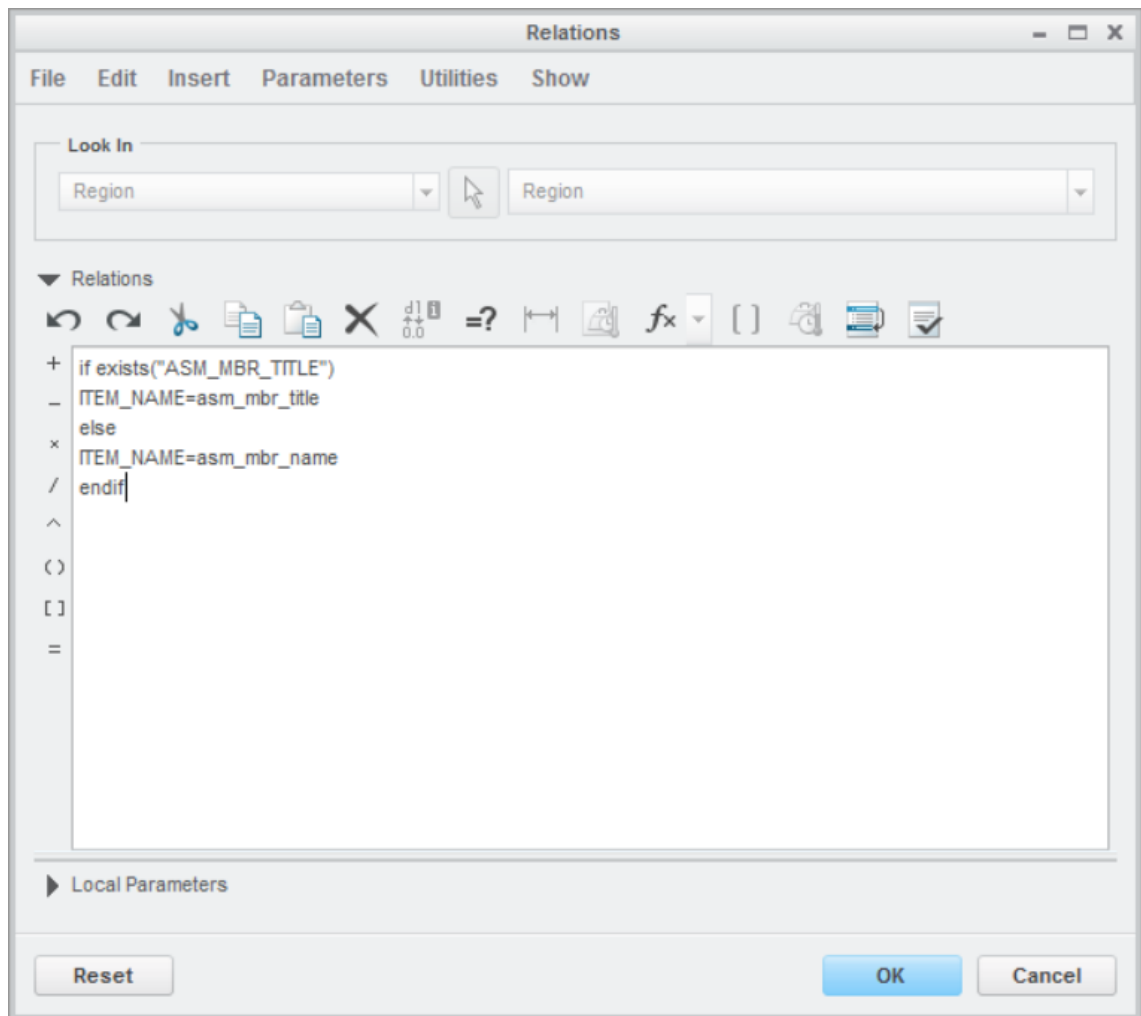
Viivanleveyksiä ei Creo 3:ssa voitu tiedostokohtaisesti säätää, mutta oletusviivanleveydet todettiin sopiviksi tilaajan vaatimukseen nähden. Kaikki standardit ja symbolit voitiin määrittää Drawing Properties -työkalun Detail Option -alivalikossa (kuva 28). [22]



Kuva 28. Detail options.

4.4.6 Taulukot

Osaluettelo aloitettiin luomalla 6 kertaa 2 taulukko, jonka alempaan riviin kirjoitettiin sarakkeiden otsikot, ja ylempi rivi määritettiin Repeat Region -alueeksi. Tälle alueelle voitiin määrittää sarakkekohtaiset muuttujat, joiden perusteella Creo täyttää osaluettelon rivit automaattisesti, kun osaluettelo tuodaan piirustukseen. Osatunnisteelle, lukumäärälle ja massalle voitiin käyttää Creon sisäänrakennettuja muuttujia. Repeat Regionissa voitiin viitata myös oletustiedoille luotuihin muuttujiin, kuten NOTES ja ID NUMBER. TITLE-muuttujaa käytettäessä Intelligent Fastener -kirjastosta tuotujen osien rivit jäivät tyhjäksi, koska näistä osista ei tietenkään löytynyt TITLE-muuttujaa. Tämä voitiin ratkaista Creon Relations -työkalun avulla. Tällä työkalulla voitiin luoda ohjelmallisia yhtälöitä eri muuttujien välille. TITLE-sarakkeen Repeat Region -alueessa viitattiin muuttujaan ITEM_NAME, ja Relations-työkalulla määritettiin ITEM_NAME, niin että jos osasta löytyy TITLE-muuttuja, sitä käytetään ITEM_NAME -muuttujana, ja muussa tapauksessa käytetään name-muuttujaa. Käytetty if-looppi on esitetty kuvassa 29. [22]



Kuva 29. BOM Relations.

Creo 3:ssa ei ole minkäänlaista automaatiota revisiotaulukolle, joten piirustus pohjaan luotiin passiivinen taulukko, kuten NX:ssä, jota käyttäjän tulee päivittää manuaalisesti.

Kuten Inventorissa, myös Creossa toleranssitaulukot katsottiin parhaaksi tuoda Object-elementteinä. Creossa nämä elementit voitiin kuitenkin sijoittaa layereille, josta niiden näkyvyyttä voitiin säätää.

5 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli suunnitella insinööritoimiston käyttöön CAD-ohjelmien oletustiedostot 3D-mallinnusta ja teknillistä piirustusta varten. Tiedostojen tuli olla mahdollisimman helppokäyttöisiä ja helposti käyttöönotettavia.

Työn toteutusvaiheessa haasteeksi nousi erityisesti neljän ohjelman toisistaan poikkeavat käyttöliittymät ja ominaisuudet. Monet toiminnot tehtiin eri ohjelmissa hyvin eri tavalla, ja erityisesti piirustusten suhteen esim. tietokenttien automatisoinnissa oli ohjelmistojen kesken eroja. Joitakin tilaajan vaatimia ominaisuuksia ei voitu sellaisenaan toteuttaa, mutta lähes kaikista voitiin toteuttaa jokin sovellettu ratkaisu. Monien ohjelmistojen valmistajien ohjeissa oli joistakin ominaisuuksista vain pintapuolinen kuvaus, kun taas tarkempia ohjeita niiden käytöstä piti usein etsiä esim. verkon keskustelupalstoilta. Tiedonhakuun kuluikin huomattava osa työhön käytetystä ajasta.

Tiedostojen käyttöönoton vaikeus vaihteli myös eri ohjelmistojen välillä. Kun helpoimmillaan käyttäjä saattoi saada tiedostot käyttöönsä periaatteessa vain kopioimalla tiedostot ohjelmiston oletuskansioon, piti joissakin tapauksissa muokata esim. tekstitiedostoja viitekoodilla.

Kaikille ohjelmille saatiin kuitenkin luotua toimivat oletustiedostot ja piirustusohjelmat, jotka ovat ulkoasultaan yhteneviä keskenään, joten työtä voidaan pitää onnistuneena.

Lähteet

- 1 Etteplan Oyj, Etteplan Lyhyesti. Verkkoaineisto. <<https://www.etteplan.com/fi/etteplan-lyhyesti>>. Luettu 19.7.2018.
- 2 Narayan, K. Lalit. 2008. Computer Aided Design and Manufacturing. New Delhi: Prentice Hall of India. 4. painos.
- 3 Madsen, David A. 2012. Engineering Drawing & Designs. Clifton Park, NY: Delmar. 10. painos.
- 4 Hasari, Heikki & Salonen, Pekka. 2006. Teknillinen piirtäminen. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy. 1. Painos.
- 5 SFS-EN ISO 5457. Tekninen tuotedokumentointi. 1999. Piirustusohjien koot ja rakenne. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 6 SFS-EN ISO 7200. Tekninen tuotedokumentointi. 2004. Otsikkoalueen ja asiakirjan Ylätunnisteen tietokentät. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 7 SFS-ISO 128-24. Tekniset piirustukset. Yleiset esittämisperiaatteet. 2014. Osa 24: Koneenpiirustuksen viivatyytit. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 8 Suomivirta Osmo. 2015. Siemens NX10 Ohjelmiston käyttöönotto. Opinnäytetyö. SeAMK Tekniikka. Theseus-tietokanta.
- 9 SFS-EN 62027. Osaluetteloiden ja kohdeluetteloiden laatiminen. 2012. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 10 Weisberg David E. The Engineering Design Revolution. Verkkoaineisto. <<http://www.cadhistory.net/>>. Luettu 5.8.2018
- 11 Siemens PLM Software, NX. Verkkoaineisto. <<https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/nx/>>. Luettu 5.8.2018.
- 12 Siemens PLM Software, NX 10.0.3 Help. Verkkoaineisto. <https://docs.plm.automation.siemens.com/tdoc/nx/10.0.3/nx_help/#uid:index>. Luettu 31.7.2018
- 13 PhoenixPLM, NX Tip Video - Drafting Templates - Part 3 – Attributes. Verkkoaineisto. <<https://vimeo.com/100179684>> Katsottu 9.8.2018.
- 14 Scan2CAD, A Brief History Of Solidworks. Verkkoaineisto. <<https://www.scan2cad.com/cad/solidworks-history/>>. Luettu 4.8.2018.

- 15 Dassault Systèmes, SolidWorks Help. Verkkoaineisto. <http://help.solidworks.com/2017/english/SolidWorks/sldworks/c_introduction_toplevel_topic.htm>. Luettu 2.8.2018.
- 16 Scan2CAD, Autodesk – Everything You Need To Know. Verkkoaineisto. <<https://www.scan2cad.com/cad/autodesk/>>. Luettu 3.8.2018.
- 17 GraphicSpeak, 2008:RIP Autodesk Mechanical Desktop. Verkkoaineisto. <<https://gfxspeak.com/2011/07/21/2008-rip-autodesk-mechanical-desktop/>>. Luettu 3.8.2018.
- 18 Autodesk Inventor. Verkkoaineisto, <https://en.wikipedia.org/wiki/Autodesk_Inventor>. Luettu 3.8.2018.
- 19 Autodesk Inc, Inventor. Verkkoaineisto. <<https://www.autodesk.co.uk/products/inventor/overview>>. Luettu 3.8.2018.
- 20 Autodesk Knowledge Network, Autodesk Inventor 2016 Help, Verkkoaineisto. <<http://help.autodesk.com/view/INVNTOR/2016/ENU/>>. Luettu 3.8.2018.
- 21 PTC, A Quick History of PTC and PTC Creo. Verkkoaineisto. <<https://www.ptc.com/en/cad-software-blog/a-quick-history-of-ptc-and-ptc-creo>>. Luettu 5.8.2018.
- 22 PTC, Creo Parametric Online Help. Verkkoaineisto. <http://support.ptc.com/help/archive/creo30/creo_pma/usascii/index.html>. Luettu 7.8.2018.