

Lauri Lassheikki

**SUUNNITTELUOHJELMISTON KÄYTÖN TEHOSTAMINEN JA  
POHJATIEDOSTOJEN PÄIVITTÄMINEN**

**SUUNNITTELUOHJELMISTON KÄYTÖN TEHOSTAMINEN JA  
POHJATIEDOSTOJEN PÄIVITTÄMINEN**

Lauri Lassheikki  
Opinnäytetyö  
Kevät 2022  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma, tuotantotekniikka

---

Tekijä: Lauri Lassheikki

Työn nimi: Suunnitteluohjelmiston käytön tehostaminen ja pohjatiedostojen päivittäminen

Työn englanninkielinen nimi: Enhancing Use of Design Software and Updating Template Files

Työn ohjaaja: Esa Kontio

Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: kevät 2022

Sivumäärä: 35 + 0 liitettä

---

Opinnäytetyön aikana kehitettiin käytössä olevien mekaniikka- ja putkistosuunnitteluohjelmien käytettävyyttä toimeksiantajayrityksen paikallispalveluita palvelevassa työssä. Paikallispalvelut kattavat toimeksiantajana toimineen AFRY Finland Oy:n eri toimistojen lähialueilla sijaitsevien asiakkaiden työt, jotka koostuvat yleensä pienemmistä toimeksiannoista. Ohjelmistot, joita opinnäytetyössä käsiteltiin, ovat Autodesk Inventor, Autodesk AutoCAD Plant 3D, Autodesk AutoCAD Mechanical sekä Bentley Microstation.

Autodesk Inventor -ohjelmisto valittiin opinnäytetyöprojektin työkaluksi, koska kyseiseen ohjelmistoon haluttiin pohjatiedostojen päivittämisen lisäksi parantaa ohjelmiston suunnittelukäytettävyyttä. Autodesk Inventor -ohjelmisto myös tiedettiin kokeneiden suunnittelijoiden kokemuksista parhaaksi työkaluksi toteuttaa uudet mallipohjatiedostot.

Paikallispalveluille toteutettu Autodesk Inventor -malliprojekti sisältää oikeat asetukset ja paikallispalveluiden käyttöön kohdenneet pohjatiedostot. Malliprojektia käytettiin nopeuttamaan uusien asiakastöiden aloittamista sekä vähentämään virheiden määrää asiakastöiden aikana.

Käyttöohje sisältää erilliset ohjeet kokeneille suunnittelijoille Autodesk Inventor -ohjelmiston uudistuksien myötä saavutettujen parannuksien käyttöön sekä omat ohjeet uusille työntekijöille. Perusteellisemman ohjeistuksen tarkoituksena on perehdyttää uudet suunnittelijat nopeasti ohjelmiston sekä mallipohjatiedostojen käyttöön.

Työn lopputuloksena Autodesk Inventor -ohjelmiston suunnittelukäytön ominaisuuksia on parannettu muun muassa muuttamalla suunnittelumateriaalikirjaston tarjoamia materiaaleja. Suunnittelumateriaalikirjaston materiaaliapäivitysten lisäksi suunnittelukäytön tehostamiseksi Inventor-ohjelmistoon luotiin erillinen materiaalien mitta- ja muototoleranssit sisältävä standardikirjasto.

Inventor-ohjelmistossa kehitetyt dokumenttien mallipohjat otettiin käyttöön myös muissakin mekaniikkasuunnitteluohjelmistoissa, kuten AutoCAD Mechanical ja AutoCAD Plant 3D sekä Bentley Microstation. Jokaiselle suunnitteluohjelmistoille saatiin geometriamallien pohjatiedostot A0-, A1-, A2-, A3- ja A4-kokoisille arkeille.

---

Asiasanat: mekaniikkasuunnittelu, putkistosuunnittelu, piirustusohja, tekninen piirtäminen, suunnitteluohjelmistot

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical Engineering, Option of Industrial Engineering

---

Author: Lauri Lassheikki  
Title: Enhancing Use of Design Software and Updating Template Files  
Supervisor: Esa Kontio  
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2022  
Number of pages: 35 + 0 Attachments

---

This thesis is commissioned by AFRY Finland Oy, The objective of the thesis is to improve user experience with design programs and achieving higher quality documentation in everyday tasks. Everyday tasks at AFRY include usually a great volume of small projects with nearby clients. Even though AFRY works on various fields of profession, in this thesis the focus is mainly on mechanical designing and secondly on pipe designing. These are also the fields of profession that the thesis author is working in with customer tasks.

In this thesis designing, the software that are used involve Autodesk AutoCAD Mechanical, Autodesk AutoCAD Plant 3D, Autodesk Inventor -and Bentley Microstation. The focus in this thesis is on Autodesk Inventor -software thus it is the main software used in everyday tasks.

Goals of this thesis is to improve user experience, eliminate human errors and save time in everyday tasks. To achieve these goals, template files and guide documentation for Autodesk Inventor -were created. With Autodesk Inventor -, software template files for other software were created.

At the start the thesis author researched the current documentation templates and had conversations with more experienced users of these document templates. After this an improvement list of the findings were created. Next step in the process was to develop document templates.

Alongside of this thesis, a user manual was created to help designers to adopt new design templates. User manual also helps new workers to adopt Autodesk Inventor -software and working methods.

In the end of this thesis project, template files for every software and various different document sheet sizes were created. An Autodesk Inventor -model project was also created, which included all wanted settings and new template documents for creating technical drawings.

---

Keywords: mechanical designing, piping designing, document template, technical drawings, designing program

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	TEKNINEN PIIRUSTUS .....	7
3	OPINNÄYTETYÖN TAVOITTEET JA RAJAUS.....	9
	3.1 Tavoitteet.....	9
	3.2 Rajaus .....	9
4	OHJELMISTOKOHTAISET KEHITYSTARPEET PIIRUSTUSPOHJISSA .....	11
	4.1 Autodesk Inventor.....	11
	4.2 AutoCAD Mechanical.....	13
	4.3 AutoCAD Plant 3D .....	13
	4.4 Bentley Microstation .....	14
5	ENSIMMÄISEN PIIRUSTUSPOHJAVERSION LAATIMINEN .....	15
	5.1 Otsikkotaulu.....	15
	5.2 Uudet piirustusohjat.....	16
	5.3 Muutoskenttä .....	17
	5.4 Osaluettelo .....	17
	5.5 Piirustussymbolit.....	18
6	ENSIMMÄISEN PIIRUSTUSPOHJAVERSION KOMMENTOINTI .....	25
7	UUDEN PIIRUSTUSPOHJAN LUONTI .....	26
	7.1 Dokumentin tila -symbolien parannus.....	26
	7.2 Otsikkotaulun parannukset .....	27
8	INVENTOR-OHJELMISTON KEHITYS .....	28
9	PIIRUSTUSPOHJIEN KÄYTTÖÖNOTTO .....	30
10	YHTEENVETO .....	32
	LÄHTEET.....	34

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii AFRY Finland Oy. Aloitin työskentelyn AFRY Finland Oy:n Kemin toimipisteellä elokuussa 2021 mekaniikka- ja putkistosuunnittelijaharjoittelijana. Pääsääntöinen työväline mekaniikkasuunnittelussa on Autodesk Inventor -3D-mallinnusohjelmisto, joka toimii myös tämän opinnäytetyöprojektin pääasiallisena työkaluna.

AFRY on Euroopan johtavia suunnittelu- ja konsultointiyhtiöitä, jonka toimialoihin kuuluvat rakennetun ympäristön, teollisuus- ja energia-alojen sekä digitalisaation asiantuntijuus. AFRY toimii mukana isoissa globaaleissa projekteissa sekä tekee päivittäin töitä myös paikallisten asiakkaiden kanssa pienemmissä projekteissa. AFRY syntyi helmikuussa 2019, kun vuonna 1895 Ruotsissa perustettu ÅF-Infrastructure osti vuonna 1958 Suomessa perustetun Pöyry Oyj:n. (1.)

Piirustusohjelmistojen ja Autodesk Inventor -suunnitteluohjelmiston puutteet olivat alusta asti selkeät, sillä kokeneet suunnittelijat kertoivat puutteellisista piirustusohjelmista pian yrityksessä työskentelyni aloittamisen jälkeen. Näiden ja omien, työskentelyn ohessa tekemiäni havaintojen perusteella todettiin tarve parantaa piirustusohjelmia ja Inventor-suunnitteluohjelmiston käytettävyyttä. Nämä havainnot ajoivat tämän opinnäytetyön aloitusta eteenpäin toimeksiantajan tarpeiden ja oman ammatillisen kehityksen edistämiseksi.

Opinnäytetyöraportissa perehdytään paikallisten asiakasyritysten palvelun parantamiseen käytössä olevien piirustusohjelmien päivittämisen sekä Inventor-suunnitteluohjelmiston ominaisuuksien parantamisen näkökulmasta. Opinnäytetyöprojekti on toteutettu yhteistyössä AFRYn pohjoisen alueen organisaatioon kuuluvien mekaniikka- ja putkistosuunnittelijoiden kanssa. Yhteistyötä opinnäytetyön aikana on tehty organisaation sisällä, eri toimistojen välillä, keräämällä käytössä olevista dokumenttipohjista puutos- ja parannuslistaa sekä kommentointikatselmoimalla kehityksen edistymisen seuraamiseksi. Puutos- ja parannuslistasta saatujen tietojen perusteella on kartoitettu tämän opinnäytetyöprojektin tavoitteet.



Vaikka osat ja kokoonpanot suunnitellaan yleensä kolmiulotteisena geometriana, on tärkeää valmistaa tekniset piirustukset kaksiulotteisena geometriana, sillä ei voida olettaa kaikilla dokumentteja tarkastelevilla tahoilla, esimerkiksi osia valmistavalla konepajalla, tai asiakkaana toimivalla yrityksellä olevan käytössään samoja tiedostomuotoja tukevia 3D-mallinnusohjelmia kuin suunnittelijalla. Kappaletta on myös mahdoton valmistaa pelkän kolmiulotteisen geometrian mukaan, tästä syystä 3D-mallista tehdään aina kaksiulotteisella geometriana tekninen dokumentti, joka sisältää kaikki valmistukseen tarpeelliset tiedot.

### **3 OPINNÄYTETYÖN TAVOITTEET JA RAJAUS**

Opinnäytetyön tavoitteisiin kuuluu paikallispalveluiden dokumentaation laadun parantaminen, Inventor-suunnitteluohjelmiston suunnittelukäytettävyyden parantaminen, dokumenttipohjien visuaalisen ilmeen parantaminen sekä mahdollisuus helppoon asiakaskohtaiseen räätälöintiin. Suunnitteluohjelmiston käytettävyyden parantamisen kannalta tavoitteena on toteuttaa malliprojekti tiedosto sekä käyttöohje Autodesk Inventor -ohjelmistolle.

#### **3.1 Tavoitteet**

Opinnäytetyön tavoitteisiin kuuluu Inventor-ohjelmiston materiaali kirjaston päivittäminen paremmin kuvaavilla materiaaleilla oletusmateriaalien sijaan. Tällä tavalla piirustuksissa saadaan helpommin tuotua esiin osien massa- ja materiaalitiedot selväksi asiakkaille, kun suunnittelijan käytössä on tarkat materiaalikuvaukset sisältävä materiaalikirjasto. Oletusarvoisesta materiaalilistasta ohjelmistossa päätettiin luopua ja luoda tilalle suppeampi lista, joka sisältää edellä mainitusti tarkat materiaalikuvaukset yleisimmin käytetyistä materiaaleista. Materiaalilistan lisäksi yleisimmille materiaaleille luodaan standardikirjasto, josta saadaan määritettyä valmistuksessa käytettävälle materiaalille mitta- ja muototoleranssit.

Dokumenttien visuaalista ilmettä halutaan yhtenäistää eri toimistojen välillä sekä piirustusohjelmistojen välillä halutaan helposti asiakaskohtaisesti räätälöitävät asiakkaan omalla logolla. Vanhojen käytössä olevien dokumenttipohjien ongelmana on tarjotun datan puutteellisuus, erilaiset esittämistavat toimistojen välillä sekä suurimpana ongelmana piirustusohjelmistojen oletuskieli, joka lähtötilanteessa oli ruotsiksi.

#### **3.2 Rajaus**

Opinnäytetyö on rajattu AFRY Finland OY:n pohjoisen alueen organisaation mekaniikka- ja putkistosuunnittelijoihin ja heidän käyttämiinsä ohjelmiin. Projektin toteutuksen rajauksesta huolimatta opinnäytetyön aikana saavutettavia hyötyjä on mahdollista kuitenkin helposti jatkojalostaa laajemmalle organisaatiossa, esimerkiksi koko Suomen laajuudella mekaniikka- ja putkistosuunnittelijoiden käyttöön.

Ohjelmistot on rajattu koskemaan tavallisimpia putkisto- ja mekaniikkasuunnittelijoiden käyttämiä sovelluksia asiakkaiden toteutuksessa. Mekaniikkasuunnittelussa käytössä olevia ohjelmistoja ovat Autodesk Inventor, AutoCAD Mechanical ja Bentley Microstation. Putkistosuunnittelussa käytössä on puolestaan AutoCAD Plant 3D -suunnitteluohjelmisto.

## 4 OHJELMISTOKOHTAISET KEHITYSTARPEET PIIRUSTUSPOHJISSA

Jokaisesta suunnittelijoiden käytössä olevasta, rajauksen mukaisesta ohjelmistosta on kartoitettu sovelluskohtaiset kehitys tarpeet, joita opinnäytetyön aikana on parannettu. Kehitystarpeita piirustusohjelmistojen osalta on kartoitettu keskustelemalla kokoneiden suunnittelijoiden kanssa rajatun organisaation sisällä. Keskusteluissa keskitytään erittelemään, millaisia puutoksia käytössä olevista piirustusohjelmista on havaittu sekä millaisia vaatimuksia uusien dokumenttimallipohjien osalta tulee täyttyä.

### 4.1 Autodesk Inventor

Autodesk Inventor on Autodeskin kehittämä tietokoneavusteinen suunnitteluohjelma, jolla tehdään 3D-mekaanista suunnittelua, visualisointia, simulointia ja dokumentointia.

Inventor® CAD-ohjelmisto tarjoaa työkaluja 3D-mekaniikkasuunnitteluun, dokumentointiin ja tuotesimulointiin. Työskentely tapahtuu parametriseen, suoraa, vapaamuotoista ja sääntöihin perustuvan suunnittelun toimintoyhdistelmällä. (3.)

### Kehitystarpeet

Otsikkotaulun tarkoituksena on esittää teknisen dokumentin tiedot. Tiedoista tulee selvittää dokumentin suunnittelija ja dokumentin toimittava taho, dokumentin tarkastajan ja hyväksyjän tiedot, piirustusnumero, kokoonpanon massatieto, dokumentin lehtien lukumäärä, piirustuksen suhde todelliseen kokoon, muutostunnus, projisointimenetelmä, mahdollinen dokumentti, johon piirustus liittyy, tarvittaessa asiakkaan positiotunnus sekä mahdollisimman laaja kuvaus dokumentista.

Otsikkotaulun tulisi myös olla mahdollisimman selkeä visuaalisesti, jotta tiedot ovat selkeästi tarjolla lukijalle eikä niiden etsimiseen kulu turhaa aikaa. Näiden vaatimusten perusteella olemassa olevista pohjista löydettiin seuraavia puutteita ja kehitystarpeita:

1. Räätelöitävyys asiakaskohtaisesti koetaan huonoksi, sillä otsikossa ei ole asiakkaan logolle paikkaa eikä asiakkaan mahdollista positiotietoa piirustukselle.

2. Dokumentin kuvauskentässä on liian vähän rivejä täyden kuvauksen kertomiseksi sekä visuaalinen ilme ja yrityksen leima valokuvana piirustusohjassa koetaan huonoksi.
3. Osien tai kokoonpanojen massa tiedoille ei ole paikkaa dokumentin otsikkotaulussa (kuva 2). Piirustuksen suhde tieto ei myöskään päivity dokumenttiin automaattisesti.

Drawn LLA	Date 1.11.2021	Checked	Approved	Date	Status	Location 	A
		Titel / Description				Scale	
						Sheet 1 / 1	
Proj. no.		Draw. no.		Edition / Rev. 0			
4		5			6		

KUVA 2. Otsikkotaulu oletuspiirustusohjassa

Osa- ja materiaaliluettelon (kuva 3) tarkoituksena on esittää kokoonpanossa käytetyt osat, kappalemäärä, materiaali, paino, valmistusmateriaali, -materiaalin mitta- ja muotostandardi sekä mahdollisimman selkeä kuvaus osasta. Osa- ja materiaaliluettelon osalta havaittiin seuraavia puutos- ja parannuskohteita:

1. Kieli halutaan suomeksi.
2. Materiaalitiedon lisäksi osan massatiedolle halutaan oma sarake.
3. Materiaalin mitta- ja muotostandardi halutaan näkyviin.

4		5		6	
1	1	Steel			
Pos	Ant	Beskrivning	Material	Art nr/anmärkning	

KUVA 3. Osa- ja materiaaliluettelo oletuspiirustusohjassa

Muutosluettelon (kuva 4) tietojen kirjaamisesta haluttiin nopeampi ja automaattisempi sekä yleiseen ilmeeseen toivottiin parannusta. Muutosluettelon suurin kehitystarve koskee kielen vaihtamista suomeksi.

1				
Rev.	Ändring och/eller ändrings nr.	Datum	Konstr.	Godk.

KUVA 4. Muutosluettelo oletuspiirustusohjassa

## 4.2 AutoCAD Mechanical

AutoCAD on yleiskäyttöinen tietokoneavusteisen ohjelmisto 2D suunnitteluun, jota kehittää ja julkaisee yhdysvaltalainen Autodesk Inc.

AutoCAD® on tietokoneavusteinen (CAD) suunnitteluohjelmisto, jota arkkitehdit, insinöörit ja rakentamisen ammattilaiset käyttävät tarkkojen 2D- ja 3D-piirustusten suunnittelussa.

AutoCAD suunnitteluohjelmistossa on mahdollista luonnostella ja muokata 2D- ja 3D-malleja tilausobjektien, pintojen ja verkko-objektien avulla sekä automatisoida tehtäviä, kuten piirustusten vertailemistä, laskemista, blokkien lisäämistä ja aikataulujen laatimista. (4.)

### **Kehitystarpeet**

AutoCAD Mechanical -ohjelmistolle ei ole kuin yksi mallipohja tarjolla, A3-kokoisella dokumenttipohjalla. Kyseisen pohjan otsikkotaulu on ruotsiksi ja tämä halutaan suomeksi. Ohjelmiston parannuskohteiksi valittiin pohjien valikoiman parantaminen lisäämällä paperikokoja pohjavalikoimaan. Muutos- sekä osa- ja materiaaliluetteloita ei ollut olemassa ohjelmistossa olevassa dokumenttipohjassa.

## 4.3 AutoCAD Plant 3D

Plant 3D on Autodeskin tietokoneavusteinen suunnitteluohjelmisto, joka on kohdennettu tuotantolaitossuunnitteluun. Ohjelmisto sisältää työkaluja ja ominaisuuksia, joita suunnittelija tarvitsee luodessaan yksityiskohtaisia laitosmalleja, jotka sisältävät putkistoja, rakenteita ja laitteita. (5.)

### **Kehitystarpeet**

AutoCAD Plant 3D -ohjelmiston tarjoamista dokumenttipohjista ei löydy oletuksellisesti yhtään yrityksen omia piirustusohjelmistojen tiedostoja. Parannuksena haluttiin uudet piirustusohjelmistojen tiedostot ja erilaisia dokumenttipohja kokoja.

#### **4.4 Bentley Microstation**

MicroStation on CAD-piirtämiseen käytettävä tietokoneohjelmisto, millä voi piirtää vektorigrafiikkaa sekä kaksi- että kolmiulotteisesti. Ohjelmistoa kehittää ja myy Bentley Systems. Ensimmäiset versiot MicroStation-ohjelmistosta kehitettiin 1980-luvulla ja uusin versio kyseisestä ohjelmistosta julkaistiin vuonna 2009. Ohjelmiston viimeisimmät versiot toimivat vain Microsoft Windows-käyttöjärjestelmillä, mutta aikaisemmin MicroStation oli saatavilla myös Macintosh- ja Unix-ympäristöihin. Ohjelmisto käyttää eri tiedostomuotoa, kuin AutoCAD-ohjelmistot, mutta ohjelmisto tukee myös AutoCAD- tiedostomuotoja. (6.)

#### **Kehitystarpeet**



Bentley Microstation -ohjelmistoon ei myöskään ole valmista piirustus pohjatiedostoa yritykselle käytettäväksi, sillä MicroStationilla on keskitytty enimmäkseen muuttamaan asiakkaiden dokumentteja, eikä tuottamaan uusia dokumentteja. Kyseiseen ohjelmistoon projektissa siis luodaan uudet pohjat uusien dokumenttien luontia varten.

## 5 ENSIMMÄISEN PIIRUSTUSPOHJAVERSION LAATIMINEN

Vaatimusten selvittämisen jälkeen piirustus pohjien parantaminen on aloitettu toteuttamalla edellisen kappaleen puutoslistan mukaisia kehitystarpeita. Autodesk Inventor -ohjelmistolle on opinnäytetyön aikana tehty muitakin parannuksia suunnittelukäytön parantamiseksi piirustus pohjatiedoston parantamisen lisäksi. Tästä syystä uudet piirustus pohjatiedostot on toteutettu käyttämällä Autodesk Inventor -suunnitteluohjelmistoa.

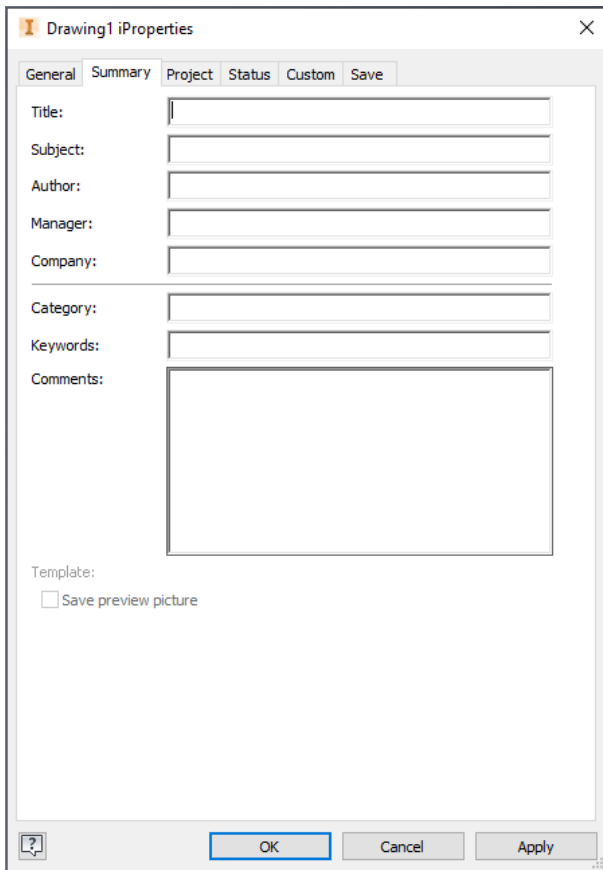
### 5.1 Otsikkotaulu

Otsikkotaulun (kuva 5) parannuksissa on haluttu keskittyä visuaalisen ilmeen parantamiseen sekä sitoa tietojen täyttöön mahdollisimman paljon automatiikkaa eli attribuuttikomentoja. Näillä komennoilla on vähennetty virheellisiä tietojen syöttöjä sekä varmistettu jokaisen dokumentin samankaltaisuus. Samankaltaisuudella tarkoitetaan tekstityylejä, tekstikokoja sekä tekstin sijoittumista otsikkotauluun.

		Asiakas		Sijainti 
		Otsikko		Paino
Suunnittelija	Päivämäärä			Suhde
Tarkastaja	Päivämäärä	Liitty: Asiakkaan positio:		Lehti 1/1
Hyväksytty	Päivämäärä	Piirustusnumero		Koko A3
				Muutos

KUVA 5. Otsikkotaulun ensimmäinen versio

Automaatti täytöllä on saatu dokumentin tiedot täyttymään nopeasti, yhtenäisesti ja helposti niille määrätyle paikoille. Täyttökomentoja on pystytty ohjelmiston tarjoamien komentojen lisäksi luomaan itse tarvittaessa iProperties-välilehden Custom-osiossa (kuva 6).

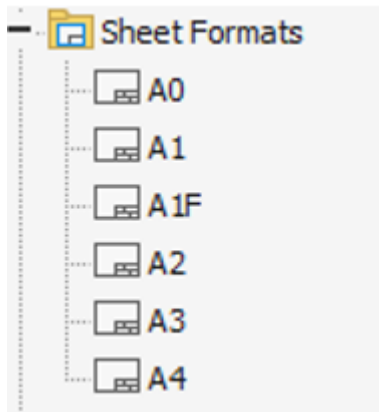


KUVA 6. iProperties, otsikkotaulun tietojen kirjaaminen

Inventorin iProperties-ominaisuuden kautta toteutetaan myös otsikkotaulun tietojen täyttäminen. iProperties-ominaisuuden kautta saadaan määritettyä esimerkiksi dokumentin luontipäivämäärä, kuvien tarkastaja sekä tarvittavat kuvaukset. Vaikkakin nämä tiedot kirjataan manuaalisesti iProperties-kenttiin, otsikkotauluun ne täyttyvät automaatti täyttökomennoilla määrätyle paikalle ja määrätyle tyylillä.

## 5.2 Uudet piirustusohjat

Uusia piirustusohjia on luotu yksi jokaista paperiarkkikokoa (kuva 7). Kaikkiin paperikokoihin sisällytetään uusi otsikkotaulu. Piirustusohjia luodessa on haluttu luoda mahdollisimman monipuoliset ja monia asiakkaita palvelevat ohjat.



KUVA 7. Piirustuslohja-kokoja

### 5.3 Muutoskenttä

Muutoskentän (kuva 8) visuaalista ilmettä, tekstien kieltä ja täyttö komentoja on myös muutettu kehitystarpeiden mukaisesti. Muutoksilla on saatu luotua visuaalisesti paremmat muutoslistat, joissa oletuskielenä on suomi. Suomen kieli valikoitui dokumenttipohjien kieleksi siitä syystä, että kaikki lähialueen asiakkaat ovat suomalaisia yrityksiä. Merkittävimpiä muutoksia kielen vaihdon lisäksi on tekstin fonttikoon pienentäminen sekä tekstin täytön pakotukset. Muutoskentän sarakkeiden lukumäärä on sidottu suoraan otsikkotaulussa REV-laatikon tietoon, jolloin muutoslistan sarakkeiden määrän lisääntyessä myös otsikkotaulun tiedot päivittyvät automaattisesti.

2				
1				
0				
Rev.	Päivämäärä	Muuttaja	Hyväksyjä	Muutos

KUVA 8. Uusi muutoskenttä

### 5.4 Osaluettelo

Osaluettelon (kuva 9) täyttämistä on automatisoitu muiden listojen tapaisesti valitsemalla sopivimmat automaattitäyttökäskyt Autodesk Inventor -ohjelmiston tarjoamasta komentokirjastosta. Valinnat on toteutettu samalla tavalla kuin esimerkiksi muutosluetteloon tehdyt valinnat.

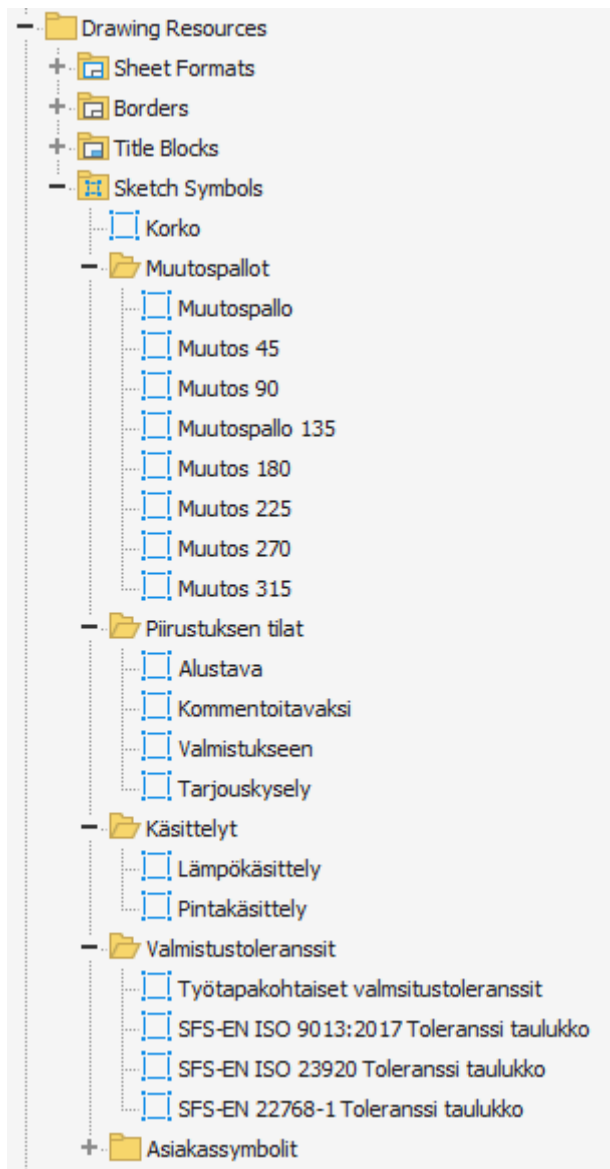
5					
4					
3					
2					
1					
Osa	Kpl	Kuvaus	Materiaali	Standardi/piir.nro	Paino

KUVA 9. Uusi osaluettelo

Osa- ja materiaaliluettelon muutoksilla on täytetty projektin tavoitteet visuaalisen ilmeen parantamisesta ja kielimuutoksista. Osalista on parannusten myötä saatu tuotua yksittäisten osien valmistusmateriaalin massatiedot sekä -materiaalin mitta- ja muotostandardi. Osien massatiedon esittäminen osa- ja materiaaliluettelossa helpottaa asiakkaita monissa tilanteissa. Osan massatieto saadaan suoraan osa- ja materiaaliluettelosta katsomalla, eikä sitä tarvitse laskea erikseen valmistusmateriaalin ja valmistettavan osan mittatietojen perusteella.

## 5.5 Piirustussymbolit

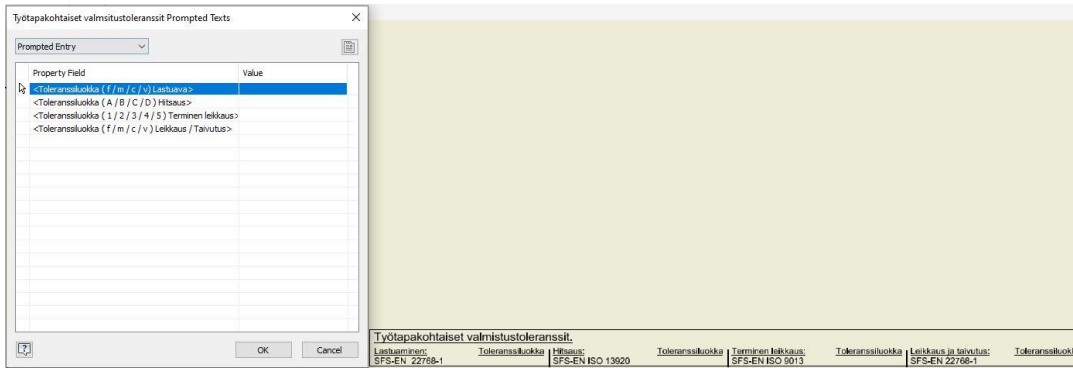
Autodesk Inventor -ohjelmiston suunnittelukäytön kehityksessä on luotu myös uusia piirustussymboleita (kuva 10). Näillä symboleilla on haluttu nopeuttaa suunnittelijan työskentelyä, yhtenäistää dokumenttien tiedon tarjontaa sekä vähentää manuaalista tietojen syöttöä dokumentteihin. Symboleita on tehty esittämään eri valmistusmenetelmä kohtaisia sekä havainnollistamaan muutoksia kokoonpanoissa, dokumentin tilaa kuvastavat sekä valmistettavien osien mahdollisia jälkikäsitteilyä koskevien tietojen ilmoittavat symbolit.



KUVA 10. Piirustussymbolit

### Työtapa-kohtaiset valmistustoleranssit

Työtapa-kohtaiset valmistustoleranssit sisältävä symboli (kuva 11) on tehty esittämään eri työtapa-kohtaiset valmistustoleranssit, esimerkiksi lastuavalle työlle, hisaukselle, termiselle leikkaukselle sekä leikkaukselle ja taivutukselle. Tällä symbolilla saadaan nopeasti yleiset valmistusstandardit helposti piirustukseen. Symbolia lisätessä suunnittelija määrittelee työtapa-kohtaisen toleranssiluokan. Toleranssiluokkien mukaiset mitta poikkeamat ilmoittavat taulukot eri standardeille on myös luotu symbolikirjastoon.



KUVA 11. Työtapaohittaiset valmistustoleranssit -symboli

### Sallitut mittapoikkeamat

Valmistustoleranssiluokkien mukaiset sallitut mitta poikkeamat on dokumentissa saatu esitettyä valitsemalla standardin mukainen toleranssitaulukko symbolikirjastosta valmistustoleranssit kansion alta löytyvistä symboleista. Symboleista valittavana on termisen leikkauksen-, hitsauksen- ja taivuttamalla valmistettävien osien toleranssitaulukot. Jokaisessa taulukossa on ilmoitettu tiettyjen toleranssialueiden sallitut mittapoikkeamat.

Termisen leikkauksen sallitut toleranssit symbolilla (kuva 12) on ilmoitettu sallitut kohtisuoruus- tai kaltevuustoleranssit jokaista toleranssiluokkaa kohden. Luokittelun geometriset määrittelyt ja laatu- ja kaltevuustoleranssit soveltuvat poltto-, plasma- ja laserleikkaukseen sopiville materiaaleille. (7, s. 5.)

<b>SFS-EN ISO 9013:2017</b>	
Alue	Kohtisuoruus- tai kaltevuustoleranssi
1	$0,05 + 0,003 a$
2	$0,15 + 0,007 a$
3	$0,4 + 0,01 a$
4	$0,8 + 0,02 a$
5	$1,2 + 0,035 a$

KUVA 12. Termisen leikkauksen kohtisuoruus- tai kaltevuustoleranssi taulukko (7, s. 17, muokattu)

Hitsauksen pituusmitta toleranssit -symbolin taulukossa (kuva 13) on ilmoitettu sallittu poikkeama eri pituusmitoissa jokaiselle toleranssiluokalle. Symbolin sisältämä taulukko esittää hitsattujen rakenteiden sallittuja mittapoikkeamia neljässä eri tarkkuusluokassa, jotka ovat saavutettavissa konepajalla. Tarkkuusluokan valinnassa tulee valintaperusteen olla toiminnalliset vaatimukset. (8, s. 4.).

SFS-EN ISO 13920 Hitsatut rakenteet, toleranssi pituusmitoille											
Toleranssi-luokka	Nimellismita ( mm )										
	2 - 30	30-120	12-400	400-1000	1000-2000	2000-4000	4000-8000	8000-12000	12000-16000	16000-20000	+20000
A	+/- 1	+/- 1	+/- 1	+/- 2	+/- 3	+/- 4	+/- 5	+/- 6	+/- 7	+/- 8	+/- 9
B	+/- 1	+/- 2	+/- 2	+/- 3	+/- 4	+/- 6	+/- 8	+/- 10	+/- 12	+/- 14	+/- 16
C	+/- 1	+/- 3	+/- 4	+/- 6	+/- 8	+/- 11	+/- 14	+/- 18	+/- 21	+/- 24	+/- 27
D	+/- 1	+/- 4	+/- 7	+/- 9	+/- 12	+/- 16	+/- 21	+/- 27	+/- 32	+/- 36	+/- 40

KUVA 13. Hitsauksen toleranssi taulukko pituusmitoille (8, s. 5, muokattu)

Taivuttamalla valmistettaville (kuva 14) osille on luotu oma symboli ilmoittamaan eri toleranssiluokien mukainen sallittu poikkeama kulmamitoille. Symbolin taulukossa ilmoitetut sallitut mitta poikkeamat rajoittavat vain viivojen tai pintojen viivaelementtien yleissuuntaa. Ilmoitetut toleranssit eivät koske viistettyjä pintoja, eikä kappaleen muotopoikkeamaa. (9, s. 3.).

SFS-EN 22768-1					
Toleranssi-luokka	Sallittu poikkeama kulmamitoille				
	-10°	10°-50°	50°-120°	120°-400°	+400°
f	+/- 1°	+/- 0°30'	+/- 0°20'	+/- 0°10'	+/- 0°5'
m	+/- 1°	+/- 0°30'	+/- 0°20'	+/- 0°10'	+/- 0°5'
c	+/- 1°30'	+/- 1°	+/- 0°30'	+/- 0°15'	+/- 0°10'
v	+/- 3°	+/- 2°	+/- 1°	+/- 0°30'	+/- 0°20'

KUVA 14. Sallittu poikkeama taulukko kulmamitoille (9, s. 6, muokattu)

## Dokumentin tila

Lisäksi symboleista on saatavilla piirustuksen eri tiloja varten omat symbolit (kuva 15), esimerkiksi alustava -symboli ilmoittaa piirustuksen olevan alustava suunnitelma, ja täten ei sovellu vielä valmistukseen. Alustavia piirustuksia on tarkoitettu käytettäväksi töiden alkuvaiheessa, kun hiotaan

työn yksityiskohtia asiakkaan kanssa. Muita ei valmistukseen soveltuvan piirustuksen tiloja ovat kommentoitavaksi - tila ja tarjouskyselyyn - tila.



KUVA 15. Dokumentin tila -symbolit

## Muutospallot

Muutospalloilla (kuva 16) on tarkoitettu esittävän piirustuksessa muutoksen kohteena olleet osat selkeästi. Muutospalloja on päädytty luomaan 45 asteen välein, jolloin mahdollistetaan niiden monipuolinen käytännöllisyys dokumenteissa. Kokoonpanon sisällä muutoksen kohteena olleet osat voivat olla sellaisissa paikoissa, ettei kaikkia muutoksia voida selkeästi havainnollistaa yhdellä muutospallo tyylillä. Muutospallojen sisältämä muutostunnus on suunnittelijan määritettävä muutospalloa lisätessä.



Attribuuttikomennoilla symboleissa saadaan varmistettua yhtenäinen ilme dokumenteissa eri suunnittelijoiden ja eri toimistojen kesken, sillä tekstin paikka, - koko ja - tyyli ovat ennalta määritellyt. Tilanteessa, jossa syötettäisiin käsin jokaiseen symboliin jokaisessa dokumentissa, suurella todennäköisyydelle olisi näiden dokumenttien sisältämien symboleiden sijoittelu- ja tyylierot huomattavia.

Kaikki piirustusymbolit on tarkoitettu vapaasti aseteltaviksi dokumentteihin suunnittelijan mielen mukaan, mutta projektin ohella toteutettu Inventor-käyttöohje asettaa suosituksia tiettyjen symbolien sijoittamiselle. Esimerkiksi asiakkoittaiset logot sisältävät symbolit sekä työtapakohtaisten valmistustoleranssien symbolit on ohjeessa suositeltu aseteltavaksi tiettyyn paikkaan. Ohjeen suosittelemin tavoin toimittaessa on jokaisen tuotetun dokumentin pääkohdat visuaalisesti yhtenäiset.

## 6 ENSIMMÄISEN PIIRUSTUSPOHJAVERSION KOMMENTOINTI

Projektin aikana on toteutettu välikysely, jolla on varmistettu projektin oikea suunta sekä kartoitettu kehitystyön onnistumista. Piirustus pohjien ensimmäinen versio on katselmoitu sähköpostijakeluna organisaation putkisto- ja mekaniikkasuunnittelijoille kommentoitavaksi. Ensimmäinen versio uusista pohjista lähetettiin ryhmälle, joka kostui 18 suunnittelijasta. Kommentteja ryhmästä pyydettiin seuraaviin asioihin:

1. piirustus pohjan visuaalinen ilme
2. toimivuus, tietojen täyttäminen
3. havaitut puutteet / jatkokehityksen kohteet
4. paikalliset asiakkaat, joille dokumentteja toimitetaan
5. putkistosuunnittelijoiden vaatimuksia piirustus pohjalle.

Kommentointikierroksen ajoittamisessa projektin keskelle, oli ajatuksena kommenttien laatu, jonka toivottiin olevan sisällöllisesti paljon antoisampaa, kun tarjottiin kokeneemmille suunnittelijoille jotain uutta kokeiltavaksi, eikä pyydetty heitä ideoimaan parannuksia tyhjistä.

Vastausten lukumäärä sähköpostijakelussa olleilta henkilöiltä oli odotettua pienempi. Syy tähän on oletettu löytyvän siitä, että muutamat vastaukset tulivat suoraan koko jakeluketjulle, eikä vain tutkimusta suorittaneelle henkilölle. Tällaiset vastaukset on oletettu karsineen samankaltaisia vastauksia muilta ryhmän jäseniltä.

Mekaniikkasuunnittelijoiden kannalta vastauksien määrän vähyys ei kuitenkaan ole vaikuttanut alentavasti kommenttien luotettavuuteen, vaan päinvastoin, kommenttien vähäinen määrä on tullut onnistuneena esisuunnitteluna piirustus pohjien suhteen.

Putkistosuunnittelun kannalta kommentointikierrös ei ole palvellut tarkoitustaan, sillä emme saanut kommentteja, jotka olisivat olleet kohdennettu juuri tähän suunnittelualueeseen, vaikka niitä olimme eritoten pyytänyt kommentointiryhmältä. Näitä vaatimuksia tulemme täyttämään projektin jälkeen tarpeen sitä vaatiessa, joten projektia jatkettiin mekaniikkasuunnittelijoiden ehdoilla.

## 7 UUDEN PIIRUSTUSPOHJAN LUONTI

Kommentointikierroksen aikana saatujen vastausten perusteella kehitettävää on dokumentin tiloja kuvaavissa tarroissa sekä otsikkotaulussa. Dokumentin yleistä visuaalista ilmettä kehitettiin sopivan yksinkertaiseksi, jolloin dokumentin lukija saa yhdellä silmäyksellä kokonaiskuvan selville dokumentista.

### 7.1 Dokumentin tila -symbolien parannus

Dokumentin tilaa kuvastavien symboleiden kieltä toivottiin englanniksi sekä symboleiden orientaation muuttamista, jotta symboleista on saatu paremmin esiin nousevat. Alustavaa tilaa kuvaavaan symboliin haluttiin lisättävän suunnittelijan nimikirjaimet sekä päivämäärä. Kuvassa 18 verrattuna tilanne ennen ja jälkeen. Ennen kommentointia ollut tilanne vasemmalla, ja viimeisin versio kommentoinnin jälkeen esitettynä oikealla.





KUVA 18. Dokumentin tila -symbolit, vasemmalla ennen ja oikealla jälkeen



Suunnittelijan nimikirjaimet on saatu symboliin jälleen automaattista attribuuttikomentoa hyödyntäen, jolloin symbolia lisätessään dokumenttiin nousee automaattisesti kyseisen käyttäjän nimikirjaimet.

## 7.2 Otsikkotaulun parannukset

Kommentointikierroksella otsikkotauluun toivottiin lisättäväksi tietokentät, joilla saadaan kuvastetua dokumentin tyyppi -koodilla sekä tarvittaessa projektin numero. Otsikkotaulu ennen kommentointikierrosta kuvassa 19 ja kommentointikierroksen jälkeinen lopullinen otsikkotaulu kuvassa 20.

		Asiakas		Sijainti 
		Otsikko		Paino
Suunnittelija				Päivämäärä
Tarkastaja		Päivämäärä		Lehti 1/1
Hyväksytty		Päivämäärä		Koko A3
		Liittyy:		Asiakkaan positio:
		Piiustusnumero		Muutos

Kuva 19. Otsikkotaulu ennen kommentointi kierrosta

		Asiakas		Sijainti 
		Otsikko		Paino
Suunnittelija				Päivämäärä
Tarkastaja		Päivämäärä		Lehti 1/1
Hyväksytty		Päivämäärä		Koko A3
		Dokumentin tyyppi:		Liittyy:
		Projektin numero:		Positio:
		Piiustusnumero		Muutos 0

KUVA 20. Lopullinen otsikkotaulu

Projektin numero- ja dokumenttityyppisarakeet lisättiin otsikkotauluun ja niidenkin täytössä on käytetty attribuuttikomentoja. Tekstin paikka ja tyyli asetukset on tällöin saatu samanlaisiksi jokaiseen dokumenttiin.

## 8 INVENTOR-OHJELMISTON KEHITYS

Opinnäytetyöprojektin osana toimi myös Inventor-ohjelmiston materiaalilistan parantaminen. Materiaalilistasta haluttiin karsia materiaalimäärää, mutta samalla luoda lisää vaihtoehtoja materiaalien sisällä. Esimerkiksi teräksistä haluttiin materiaalilistaan rakenneteräksien eri luokkia sekä ruostumattomia- ja haponkestäviä teräksiä. Tavoitteena tässä kehityksessä on virheiden minimalisointi, työn nopeuttaminen ja tarvittavien tietojen manuaalisen syöttämisen vähentäminen dokumentteja laadittaessa.

### Uudet materiaalit

Uusiksi materiaaleiksi on haluttu luoda rakenneteräksien sekä ruostumattomien- ja haponkestävien teräksien yleisimmät vaihtoehdot (kuva 21). Kyseisille materiaaleille on tarkennettu nimitykset sekä materiaalien fyysiset ominaisuudet. Materiaalien fyysisistä ominaisuuksista, jotka materiaaleille on määritetty kehityksen aikana, on materiaalien tiheys, jolloin osien massa päivittyy dokumentteihin oikein.

1.4301	RST
1.4404	HST
EN AW 6063	ALUMIINI
<b>Generic</b>	Misc
S235JR	RAKENNETERÄS
S355J0	RAKENNETERÄS
S355J2	RAKENNETERÄS

KUVA 21. Inventor -Material Browser

Materiaalien mitta- ja muototoleranssit ilmoittavat standardit on toteutettu käyttämällä Inventor-ohjelmiston, alun perin osan visualisointiin tarkoitettua ominaisuutta (kuva 22), jolla tavallisesti päättäisiin kappaleen väri. Paikallispalveluiden tarpeen mukaan teknisiä dokumentteja tuotettaessa kappaleen visualisointi väreillä ei ole ensisijainen tarve.

<input type="checkbox"/>	Default
<input type="checkbox"/>	SFS EN 2010
<input type="checkbox"/>	SFS-EN 10029
<input type="checkbox"/>	SFS-EN 10365:2017
<input type="checkbox"/>	SFS-EN 485-3
<input type="checkbox"/>	SFS-EN ISO 18286

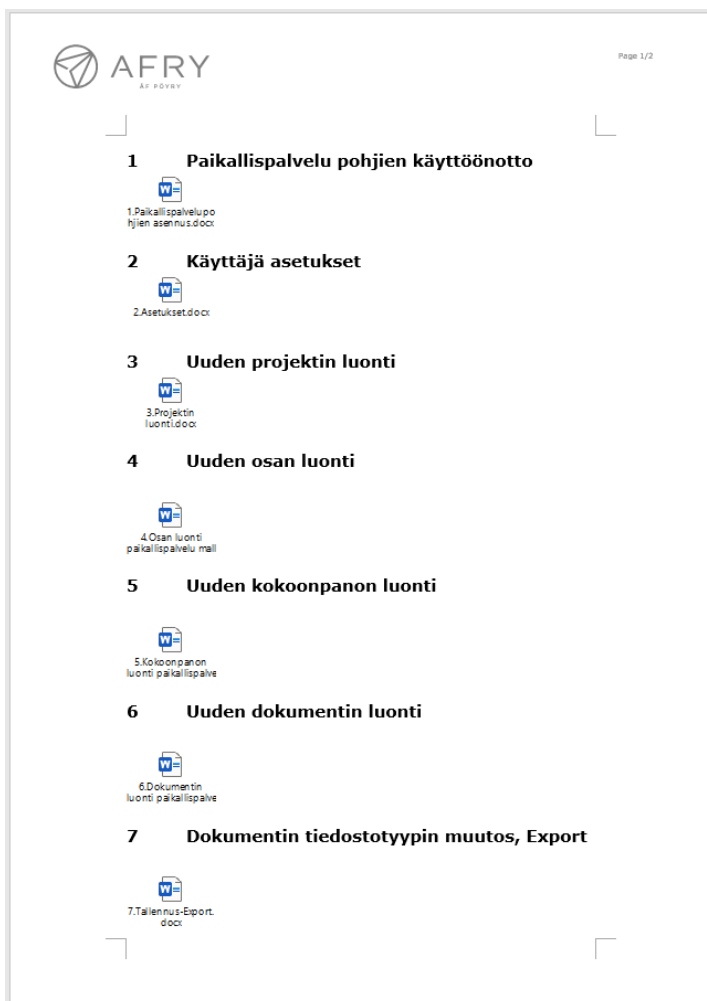
*KUVA 22. Mitta- ja muototoleranssit ilmoittavat standardit*

Standardeiksi on valittu rakenneteräslevyjen, alumiinilevyjen sekä haponkestävien- ja ruostumattomien teräksien mitta- ja muototoleranssit määrittävät standardit. Näiden lisäksi kirjastoon on otettu myös rakenneteräsputken mitta- ja muototoleranssin ilmoittava standardi.

Inventor-ohjelmistossa erilaiset teräs profiilit ja teräspalkit saadaan suoraan ohjelmiston sisältämästä materiaalikirjastosta. Tästä johtuen teräspalkkien ja -profiilien mitta ja massastandardeja ei sidottu tähän standardi valikoimaan.

## 9 PIIRUSTUSPOHJIEN KÄYTTÖÖNOTTO

Projektin ohella laadittiin Inventor-ohjelmistolle erillinen käyttöohje. Ohjeessa on kerrottu, miten opinnäytetyöprojektin aikana luotua parannettua piirustus pohjaa on tarkoitettu käytettävän Autodesk Inventor -ohjelmistossa sekä miten uutta materiaalilistaa hyödynnetään. Oppaassa on myös ohjeet uuden Inventor-projektin luomiselle, jotta saadaan kaikki samat asetukset käyttöön kaikille suunnittelijoille. Opas on jaettu erillisiin dokumentteihin sisällön mukaan (kuva 23). Sisällysluettelosta navigoimalla löytää linkitetyn dokumentin, joka sisältää otsikossa esitetyn kohdan asiat. Syynä ohjeen jaotteluun eri dokumentteihin on muokattavuus ja käyttöohjeen ajan tasalla pitäminen. Muokkaus voidaan toteuttaa esimerkiksi OneDrivessä sijaitsevan tiedoston sisältöä muuttamalla, jolloin linkillä sidottu dokumentti myös päivittyy automaattisesti ja käyttöohjeen sisältö pysyy ajan tasalla ohjeistuksien muuttuessa.



KUVA 23. Käyttöohje

Oppaassa on myös eritelty, miten asetukset tulee laatia tilanteessa, jossa uusi Inventor-projekti luodaan ohjelmiston kautta. Tarkoituksena on kuitenkin käyttää mallikansion kopiointia uusien projektien luontiin.

## 10 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa olemassa olevien teknisten dokumentaatiopohjien puutokset AFRYn paikallistoiminnan näkökulmasta ja toteuttaa näiden pohjalta parannuksia piirustuspohjiin sekä pääasiallisena työkaluna suunnittelussa toimivaan Inventor-suunnitteluohjelmistoon. Opinnäytetyö aloitettiin nopeasti AFRY:n Kemian toimistolla harjoittelijan tehtävissä aloittamisen jälkeen. Opinnäytetyön aikana opin paljon enemmän suunnitteluohjelmistojen käytöstä kuin olisin oppinut pelkästään työskentelemällä tavallisten asiakastöiden parissa. Opinnäytetyötä toteutettiin kokopäivätyön ohessa asiakastöiden salliessa, eli pääsääntöisesti työskentelin asiakastöiden parissa ja työtilanteen ollessa rauhallisempi työskentelin opinnäytetyön parissa.

Opinnäytetyön aiheen impulssina toimi toimistolla kokeneiden suunnittelijoiden kokemukset aikaisemmista työpaikoistaan, joissa vastaavanlaisia projekteja oli toteutettu. Heidän kokemuksistaan oli myös suuri hyöty opinnäytetyön aikana, sillä piirustusohjelmille oli selkeät vaatimukset. He antoivat myös paljon neuvoja haasteellisissa tilanteissa. Opinnäytetyössä keskityttiin vain paikallispalveluiden näkökulmiin, sillä isoimmista projekteista käytetään asiakkaiden omia dokumenttipohjia.

Inventor-suunnitteluohjelmiston kehitys sidottiin tämän opinnäytetyöprojektin yhteyteen, sillä pääsääntöinen piirustusohjelmien parantaminen tapahtui juuri Autodesk Inventor -ohjelmistolla. Inventor-ohjelmiston suunnittelukäytettävyyden kehittämisessä keskityttiin ohjelmiston käytettävyyden helpottamiseen ja tuotetun dokumentaation laatuun. Inventor-ohjelmiston suunnitteluominaisuuksissa materiaalien määrä havaittiin turhan laajaksi sekä ohjelmistoon haluttiin luoda paikallispalvelun töihin oma malliprojekti, johon sisällytetään asetukset ja tiedostomallipohjat.

Parannuksien lisäksi toteutettiin ohjedokumentti Inventor-suunnitteluohjelmiston käyttöön. Käyttöohjeessa otetaan huomioon myös uusien työntekijöiden perehdyttäminen opinnäytetyössä laaditun paikallispalvelumallin käyttöön sekä Inventor-suunnitteluohjelmiston käyttöön. Opas myös tarjoaa kokeneemmille suunnittelijoille apua malliprojektin toimimiseen halutulla tavalla. Kaikkien saatavilla oleva käyttöohje sidottiin yrityksen sisäiseen ISO 9001 -standardin mukaiseen toimintaohjeistukseen.

Opinnäytetyön tuloksena tuotettiin uudet paikallispalveluiden asiakastöitä palvelevat piirustusohjelmien tiedostot dokumenttien luomiseen sekä paikallispalveluiden töihin räätälöity Inventor-malliprojekti. Kaikilla näillä parannuksilla saavutettiin manuaalisen tiedon syötön vähennyksen kautta ajan säästöä sekä virheiden määrän alenemista.

Opinnäytetyön aikana toteutettu projekti tarjoaa hyvät edellytykset laajentaa paikallispalveluprojektin käyttöä myös laajemmalle yrityksen sisällä. Vaihtoehtoisesti tässä opinnäytetyössä saavutettuja tuloksia voidaan hyödyntää saman kaltaisen työn toteuttamiseen toisella toimialalla mekaniikka- ja putkistosuunnittelun sijaan.

## LÄHTEET

1. AFRY 2021. Tietoa meistä. Hakupäivä 15.11.2021. <https://afry.com/fi-fi/tietoa-meista>.
2. Wikipedia 2021. Tekninen piirtäminen. Hakupäivä 20.11.2021. [https://fi.wikipedia.org/wiki/Tekninen\\_piirt%C3%A4minen](https://fi.wikipedia.org/wiki/Tekninen_piirt%C3%A4minen).
3. Autodesk 2021. Inventor. Hakupäivä 17.12.2021. [https://www.autodesk.fi/products/Inventor/overview?us\\_oa=dotcom-us&us\\_si=36457898-f257-4e75-916c-85a61e1bb02f&us\\_st=Inventor-&us\\_pt=INVNTOR&term=1-YEAR&tab=subscription](https://www.autodesk.fi/products/Inventor/overview?us_oa=dotcom-us&us_si=36457898-f257-4e75-916c-85a61e1bb02f&us_st=Inventor-&us_pt=INVNTOR&term=1-YEAR&tab=subscription)
4. Autodesk 2021. AutoCAD Mechanical. Hakupäivä 17.12.2021. <https://www.autodesk.fi/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
5. Autodesk 2021. AutoCAD Plant 3D. Hakupäivä 17.12.2021. [https://www.autodesk.fi/products/autocad/included-toolsets/autocad-plant-3d?us\\_oa=dotcom-us&us\\_si=2fc715dd-21df-4b2f-a951-a5e90713b47d&us\\_st=AutoCAD%20Plant%203D&us\\_pt=PLNT3D](https://www.autodesk.fi/products/autocad/included-toolsets/autocad-plant-3d?us_oa=dotcom-us&us_si=2fc715dd-21df-4b2f-a951-a5e90713b47d&us_st=AutoCAD%20Plant%203D&us_pt=PLNT3D)
6. Wikipedia 2019. MicroStation. Hakupäivä 17.12.2021. <https://fi.wikipedia.org/wiki/MicroStation>.
7. SFS-EN ISO 9013:2017. 2017. Terminen leikkaus. Termisesti leikattujen pintojen luokittelu. Geometrinen tuotemäärittely ja laatutoleranssit. Helsinki: Suomen standardisointiliitto SFS ry. Hakupäivä 11.2.2022. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/9/484573.html.stx>. Vaatii lisenssin.
8. SFS-EN ISO 13920. 1996. Hitsaus. Hitsattuja rakenteita koskevat yleistoleranssit. Pituus- ja kulmamitat. Muoto ja sijainti. Helsinki: Suomen standardisointiliitto SFS ry. Hakupäivä 11.2.2022. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/12309.html.stx>. Vaatii lisenssin.

9. SFS-EN 22768-1. 1993. Yleistoleranssit. Osa 1: Ilman toleranssimerkintää olevien pituus- ja kulmamittojen toleranssit. Helsinki: Suomen standardisointiliitto SFS ry. Hakupäivä 11.2.2022 [.https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/2/9477.html.stx](https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/2/9477.html.stx). Vaatii lisenssin.