



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mikko Lasse Niemelä

VEDA5000- PIENJÄNNITEKOJEISTON  
VÄLIPOHJARAKENTEIDEN 3D-  
VALMISTUSDOKUMENTAATIO

Tekniikka ja liikenne  
2010

## **ALKUSANAT**

Tämä opinnäytetyö on tehty Vaasan ammattikorkeakoulun kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelmassa. Työn toimeksiantajana toimi Vaasa Engineering Oy:n tuotekehitysyksikkö. Työn ohjaajina toimi lehtori Juha Hantula, Vaasa Kojeistot Oy:n toimitusjohtaja Jarkko Aro, projektituotteiden tuotelinjapäällikkö Antti Saranpää sekä pienjännitetuotteiden tuotepäällikkö Sakari Niemikari. Haluan kiittää Juha Hantulaa, Jarkko Aroa, Antti Saranpäättä, Jyrki Hirviniemeä ja Sakari Niemikaria sekä Vaasa Engineering Oy:n ja Vaasa Kojeistot Oy:n työntekijöitä työn aikana saamastani opastuksesta ja avusta.

Vaasassa 12.5.2010

Mikko Niemelä

## VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

**TIIVISTELMÄ**

Tekijä	Mikko Niemelä
Opinnäytetyön nimi	VEDA5000- pienjännitekojeiston välipohjarakenteiden 3D-valmistusdokumentaatio
Vuosi	2010
Kieli	suomi
Sivumäärä	60
Ohjaaja	Juha Hantula

---

Opinnäytetyön aiheena oli VEDA5000-pienjännitekojeiston välipohjarakenteiden kokoonpanojen 3D-mallinnus valmistuksen käyttöön, sisältäen välipohjat, komponentit ja päävirtajohtimet. Työ rajataan yleisimpiin VEDA5000-pienjännitekojeiston välipohjarakenteisiin.

Työ sisältää osamalleja, mittapiirustuksia, kokoonpanokuvia osanumeroineen ja erillisen Excel-listan muotoon tehdyn osaluettelon. Opinnäytetyön teoreettinen osuus käsittelee ohutlevymallinnusta, työpiirustuksia ja kokoonpanoja, jotka olivat työn pääalueita. Teoriaosuudessa käydään käytännön esimerkkien avulla läpi ohutlevymallinnusta, työpiirustusten luontia sekä kokoonpanojen tekoa. Esimerkeissä käytetään AutoDesk Inventor 2010-ohjelmaa.

Työn aikana syntyi noin 140 osamallia, noin 80 työpiirustusta, noin 15 kokoonpanoa ja noin 15 kokoonpanopiirustusta. Kokoonpanopiirustusten avulla välipohjien valmistus ja uusien asentajien opastus helpottuu ja nopeutuu huomattavasti.

Näitä kokoonpanopiirustuksia tullaan käyttämään myöhemmin tehtävässä valmistusdokumentaatiossa.

---

Asiasanat      3D-mallinnus, Ohutlevymallinnus, Työpiirustus, Kokoonpano

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

## ABSTRACT

Author	Mikko Niemelä
Title	Instructions for 3D-Manufacturing of Mounting Plate Structures of VEDA5000- Low Voltage Switchgears
Year	2010
Language	Finnish
Pages	60
Name of Supervisor	Juha Hantula

---

The aim of this thesis was to make 3D-assemblies of the mounting plate structures of the VEDA5000- low voltage switchgears to the switchgear factory. The focus of this thesis was to be limited to the commonly used mounting plate structures of the VEDA5000- low voltage switchgears.

Measuring drawings, 3D-parts, assemblies and assembly drawings including bill of materials in the Excel form were made during this thesis. Sheet metal modelling, drawings and assemblies were studied in the theoretical section of this thesis. In this theoretical section, sheet metal modelling, making drawings and assemblies are demonstrated in different kind of examples by AutoDesk Inventor 2010.

As a result, this thesis gives several 3D-parts, measuring drawings, assemblies and assembly drawings. This documentation will make the mounting plate manufacturing easier and speed up the training of new employers.

These assembly drawings will be used for making instructions for manufacturing the mounting plate structures in the near future.

---

Keywords 3D-modelling, Sheet Metal Modelling, Workdrawing, Assembly

## KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

2D-mallinnus	2-ulotteista tietokoneavusteista suunnittelua
3D-mallinnus	3-ulotteista tietokoneavusteista suunnittelua
dokumentti	Mekaniikkasuunnittelussa dokumentti voi olla mallinnusohjelmalla tuotettu tiedosto, Excel-tiedosto tms.
dwg	AutoCAD-ohjelmistojen käyttämä tiedostotyyppi
dxf	AutoCAD-ohjelmistojen käyttämä tiedostotyyppi
iam	AutoDesk Inventorin käyttämä kokoonpanojen tiedostotyyppi
idw	AutoDesk Inventorin käyttämä piirustusten tiedostotyyppi
ipt	AutoDesk Inventorin käyttämä osien tiedostotyyppi
kokoonpano	osista rajoitteiden avulla määritelty kokonaisuus
mittapiirustus	osan tai kokoonpanon mitat esittävä dokumentti
osaluettelo	kokoonpanon osista tehty luettelo
osamalli	3D-ulotteinen yksittäinen kappale
sketch	(sketsi), luonnos

## SISÄLLYS

ALKUSANAT

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

1	JOHDANTO .....	8
1.1	Työn aihe .....	8
1.2	Vaasa Engineering Oy .....	8
2	VEDA5000-PIENJÄNNITEKOJEISTO .....	11
2.1	Keskuksen rakenne .....	11
2.2	Ongelma työssä .....	12
3	OHUTLEVYMAKINNUS .....	13
3.1	3D-mallinnus yleisesti .....	13
3.2	3D-mallinnus käytännössä .....	13
3.3	Autodesk Inventor .....	14
3.4	Ohutlevytekniikka .....	16
3.4.1	Ohutlevytekniikka yleisesti .....	16
3.4.2	Käytännön esimerkki ohutlevymallinnuksesta .....	17
3.5	Kokoonpanot .....	29
3.5.1	Kokoonpanot yleisesti .....	29
3.5.2	Käytännön esimerkki kokoonpanon luonnista .....	30
3.6	Työkuvat .....	37
3.6.1	Työkuvat yleisesti .....	37
3.6.2	Käytännön esimerkki työpiirustuksen luonnista .....	38
4	TYÖN KUVAUS .....	45
5	VÄLIPOHJIEN MALLINNUS .....	47
5.1	Välipohjavaihtoehtojen kartoitus .....	47
5.2	Välipohjien muutosehdotukset .....	48
5.3	Välipohjien 3D-mallinnus ja osapiirustukset .....	50
5.4	Kokoonpanot ja kokoonpanopiirustukset .....	51
6	TULOKSET .....	57
7	JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET .....	58

8	YHTEENVETO .....	59
	LÄHDELUETTELO.....	60

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn aihe

Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella VEDA5000-pienjännitekojeiston välipohjarakenteiden 3D-kokoonpanokuvat välipohjista ja niihin kiinnitettävistä komponenttivalintoehdoista päävirtajohtimiseen tehtaalle valmistuksen käyttöön. Työn tarkoituksena on helpottaa huomattavasti välipohjien valmistusta ja uusien asentajien koulutusta.

Tämä on jatkokehitystä aiemmin insinöörityönä tehtyyn kojeiston runkoa koskevaan VEDA5000-pienjännitekojeiston valmistusdokumentaatioon, joka valmistui keväällä 2009. Työ sisälsi vastaavanlaisia kokoonpanokuvia osaluetteloihin, mutta ainoastaan rungon osalta.

Tämä työ sisältää kokoonpanokuvia valmiista välipohjarakenteista, joista käy ilmi mitä komponentteja ja päävirtajohtimia välipohjaan voidaan kiinnittää. Työssä tuotettuja kuvia käytetään myöhemmin tehtävässä valmistusdokumentaatioissa, joka sisältää kuvien lisäksi kirjallisia ohjeita kojeistokeskuksen valmistukseen. Opinnäytetyö rajataan yleisimpiin VEDA5000-pienjännitekojeiston välipohjarakenteisiin.

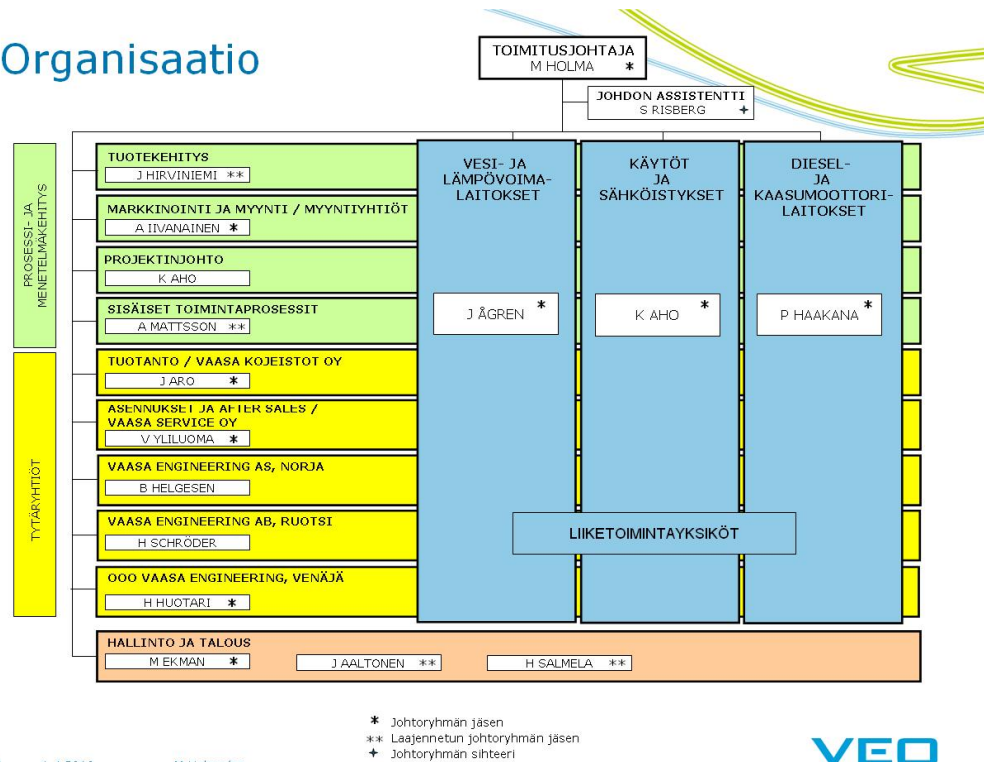
## 1.2 Vaasa Engineering Oy

VEO:n eli Vaasa Engineering konsernin muodostavat emoyhtiö Vaasa Engineering Oy sekä tytäryhtiöt Vaasa Kojeistot Oy, Vaasa Service Oy, Vaasa Engineering Kiinteistöt Oy, Vaasa Engineering AS, Vaasa Engineering AB, Wringley A.S ja 000 Vaasa Engineering. VEO:n pääkonttori ja tehdas sijaitsevat Vaasan Runso-  
rissa. Kotimaassa toimistoja on myös Seinäjoella, Paimiossa ja Kuopiossa. Suomen lisäksi VEO:lla on toimipaikkoja Ruotsissa, Norjassa ja Venäjällä. Konsernin liikevaihto vuonna 2009 oli noin 81 miljoonaa euroa, 2008 se oli 75,3 miljoonaa euroa. Emoyhtiö Vaasa Engineering Oy:n liikevaihtoa vuonna 2009 ei ole julkistettu vielä, 2008 se oli 60,3 miljoonaa euroa. /6/

Kuvassa 1 on selvitetty VEO:n organisaatiota.



## Organisaatio



Kuva 1. VEO:n organisaatiokaavio. /5/

VEO tarjoaa automaatio- ja sähköistysratkaisuja energian tuotantoon, siirtoon, jakeluun ja käyttöön kotimaahan ja vientimarkkinoille. Yrityksen toimintaan kuuluu myös laitosten modernisointi, huolto ja kojeistovalmistus. VEO toteuttaa projekteja ympäri maailmaa yhteistyössä kansainvälisesti toimivien asiakkaiden kanssa. VEO:n asiakkaita ovat voimantuotanto- ja siirtoyhtiöt, sellu- ja paperisekä metalli- ja muut prosessiteollisuusyhtiöt. /6/

VEO:n liiketoiminta-alueita ovat vesi- ja lämpövoimalaitokset, käytöt, sähköistykset ja sähköasemat sekä diesel- ja kaasumoottorilaitokset. /6/

VEO:n osaamisalueita ovat:

- projektijohtaminen ja asiakashallinta
- suunnittelumenetelmien hallinta
- tuotekehitys

- tuotteistus ja sovellustietämys
- pien- ja keskijännitekojeisto-osaaminen
- valvomo- ja PLC-ohjelmointiosaaminen
- suojaus-, säätötekniikka- ja komponenttiosaaminen. /6/

## 2 VEDA5000-PIENJÄNNITEKOJEISTO

### 2.1 Keskuksen rakenne

VEDA5000 on vapaasti seisova kennokeskus, jonka pystysuorien kenttien runko-rakenne muodostuu antura- ja otsapalkeista sekä pystysuorista runkopalkeista. Runkorakenteiden materiaalina on käytetty tukevaa kuumasinkittyä profiloitua teräslevyä. Keskuksen päätyseinät ja ovet on käsitelty sähköstaattisella jauhemaalauksella. VEDA- pienjännitekojeistossa on kolme rakenneratkaisua: kiinteä, ulosotettava ja ulosvedettävä. Kiinteissä ratkaisuisa kiskomateriaalina on käytetty alumiinia. Ulosotettavissa ja ulosvedettävissä ratkaisuisa kiskomateriaalina on käytetty kuparia. /2/

VEDA5000- pienjännitekeskus on tyyppitestattu standardien mukaisesti niin, että keskuksat täyttävät kattavasti asiakasryhmien asettamat erikoisvaatimukset ja kansalliset turvallisuusvaatimukset. /4/



Kuva 2. VEDA5000- pienjännitekeskus. /4/

**Taulukko 1. VEDA5000- pienjännitekojeiston tekniset arvot. /4/**

Standardit	EN 60439-1 IEC 60439-1 BS 5486, Part 2 DIN, VDE 0660, TEIL 500 PSK 1801
Eristysjännite	1000 VAC
Nimellisjännite	≤690 VAC, 50/60 Hz
Nimellisvirrat (maksimi)	5000 A
Syöksyjännitekestoisuus	12 kV
Oikosulkukestoisuus	Pääkiskot: I <sub>cw</sub> (1s) 100 kA I <sub>pk</sub> 220 kA Haarakiskot I <sub>cw</sub> (1s) 80 kA I <sub>pk</sub> 176 kA
Valokaarikestoisuus	50 kA, 300 ms
Kotelointiluokka	IP31 - IP54, IK 08 EN 62262 Iskulujuus, IK 08 EN 62262
Pintakäsittely	SFS 5225 SP 60/01 ZnFo Maalikerroksen vahvuus 70 µm Värisävy RAL 7035 Iskunkestävä efektipinta
Mitat	Korkeus 2250 mm Syvyys 600 mm ja 700 mm Kojekenttäleveudet 400 mm, 600 mm, 800 mm ja 1000 mm Kaaelikenttäleveudet 200 mm, 300 mm ja 400 mm

## 2.2 Ongelma työssä

Työssä oli ongelmana välipohjien liian suuri kanta, lajimerkkejä välipohjille oli työn alkaessa n. 600 kappaletta. Työn tarkoituksena oli esimerkkikokoonpanokuvien tekemisen lisäksi saada pienennettyä lajimerkkikantaa harmonisoimalla mahdollisimman monia välipohjia yhdeksi pohjaksi. Ongelmana oli myös pohjien järjestäytymättömyys, osa oli nimetty vanhan lajimerkkiavaimen mukaisesti ja osasta ei löytynyt juuri mitään tietoa ja nekin etsinnän jälkeen.

## 3 OHUTLEVYMAALLINNUS

### 3.1 3D-mallinnus yleisesti

3D-mallinnusohjelmien käyttö on kasvanut merkittävästi viime vuosina ja yhä enemmän yritykset siirtyvät kohti niiden käyttöä. Suurin syy muutokseen on huomattava etu 2D-mallinnusohjelmiin verrattuna. Täysipainoiseen 3D-mallinnukseen siirtyminen ei ainoastaan tarjoa suurempaa tehokkuutta työskentelyyn, vaan lisäksi kustannussäästöt uusien tuotteiden suunnittelussa ja mahdollisten prototyyppien valmistuksessa ovat huomattavia. 3D-mallinnusohjelmia voidaan käyttää laadukkaiden tuotekuvien tekoon, mutta osien yhteensovittamisessa ja rakenteen yleisen toimivuuden varmistamisessa ohjelmat ovat ehdottomasti hintansa arvoisia. Osien yhteensovitus ja niiden mahdolliset ongelmat nähdään jo tietokoneen ruudulla ja tällä tavoin säästyään siltäkin vaivalta, että tilatut osat menisivät roskeen. 3D-mallinnusohjelmien tuotoksia voidaan myös käyttää lujuslaskelmien ja –tarkastelujen pohjana. /3/

3D-mallinnus on erilaisten kappaleiden ja rakenteiden suunnittelua kolmiulotteisesti tietokoneen näytöllä. Tämä tarkoittaa sitä, että kaikki osat ja kokoonpanot näyttävät oikeilta ja juuri siltä miltä ne fyysikaalisilta ja mekaanisilta ominaisuuksiltaan todellisuudessa tulevat olemaankin. Tuotteet ja kokoonpanot suunnitellaan kolmiulotteisessa avaruudessa, joka koostuu x-, y- ja z-koordinaattiakseleista. Lähtötilanteessa koordinaattiakselit sijoittautuvat tietokoneen näytölle siten, että x-akseli on näytön alareunan suuntainen, y-akseli on näytön vasemman reunan suuntainen ja z-akseli osoittaa näytöstä ulospäin. Koordinaattiakseleiden risteymä eli origo sijoittuu näytön vasempaan alareunaan ja siitä oikealle, ylös ja näytöstä pois päin ovat koordinaattiakseleiden positiiviset suunnat. /3/

### 3.2 3D-mallinnus käytännössä

Tuotteen tai kokonaisuuden mallinnus tapahtuu aina lähes poikkeuksetta samalla tavalla, joka sisältää kolme vaihetta. Ensimmäisenä suunnittelijalla on mielessään jokin tietty kuva tai idea, jonka hän haluaa tuottaa. Toiseksi suunnittelija kerää lähtötietoja mallinnettavaan kappaleeseen ja tekee esivalmistelut. Kolmantena

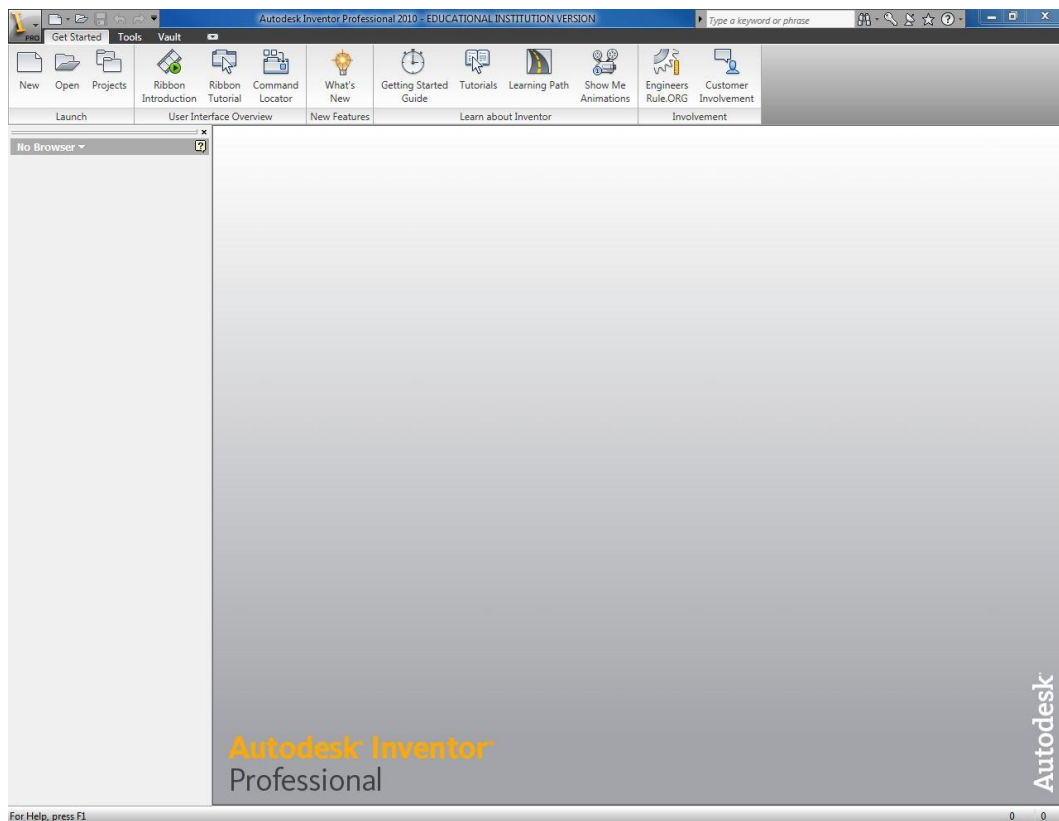
suunnittelija lähtee työstämään tietokoneella tuotetta, ensin tehdään karkea luonnos eli sketsi. Sketsin pohjalta luodaan malli ja näitä kahta vaihetta toistetaan kunnes tuote on kokonaisuudessaan mallinnettu. Tämän vaiheen jälkeen osamalleista tehdään tarvittaessa kokoonpano, joka on monen kappaleen yhdistelmä suuresta kokonaisuudesta. Sitten kokoonpanosta ja osamalleista tehdään 2D-mittapiirustukset tuotetietoineen ja osaluetteloineen, jotka toimitetaan valmistajalle, joka tekee kappaleen piirustuksissa annettujen tietojen ja mittojen perusteella. /3/

Mallintamisen aikana täytyy mallia tarkkailla monella tavalla, jotta vältetään ylimääräisiltä korjaustoilta jonkin mentyä väärin. Tarkkailulla varmistutaan lopullisen tuotteen laadusta ja siitä, että mallista tuli juuri halutunlainen. Jälkeenpäin suoritettavilta korjaustoimenpiteiltä ei voi kuitenkaan juuri välttyä, aina tulee joitain muutosehdotuksia tai viimeistään tarvittavien lujuuslaskelmien ja –tarkastelujen jälkeen huomataan ainevahvuuksissa tai –laaduissa jotain muuttamisen aihetta. /3/

### **3.3 Autodesk Inventor**

Opinnäytetyön tekemiseen käytettiin mallinnuksen osalta AutoDesk Inventor 3D-mallinnusohjelmaa, ohjelman versio oli 2010.

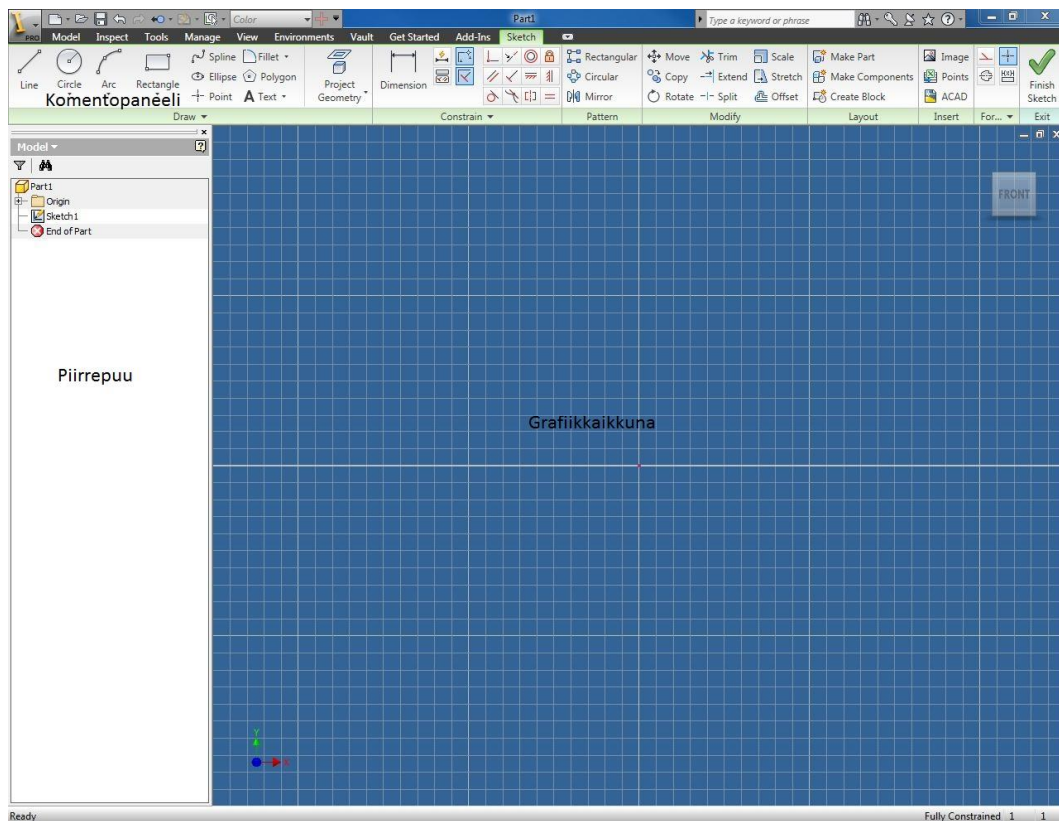
AutoDesk Inventorissa käyttöliittymä on jaettu kahteen pääikkunaan: sovellusikkunaan ja grafiikkaikkunaan. Ohjelmaa käynnistettäessä avautuu aina ensimmäisenä sovellusikkuna ja se pysyy näkyvässä koko työskentelyn ajan. /1/



**Kuva 3. Sovellusikkuna AutoDesk Inventor 2010.**

Grafiikkaikkuna sijaitsee sovellusikkunan sisällä ja siinä näkyy tai siihen ladataan muokattava tiedosto ja näitä grafiikkaikkunoita voi olla samanaikaisesti auki useampia. Grafiikkaikkuna, jossa työskennellään, on nimeltään aktiivinen ikkuna ja siinä ikkunassa oleva muokattava osa tai muu on nimeltään aktiivinen dokumentti. Sovellusikkunan alareunassa sijaitseva alapalkki tai ns. tilarivi on alue, jossa esitetään tilanteisiin liittyviä ilmoituksia. Esimerkiksi viivanpiirroksessa palkissa näkyvät koordinaatit, viivan pituus ja kulma. Yläreunassa sijaitsee Windows-sovelluksen tapaan alavetovalikkoja eri toiminnoille. /1/

Grafiikkaikkunaan kuuluu kaksi aluetta, piirrepuu ja komentopaneeli. Komentopaneelistä löytyvät pikanäppäimet eri toiminnoille tilanteiden mukaan. Sketsi-tilanteessa siitä löytyvät kaikki viivojen, ympyröiden ja muiden peruspiirteiden piirtokomennot. Piirrepuusta taas löytyvät kaikki piirteet ja sketsit sitä mukaan kun niitä tehdään muokattavaan tiedostoon. /1/



**Kuva 4. Grafiikkaikkuna, piirrepuu ja komentopaneeli AutoDesk Inventor 2010.**

Grafiikka-alueen hallitseminen tapahtuu hiiren avulla, rullaa pyörittämällä zoomataan, kun rulla on pohjassa kappaletta voi pyörittää kolmiulotteisesti ja vasen sekä oikea näppäin toimii, kuten Windows-sovelluksessa, vasemmalla valitaan ja oikealla saa esiin pikavalikon, joka sopii kuhunkin tilanteeseen. /1/

### **3.4 Ohutlevytekniikka**

#### **3.4.1 Ohutlevytekniikka yleisesti**

Ohutlevymallinnus perustuu erilaisten ja eripaksuisten levyjen käyttöön. Riippuen levyn paksuudesta, voidaan puhua levymallinnuksesta tai ohutlevymallinnuksesta. Ohutlevymallinnukseksi on määritelty mallinnus levyillä, joiden paksuus vaihtelee 0,1 mm:stä 6,0 mm:iin. Yli 6,0 mm paksuisten levyjen mallinnusta kutsutaan levymallinnukseksi. /3/

Ohutlevy- tai levykappaleen valmistus alkaa yleensä aihion leikkauksella ja tästä aihioista käytetään nimitystä levitetty. Kun levitettyyn aihioon on suoritettu tarvit-



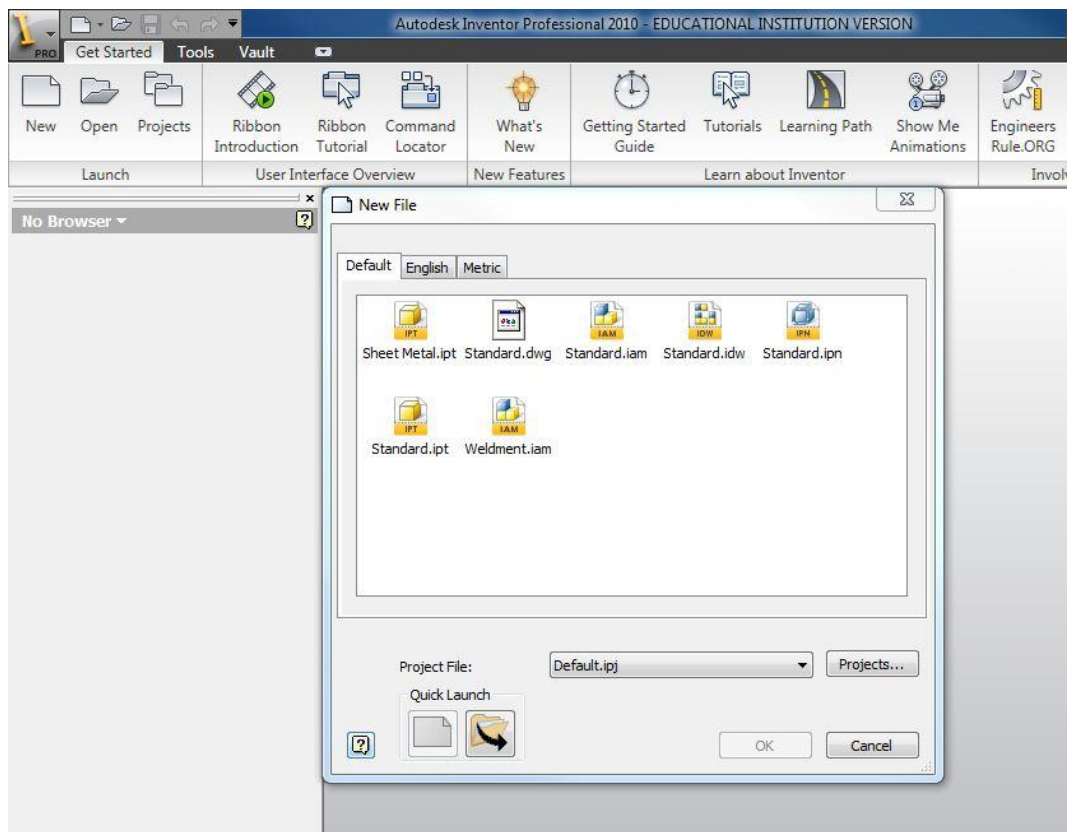
tavat taivutukset ja se on saanut lopullisen muotonsa, nimitetään sitä taivutetuksi kappaleeksi. /1/

Taivutetun ohutlevy- tai levymallin suunnittelu voidaan jakaa kahteen eri tapaan: ensimmäisessä aihio leikataan ensin ja siihen lisätään sitten tarvittavat taivutukset, jolloin kappale saa lopullisen muotonsa, toisessa tavassa, joka on yleisempi, kappale mallinnetaan suoraan taivutettuun tilaan ja vasta jälkeenpäin se levitetään aihion leikkausta varten. /1/

Kun levymalleja taivutellaan, niiden materiaali käyttäytyy siten, että taivutuksen sisäpuoli puristuu kasaan ja ulkopuolella materiaali venyy. Levymateriaalin keskellä kulkee taso, jota kutsutaan neutraalitasoksi ja tässä tasossa ei synny muodonmuutosta. Neutraalitaso sijaitsee suurinpiirtein keskellä levyä, mutta todella harvoin täysin keskellä. Neutraalitaso sijaintiin on suuri merkitys myös käytettävillä valmistusmenetelmillä ja materiaaleilla. Taivutettujen kappaleiden neutraalitaso sijainnilla on suuri merkitys siihen millaiset mitat aihiolle täytyy olla, että lopullinen kappale olisi juuri halutun mittainen jokaiselta alueeltaan. K-kerroin on termi, jolla ilmoitetaan neutraalitaso sijainti suhdelukuna taivutuksen sisäreunasta. K-kertoimena käytetään usein oletuslukua 0,44, joka sopii useimmille materiaaleille ja valmistusmenetelmille. Se tarkoittaa käytännössä sitä, että matka taivutuksen sisäreunasta neutraalitasoon on 44 %:a levyn paksuudesta. /1/

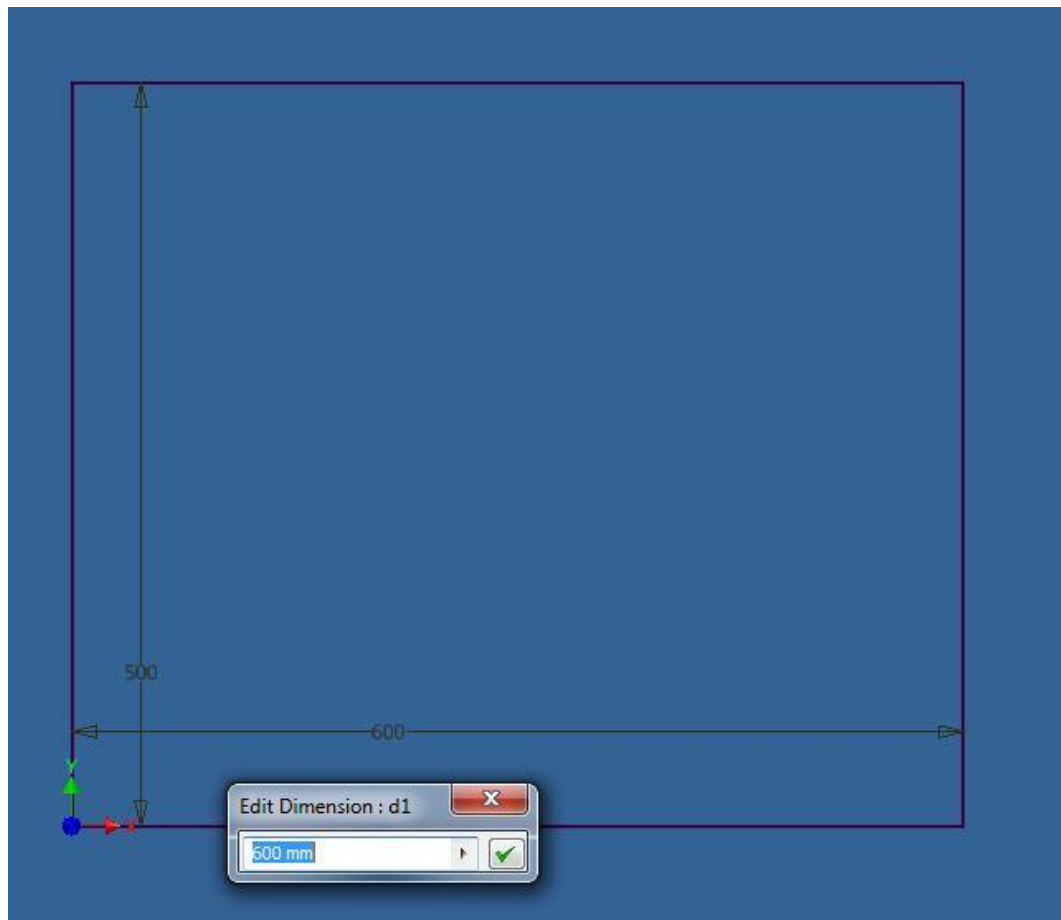
### **3.4.2 Käytännön esimerkki ohutlevymallinnuksesta**

Käytännön esimerkki ohutlevymallinnuksesta tehdään yhdestä yrityksessä tehdystä välipohjasta. Välipohjan mitat sekä aukkojen ja reikien mitoitus tehdään tässä esimerkissä tahallisesti väärillä arvoilla. Ohutlevyosan mallinnus aloitetaan käynnistämällä ohjelma, jolloin aukeaa näkymä sovellusikkunaan. Tämän jälkeen valitaan uusi dokumentti painamalla New-näppäintä, jonka jälkeen aukeaa valintaikkuna, josta valitaan tiedoston tyyppi. Tässä tapauksessa valitaan Sheet Metal.ipt.



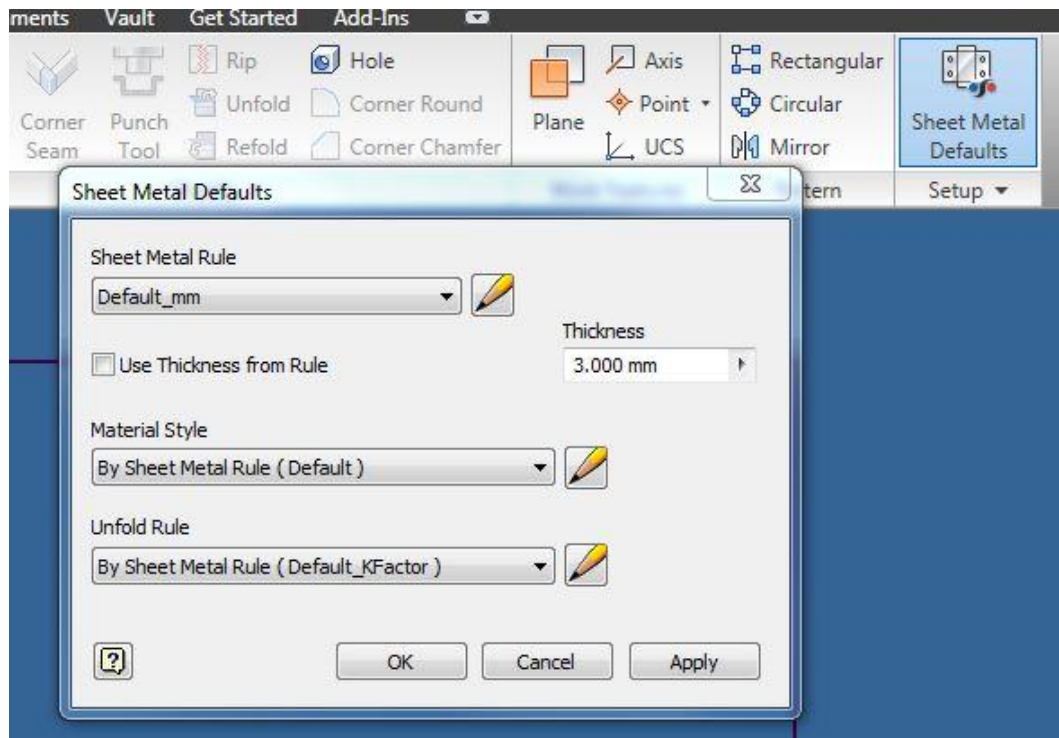
**Kuva 5. Uusi ohutlevymalli.**

Kun tiedostotyyppi on valittu, aukeaa grafiikkaikkuna, jossa on komentopaneeli ja piirrepuu ja ensimmäinen sketsi on valmiiksi auki. Ensimmäisenä hahmotellaan levyn päämitat. Neliön piirtotyökalulla hahmotellaan neliö, jolle annetaan mitoitustyökalulla mitat leveys- ja korkeussuunnassa.



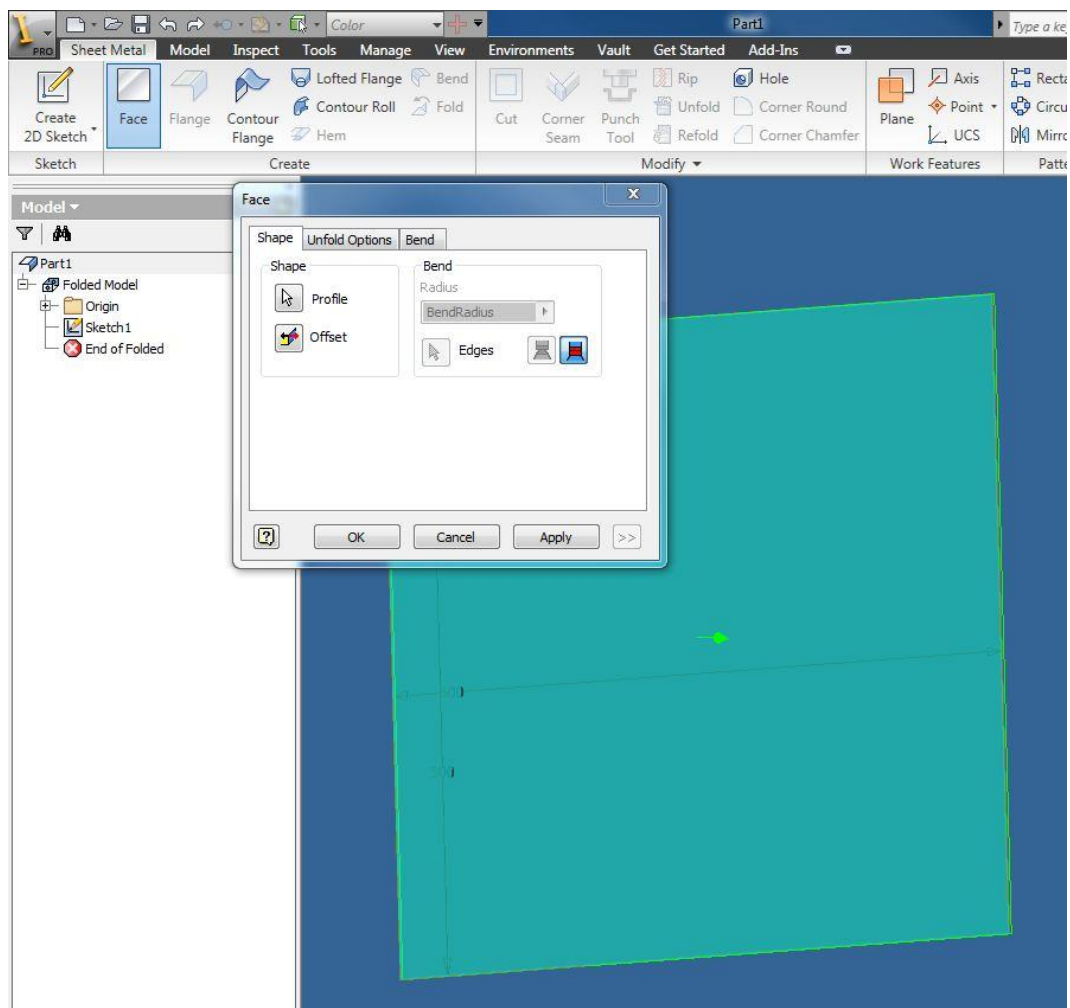
**Kuva 6. Välipohjan päämittojen määrittely.**

Tämän vaiheen jälkeen päätetään sketsi Finish Sketch-näppäimellä tai painamalla grafiikkaikkunan päällä hiiren oikeaa näppäintä ja valitsemalla vetovalikosta Finish Sketch. Levyn paksuus määritellään Sheet Metal Defaults-valikon kautta, annetaan arvoksi kolme millimetriä.



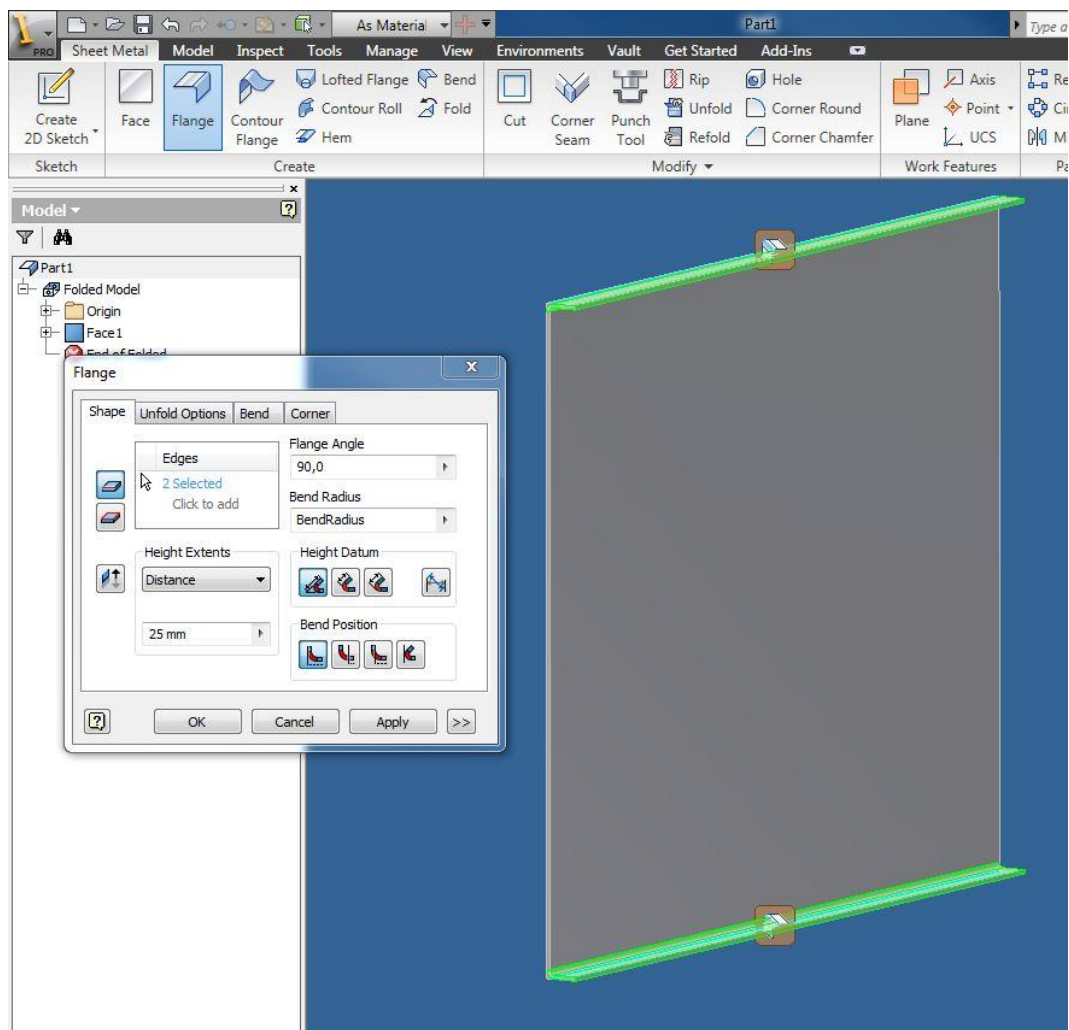
**Kuva 7. Välipohjan levynpaksuuden määrittely.**

Tämän jälkeen Face-komennolla pursotetaan levyn materiaali, ohjelma tietää automaattisesti mikä taso pursotetaan. Hyväksytään ikkunan oletusarvot OK:lla.



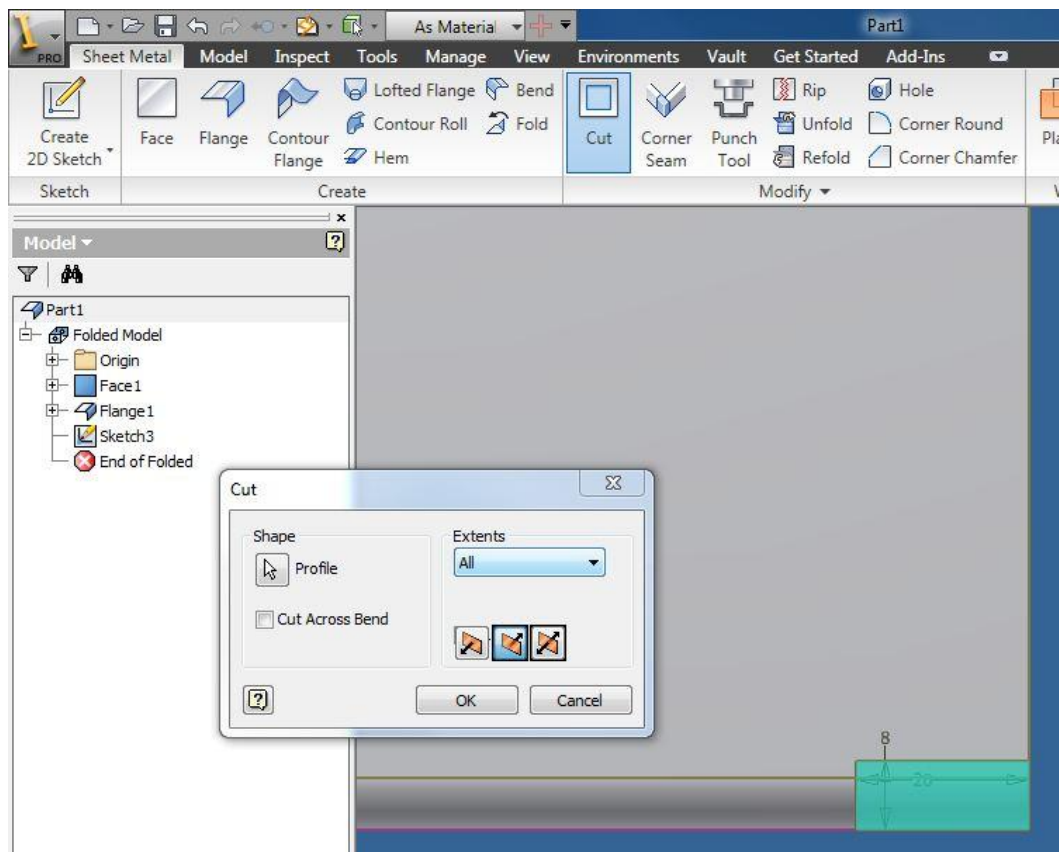
**Kuva 8. Välipohjan pursotus.**

Seuraavaksi välipohjaan lisätään taivutukset sekä ylä- että alareunaan. Käytetään Flange-komentoa ja osoitetaan taivutettavia välipohjan reunoja. Jos taivutukset ovat identtiset mittojen suhteen, voidaan monta reunaa valita samaan komentoon. Annetaan taivutuskulma, taivutuksen sijainti reunaviivaan nähden ja taivutuksen pituus.



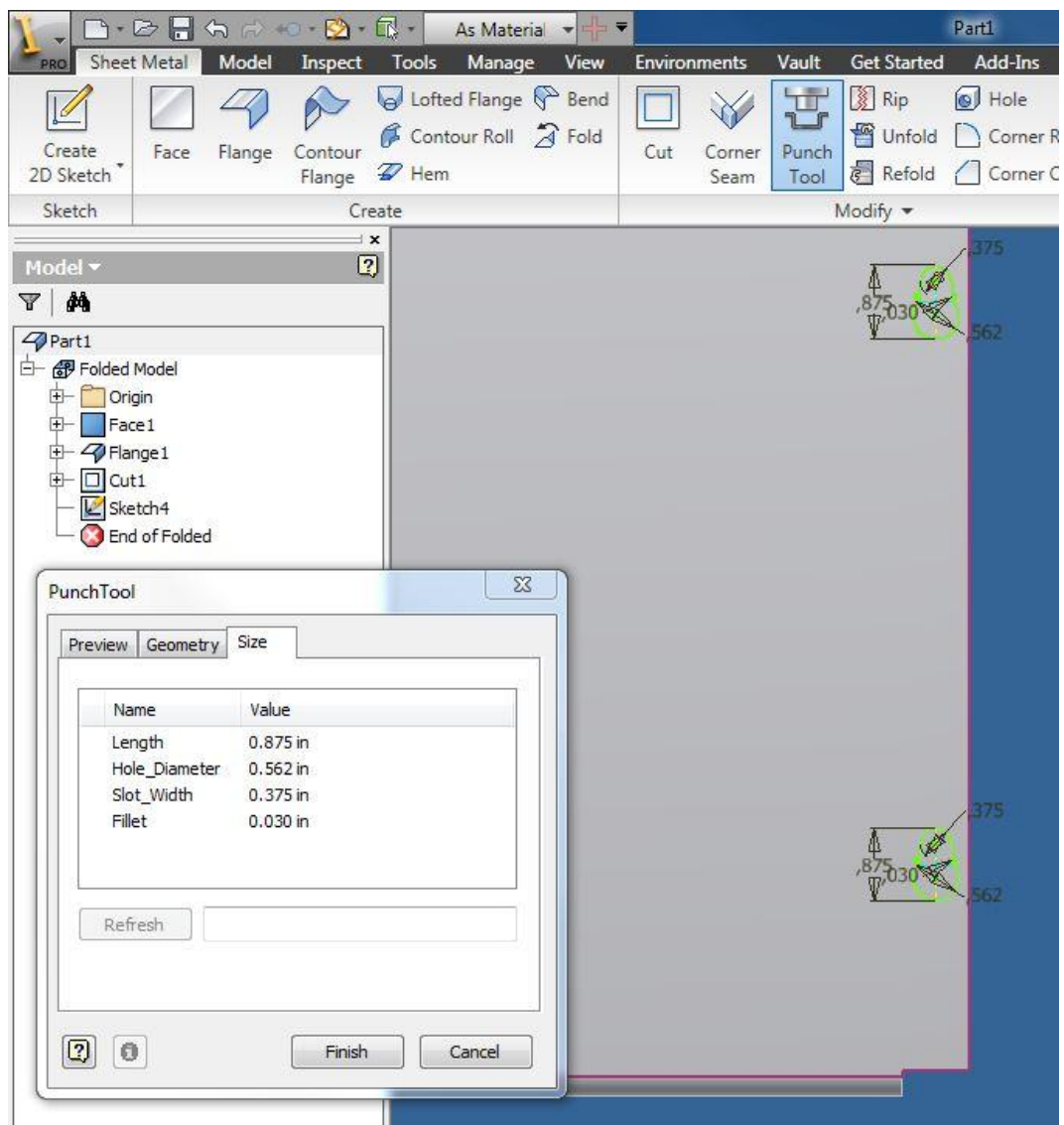
**Kuva 9. Välipohjan taivutuksien määrittely.**

Lisätään välipohjan nurkkiin kevennysleikkaukset, jotka kaventavat ylä- ja alareunan taivutuksien pituutta. Leikkaukset on tehtävä kojeistokeskukseen sopivuu- den takia. Tehdään sketsi välipohjan etupintaan ja hahmotellaan nurkkiin pienet neliöt, jotka leikataan pois Cut-komennolla. Neliöiden sijoitusten helpottamiseksi määritellään Project Geometry-komennolla taivutusten ylä- ja alareunat apuvii- voiksi.



**Kuva 10. Välipohjan nurkkien kevennysleikkaukset.**

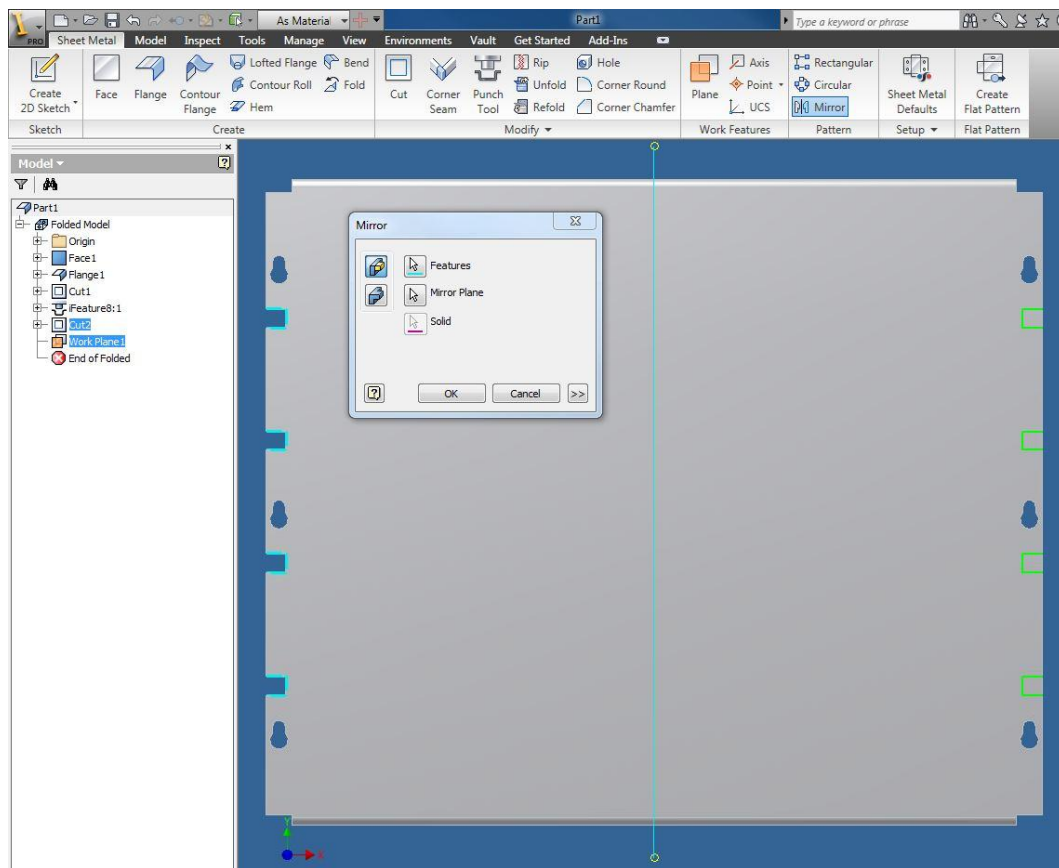
Välipohjan kiinnitys kojeistokeskukseen tapahtuu ruuveilla ja avaimenreikä kiinnitysrei'illä. Avaimenreikiä varten sketsataan välipohjan etupintaan pisteitä, jotka mitoitetaan ja kun sketsi on hyväksytty, tehdään kiinnitysreiät Punch Tool-komennolla.



**Kuva 11. Kiinnitysreikien määrittely.**

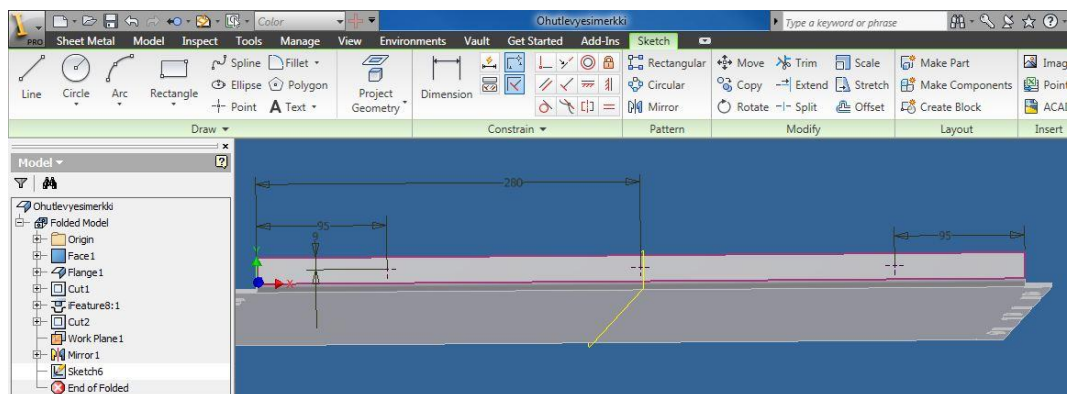
Välipohjan reunoihin lisätään pienet neliön muotoiset kevennykset, jotka sijoitetaan välipohjien tilakokojen mukaan. Sen sijasta, että lisättäisiin neliöt erikseen joka kohtaan, ne voidaan myös tehdä ensin toiselle puolelle, jonka jälkeen ne voidaan peilata toiseen reunaan keskelle sijoitetun aputason ympäri.



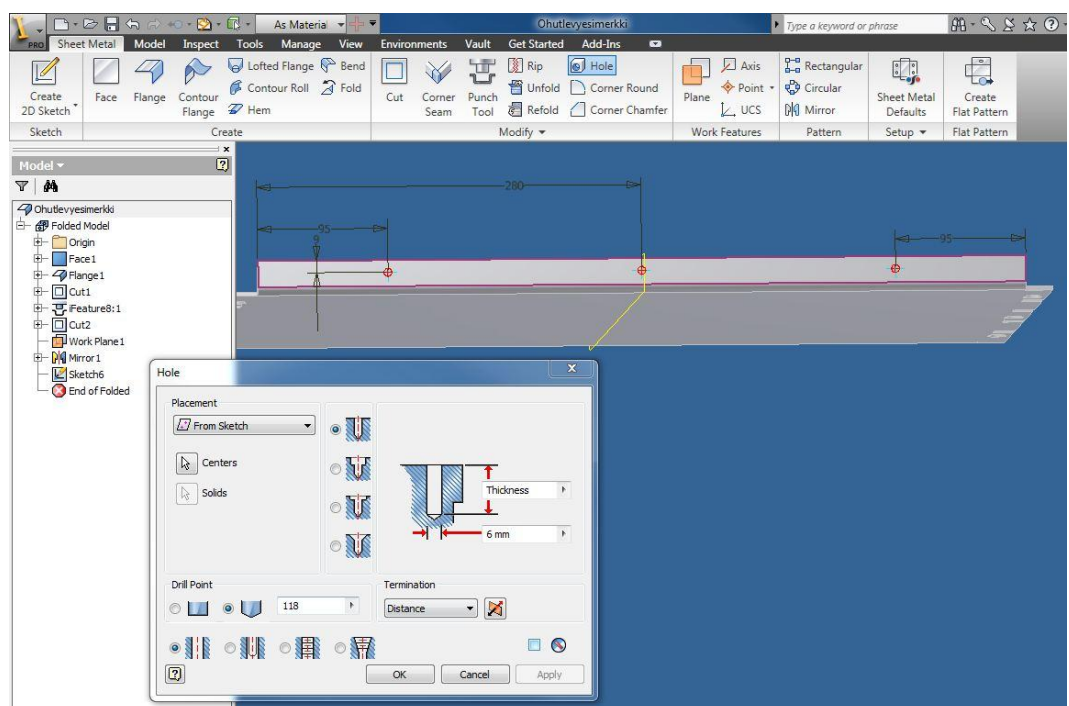


**Kuva 12. Välipohjan reunojen nakerrusten peilaus.**

Välipohjia yhdistellään joissain projekteissa ja sitä tarkoitusta varten välipohjan taivutustasoissa ylä- ja alareunoissa on erisuuruiset kiinnitysreiät, joista pohjat saadaan ruuveilla kiinni toisiinsa. Reiät ovat samankeskisiä ylhäällä ja alhaalla. Reiät voidaan tehdä joko suoraan Hole-komennolla, jossa rei'ille annetaan referenssimitat, esimerkiksi jostain pellin reunasta tai sitten sketsataan Point-komennolla reikien keskipisteet haluttuihin kohtiin ja sitten Hole-komennolla niille pisteille annetaan halutut reikäkoot.

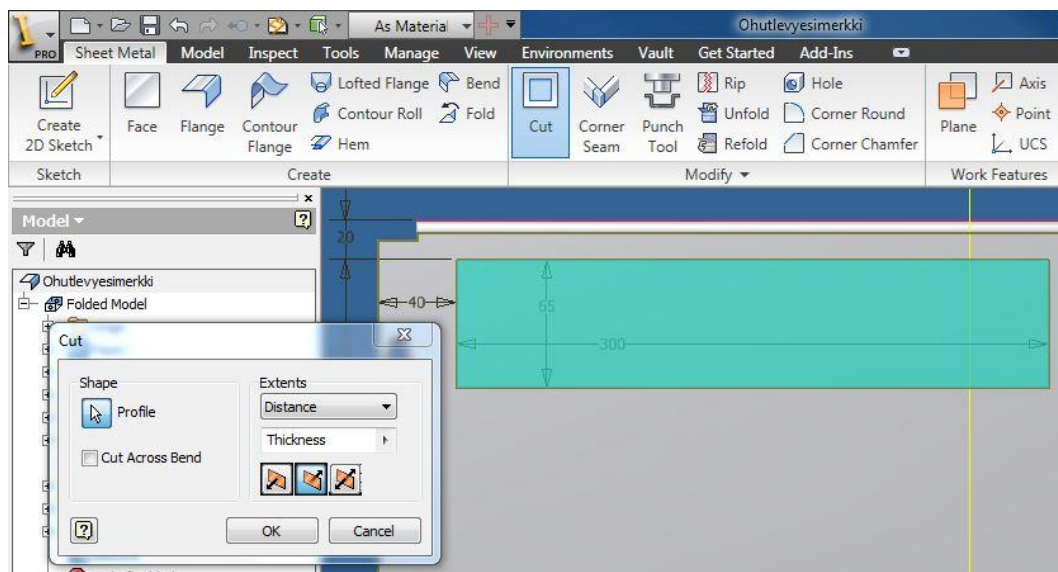


Kuva 13. Kiinnitysreikien paikoitus välipohjan yläreunan taivutukseen.

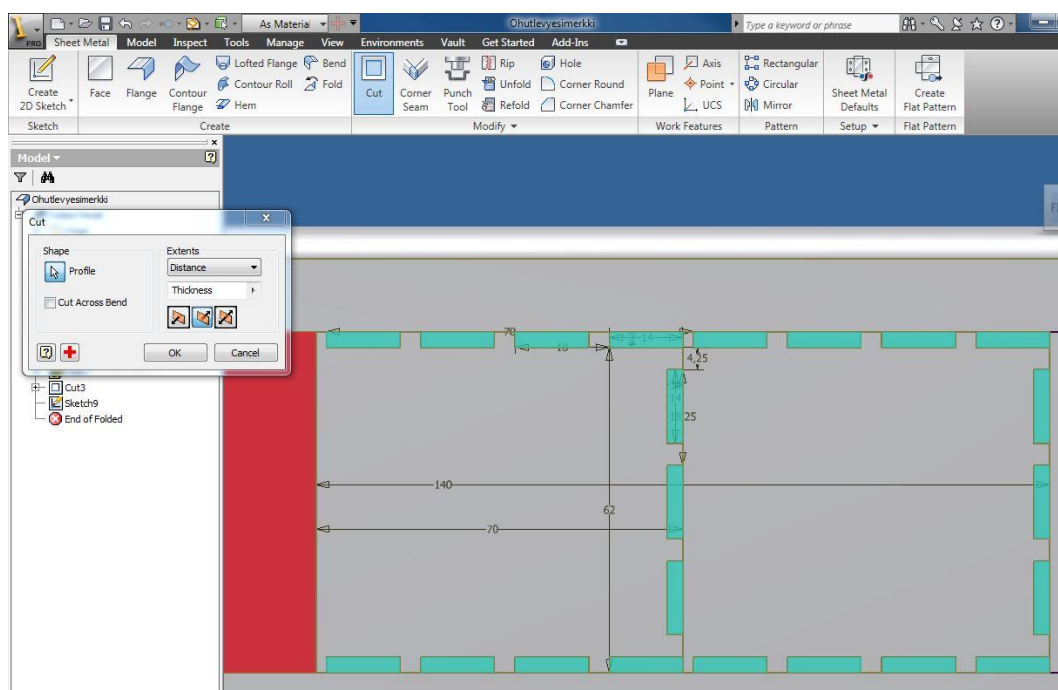


Kuva 14. Kiinnitysreikien määrittely.

Seuraavaksi tehdään syöttökiskoille aukko, jonka kautta kiskot kiinnitetään välipohjan etukojeen kiinnitustassuihin. Aukko sketsataan välipohjan etupintaan Rectangle-komennolla ja mitoituksen jälkeen sketsi hyväksytään ja aukko leikataan Cut-komennolla. Samalla voidaan lisätä syöttöaukon reunaan kevennykset, joilla syöttöaukon kokoa voidaan kasvattaa leikkaamalla peltisuikale kevennyksiä pitkin irti. Kevennykset voidaan sketsata yksitellen tai sitten sketsataan yksi ja Rectangular Pattern-komennolla kopioidaan se aukko halutulla askelpituudella ja kappalemäärällä. Sen jälkeen Cut-komennolla leikataan aukot irti.

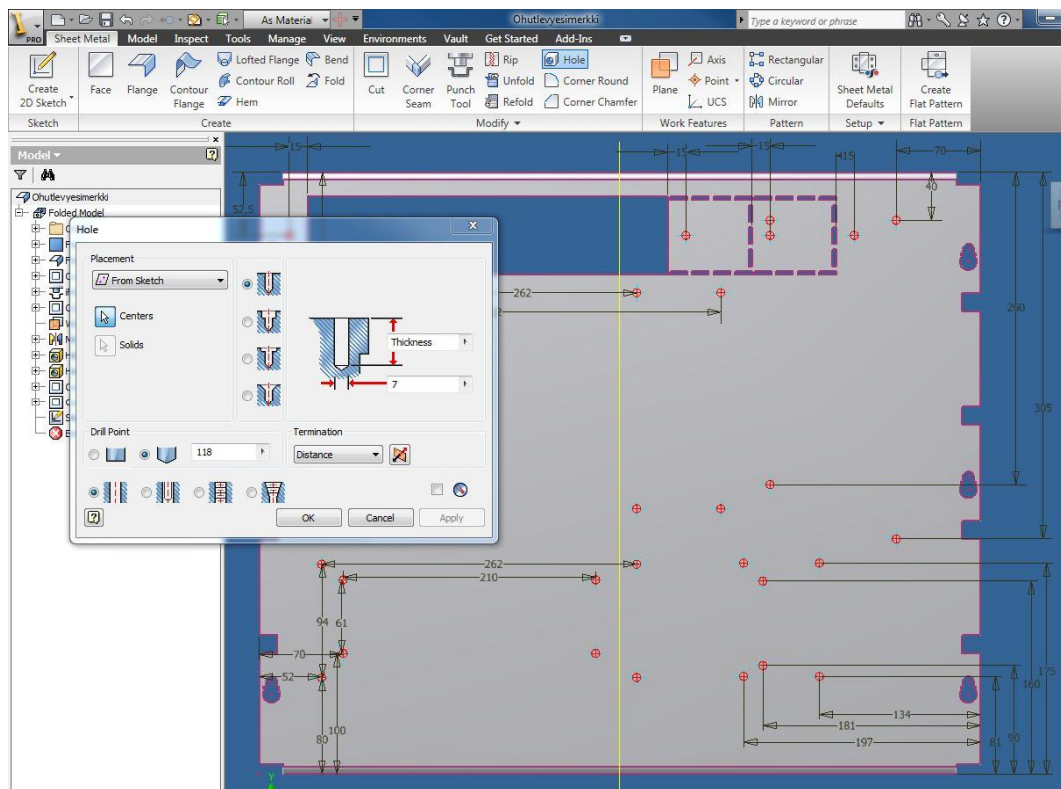


Kuva 15. Syöttöaukon leikkaus.



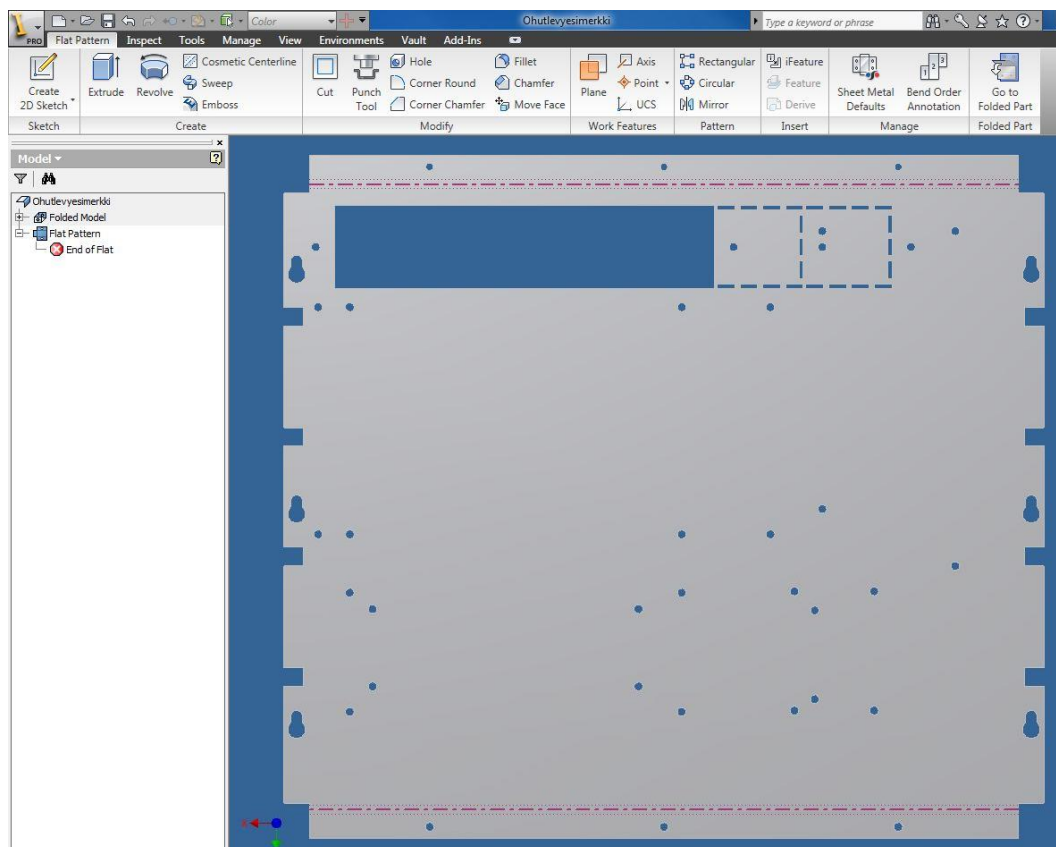
Kuva 16. Syöttöaukon kevennyksien leikkaus.

Kun aiemmat vaiheet on tehty, voidaan siirtyä komponenttien kiinnitysreikien tekoon. Nämä aiemmat vaiheet olivat niin sanottuja pääpiirteitä, jotka löytyvät pienin eroin jokaisesta välipohjasta. Välipohjien rei'ityksiin kuuluu syöttöaukon kosketusuojan kiinnitysreikiä, päävirtapiirin komponenttien, kuten kontaktoreiden kiinnitysreikiä ja ohjauspiirin riviliitinrimojen kiinnitysreikiä.



**Kuva 17. Komponenttien kiinnitysreikien määrittely.**

Lopuksi tehdään välipohjasta Create Flat Pattern-komennolla levitysgeometria, joka saadaan lisättyä mittapiirustuksiin valmistamisen helpottamiseksi.



Kuva 18. Valmiin välipohjan levitysgeometria.

## 3.5 Kokoonpanot

### 3.5.1 Kokoonpanot yleisesti

Kokoonpanojen luonti on se suunnittelun osa, jolla saadaan kaikkein eniten hyötyä irti 3D-mallinnusohjelmien käytöstä. Kokoonpano on kokonaisuus, joka on luotu tuomalla jonkin ydinosan ympärille siihen liittyviä muita osia. /3/

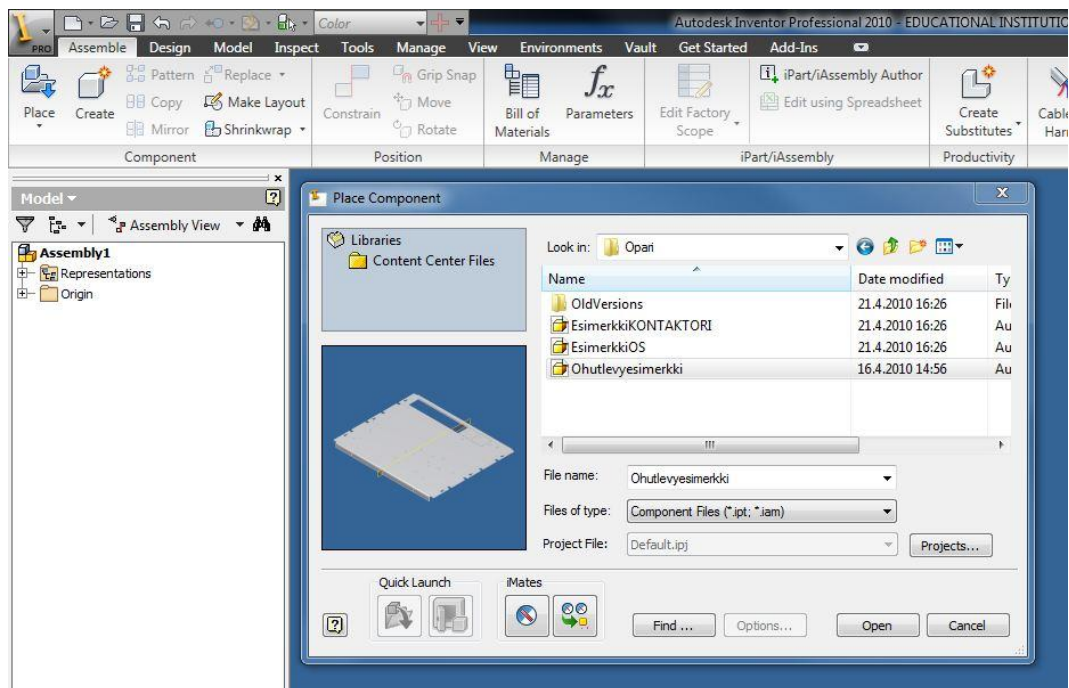
Kokoonpanolla saadaan aikaan todenmukainen malli tulevasta tuoterakenteesta. Mahdolliset puutteet ja virheet nähdään jo tietokoneen ruudulla eikä ole tarvetta todeta virheellistä rakennetta valmistuksessa, minkä jälkeen kalliit osat heitetään kelvottomina roskalavalle. Kaikki osien sopivuudet nähdään mikroskoopintarkasti tietokoneen ruudulta ja jos vain osien valmistus onnistuu haluttujen toleranssien

sisään, sopivuus todellisuudessakin onnistuu suurella todennäköisyydellä ilman muutostöitä.

Kokoonpanot voidaan luoda käyttäen kolmea eri tapaa: Bottom-Up, Top-Down ja Hybridi. Bottom-Up luontitapa tarkoittaa sitä, että jo valmiiksi mallinnetut osat sijoitellaan sidosehtojen avulla kokoonpanoon. Osat ovat siis valmiiksi mallinnettuja jo ennen kokoonpanon luontia. Tämä tapa on hyvä silloin, jos kokoonpano koostuu yksinomaan standardiosista tai jos kokoonpano suunnitellaan yhdessä muiden kanssa. Top-Down menetelmä tarkoittaa sitä, että osat luodaan suoraan kokoonpanoon päin. Osat mallinnetaan kokoonpanossa ja siten säästytään osien sijoittelulta oikeille paikoilleen. Tässä voidaan käyttää hyväksi kokoonpanossa jo olevien osien geometrioita ja nähdään suoraan miltä kokonaisuus tulee näyttämään. Hybridi on näiden kahden tavan yhdistelmä, jota käytetäänkin kaikkein eniten. Kokoonpanoon voidaan tuoda valmiiksi mallinnettuja osia itse sidosehtojen avulla sijoittamalla ja osia voidaan myös mallintaa kokoonpanoon päin, jolloin hyödynnetään kokoonpanossa olevia osia. /1/

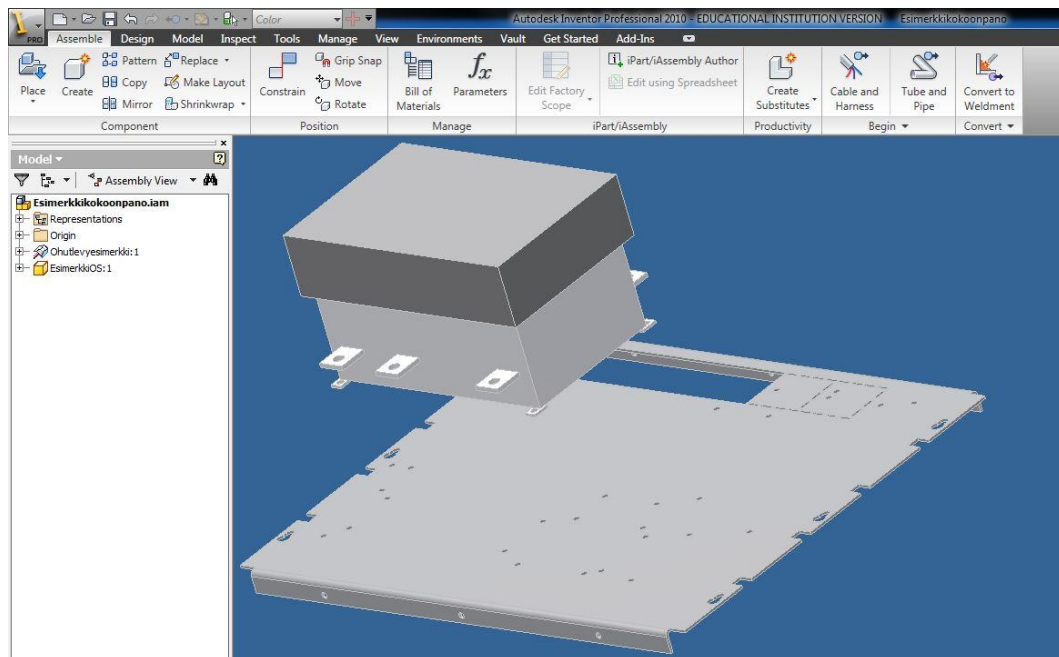
### **3.5.2 Käytännön esimerkki kokoonpanon luonnista**

Tässä esimerkkikokoonpanossa käytetään ohutlevyesimerkissä tehtyä välipohjaa, johon sijoitetaan etukäteen tehdyt kaksi esimerkkikomponenttia. Lisäksi kokoonpanoon tehdään 3D-sketsin avulla, Top-Down-menetelmää käyttäen, päävirtajohdot komponenttien välille. Kokoonpanon teko aloitetaan valitsemalla uusi tiedosto New-näppäimellä ja sieltä valitaan peruskokoonpano Standard.iam. Place-komennolla kokoonpanoon asetetaan ensimmäinen osa, joka on niin sanottu pääosa, johon muut osat sijoitetaan. Ensimmäinen osa kiinnittyy itsestään maailmaan kiinni, joten sitä ei tarvitse rajoittaa, kuten siihen kiinnitettäviä seuraavia osia.



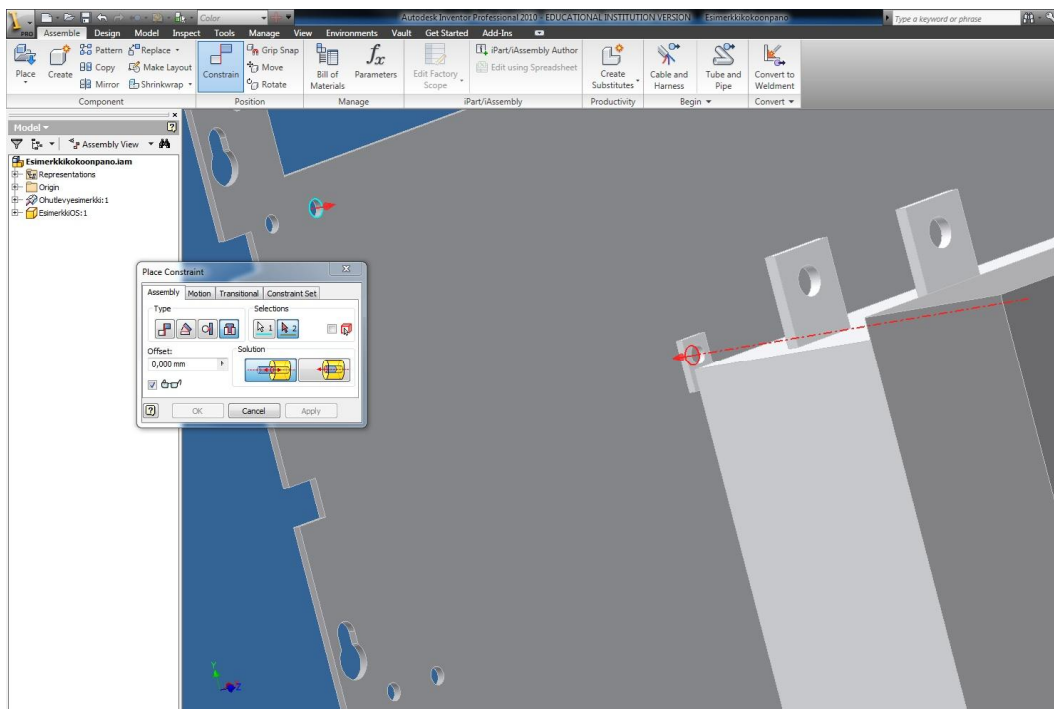
**Kuva 19. Ensimmäisen osan asettaminen kokoonpanoon.**

Osan kiinnitys kokoonpanoon tapahtuu Place-komennolla. Haetaan hakemistosta haluttu komponentti ja sijoitetaan se hiiren avulla jonnekin välipohjan lähelle, tarkempi sijoitus tapahtuu sitten rajoitteiden avulla Constrain-komennolla.



**Kuva 20. Komponentin sijoitus kokoonpanoon.**

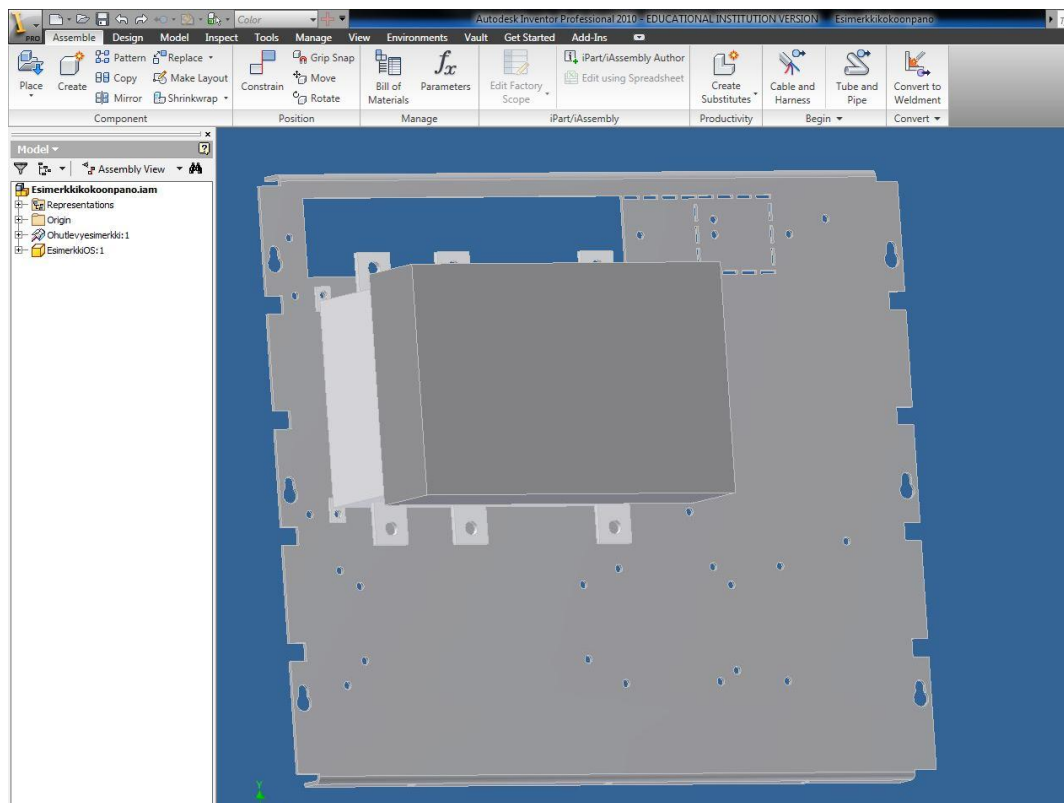
Rajoitetaan ensimmäinen komponentti välipohjaan Insert-rajoitteen avulla. Siinä valitaan kahden reiän vastakkaiset suuaukot ja ohjelma keskittää reiät samankeskiseksi sekä samalla kiinnittää komponentin pohjaan kiinni. Näin ei tarvitse erikseen rajoittaa komponenttia Mate-rajoitteella välipohjaan kiinni.



**Kuva 21. Komponentin rajoitus välipohjaan kiinni.**

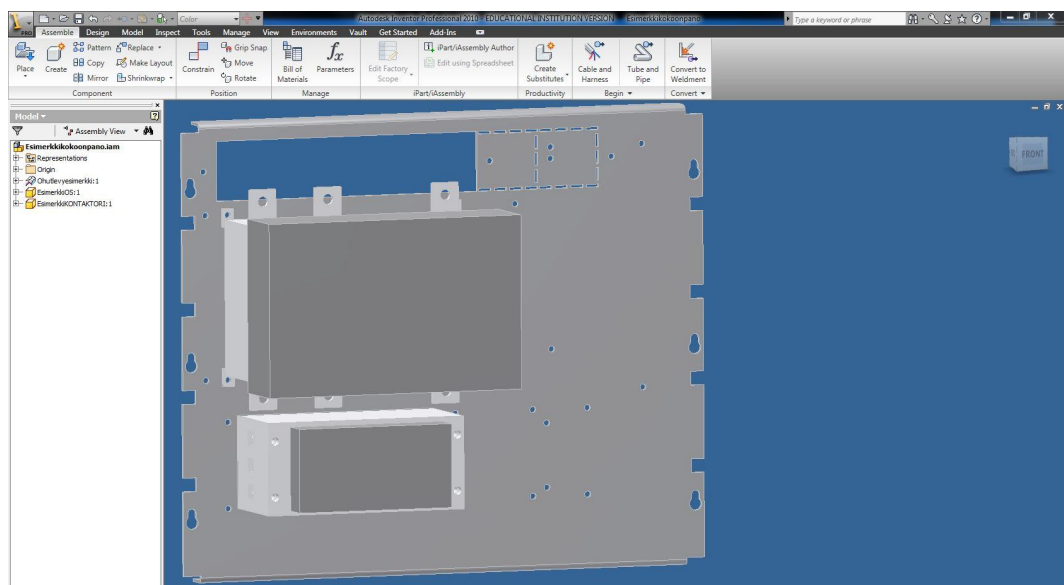
Nyt komponentti on välipohjassa kiinni ja rajoitettu yhdestä kiinnitystassustaan välipohjan kiinnitysreikään. Komponentti pääsee nyt pyörimään sen yhden kiinnitysreiän ympäri, joten se täytyy rajoittaa myös toisesta kiinnitystassustaan välipohjan kiinnitysreikään kiinni. Näin komponentilla ei ole enää vapausasteita ja se pysyy tukevasti paikoillaan.





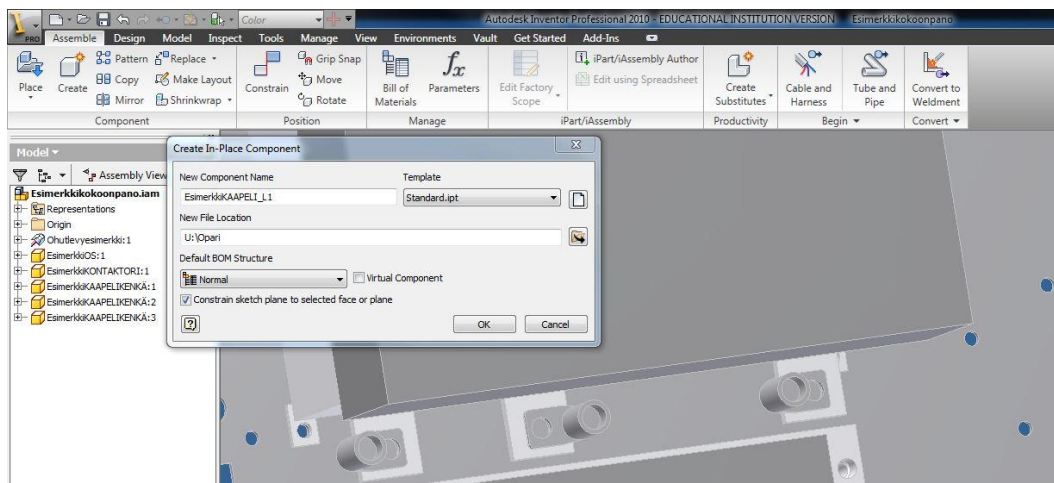
**Kuva 22. Ensimmäinen komponentti täysin välipohjassa kiinni.**

Toinen komponentti kiinnitetään välipohjaan samalla tavalla, Insert-rajoitteella kahdesta reiästä. Näin se pysyy tiukasti pohjassa kiinni ja on kohdistettu kiinnitysreikiinsä.



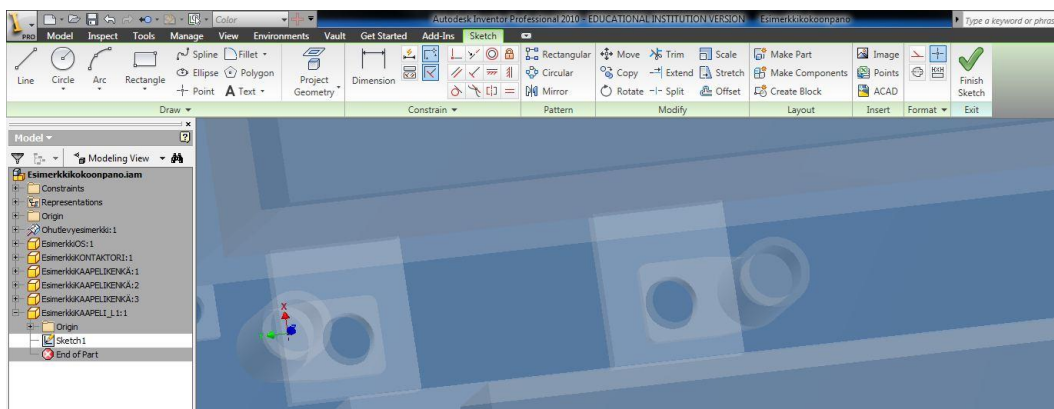
**Kuva 23. Toinen komponentti välipohjaan kiinnitettynä.**

Kiinnitetään ensimmäisen komponentin liityntätassuihin Insert- ja Angle-rajoitteita käyttäen kaapelikengät, joista tehdään seuraavaksi 3D-sketsin avulla kaapelit toisen komponentin liityntöihin. Kaapelit tehdään aputasojen avulla ja lopuksi 3D-sketsillä vedetään polku aputasoihin sketsattuja pisteitä pitkin. Aloiteetaan uuden osan luonnilla kokoonpanoon. Create-komennolla määritetään uuden osan nimi, tyyppi ja sijainti. Hyväksytään OK:lla.



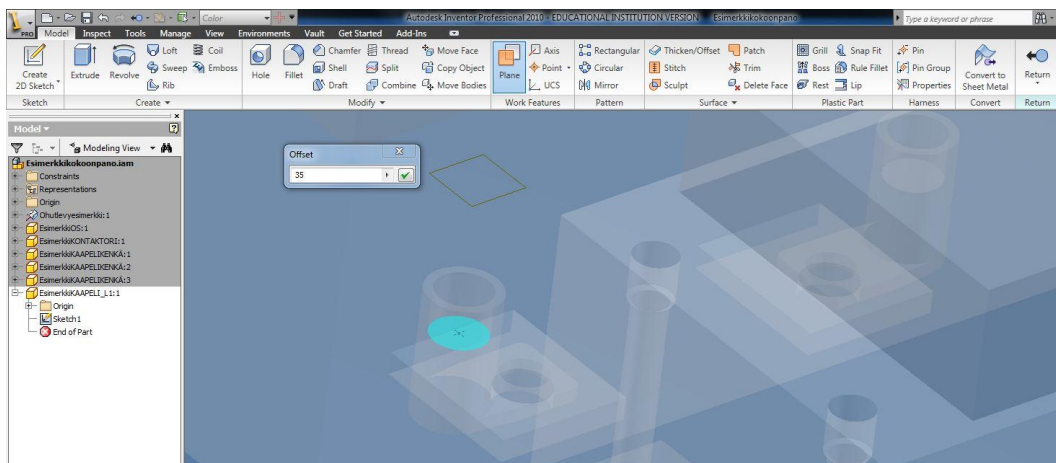
Kuva 24. Päävirtakaapelin aloitus kokoonpanossa.

Seuraavaksi valitaan kaapelin aloitustaso, osoitetaan kaapelikengän sisäpohjaa. Ensimmäinen sketsi aukeaa. Point-komennolla osoitetaan kaapelikengän sisäpohjan keskipistettä ja hyväksytään sketsi.



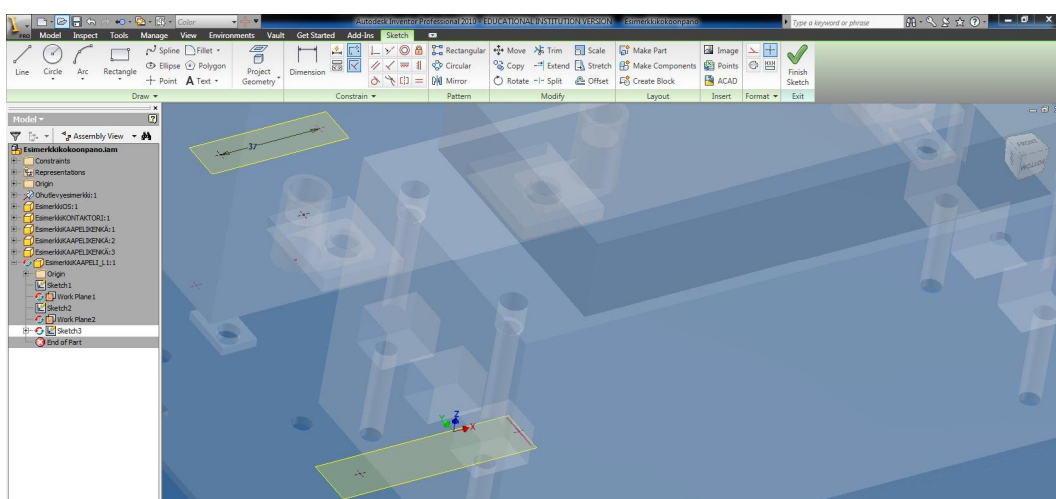
Kuva 25. Kaapelin lähtöpisteen määrittely.

Kaapeli saadaan aikaan tekemällä aputasoja eri korkeuksille ja sketsaamalla aputasoille pisteitä, joita pitkin lopuksi 3D-sketsillä vedetään viiva, joka on kaapelin polku. Määritellään aputaso lähtötasosta 35mm päähän ja aloitetaan sketsi tälle tasolle. Määritellään piste, esimerkiksi suoraan lähtöpisteen päälle, ja jatketaan siitä sitten joko tekemällä pisteitä samalle tasolle tai hyväksymällä sketsi ja tekemällä seuraava aputaso ja jatkamalla siihen.



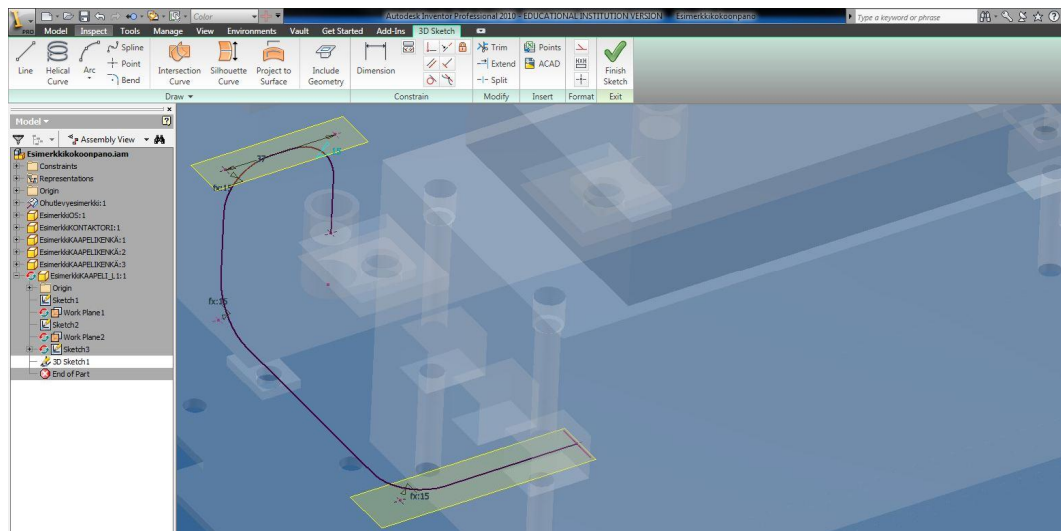
**Kuva 26. Aputason luonti kaapelin polkua varten.**

Project Geometry-komennolla saadaan suoraan kopioitua piirre tai jokin muoto toiselta sketsin ulkopuoliselta tasolta. Piirre kopioituu samaan kohtaan, mutta vain ylemmäs tai alemmas, sketsitason sijainnista riippuen.



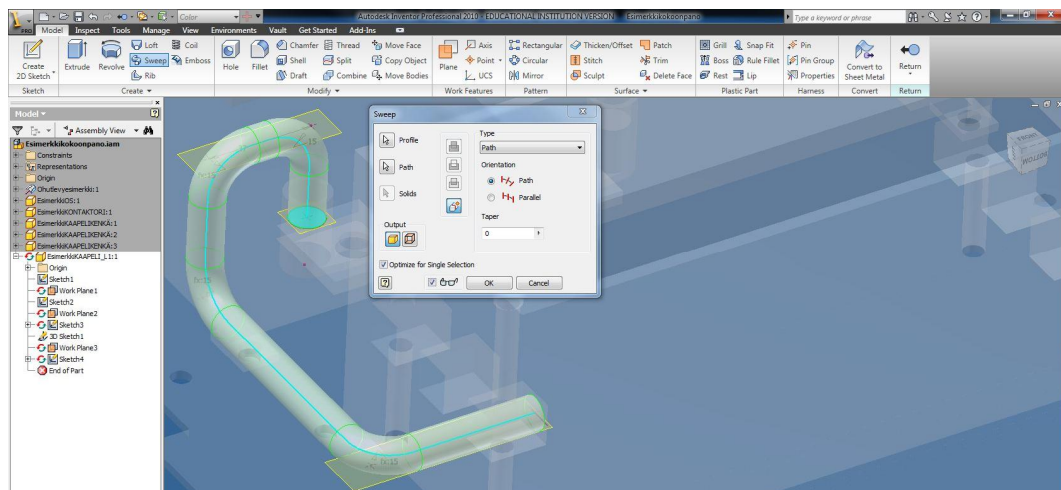
**Kuva 27. Kaapelin valmis pistepolku.**

Aloitetaan uusi 3D-sketsi ja valitaan Line-komento. Vedetään viiva kaikkien haluttujen pisteiden läpi ja näin kaapelin keskilinja on valmis. Lisätään mutkiin Bend-komennolla halutut säteet ja hyväksytään sketsi.



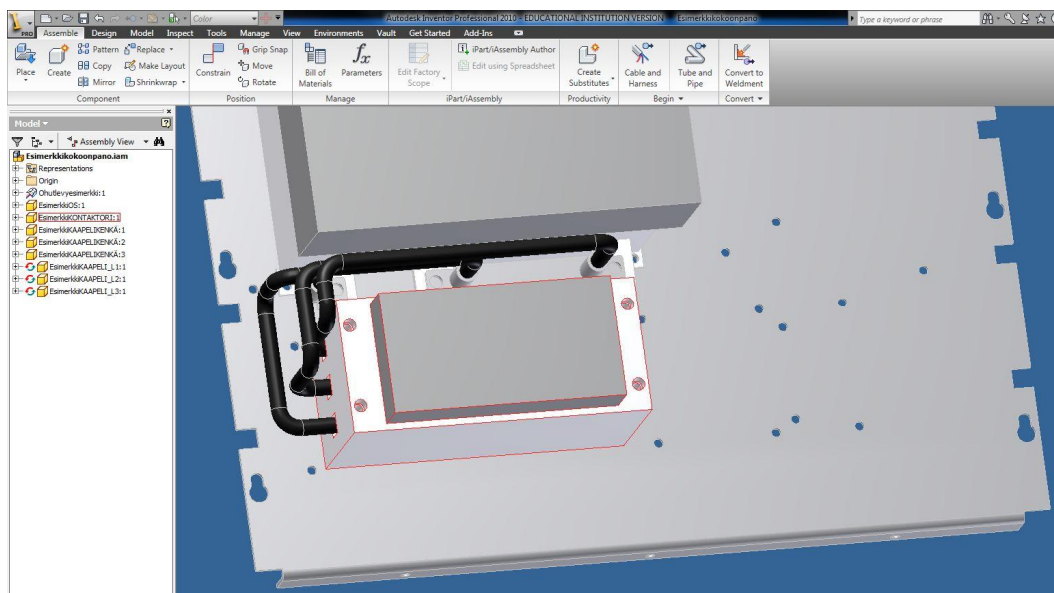
**Kuva 28. Kaapelin keskilinja.**

Aloitetaan normaali sketsi kaapelin lähtötasolla ja Project Geometry-komennolla kopioidaan kaapelikengän sisäympyrän muoto kaapelin muodoksi. Hyväksytään sketsi. Sweep-komennolla osoitetaan polkua ja muotoa ja ohjelma vetää kaapelin valmiiksi alusta loppuun asti. Vielä voidaan vaihtaa kaapelin väri mustaksi.



**Kuva 29. Valmis päävirtakaapeli.**

Samalla tavalla tehdään loputkin päävirtakaapelit. Sijoitellaan aputasoja halutuille korkeuksille ja sketsataan niihin pisteitä. 3D-sketsillä piirretään pisteiden kautta viiva ja lopuksi Sweep-komennolla vedetään kaapeli polkua pitkin itse sketsatulla profiililla.



**Kuva 30. Valmiit päävirtakaapelit.**

## 3.6 Työkuvat

### 3.6.1 Työkuvat yleisesti

2D-piirustus on lopullinen tuote, jota varten 3D-malleja tehdään. Tieto osista ja kokoonpanoista välitetään eteenpäin pääsääntöisesti piirustusten avulla. Mallinnuksen jälkeen osat ja rakenne sovitetaan yhteen, jonka jälkeen 3D-mallin pohjalta generoidaan 2D-piirustus. /3/

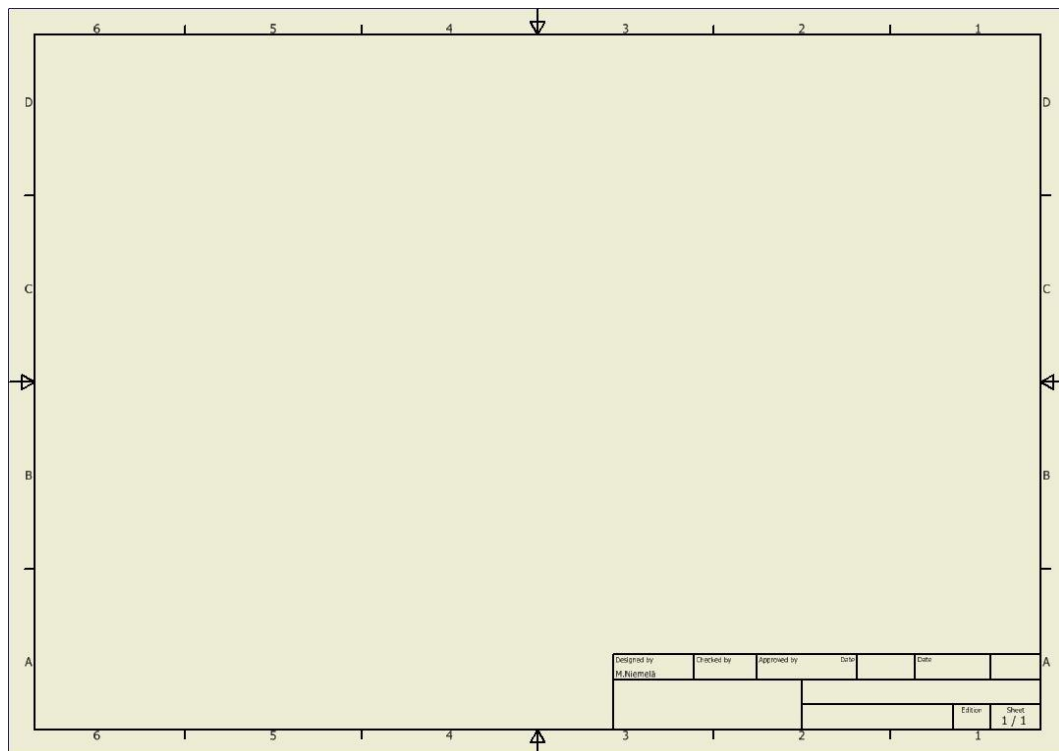
Piirustuksen luonti tapahtuu valitsemalla sopiva piirustusarkki ja sijoittelemalla arkkiiin tarvittava määrä projektioita, detaljikuvia, leikkauskuvia jne. Näihin projektioihin ja muihin kuvantoihin lisätään monipuoliset ja kattavat mittatiedot yms. ja piirustus on valmis lähetettäväksi tuotantoon. /1/

Nykyisissä 3D-mallinnusohjelmissa on linkki mallin ja piirustuksen välillä ja mallia muuttamalla muutokset saadaan näkymään automaattisesti myös piirustuksessa, jolloin suunnittelija säästyy kahden dokumentin muuttamiselta muutosten ollessa pieniä. /3/

2D-piirustukset soveltuvat hyvin myös lähdemateriaaliksi sketsien teossa, kaikki tarvittavat mitat löytyvät piirustuksista, joiden mukaan osat valmistetaan. Piirustusten formaatti kannattaa muuttaa yleiseen CAD-piirtoformaattiin, jolloin piirustusten luettavuus valmistajan tehtaalla on varmempaa. Piirustukset kannattaa muuttaa dxf- tai dwg-kuvaksi jos halutaan, että piirustusten muokkaaminen on mahdollista. Voi käyttää myös pdf-muotoa, jolloin kuvia ei pysty muuttamaan kuin piirustusten tekijä, jolla on alkuperäinen tiedosto muokattavassa muodossa. Piirustusten tulisi täyttää piirustusstandardien mukaiset vaatimukset, koska piirustukset ovat ohjeita, joissa on oltava tarvittavat tiedot osien tai kokoonpanojen valmistamiseksi halutunlaiseksi. Piirustuksissa olevat tarvittavat tiedot ovat esimerkiksi valmistusmateriaali, standardit, mahdollinen pintakäsittely, monipuoliset mitoitukset, toleranssit koneistusten ja sijaintien suhteen sekä koneistuspintamerkinnot. /3/

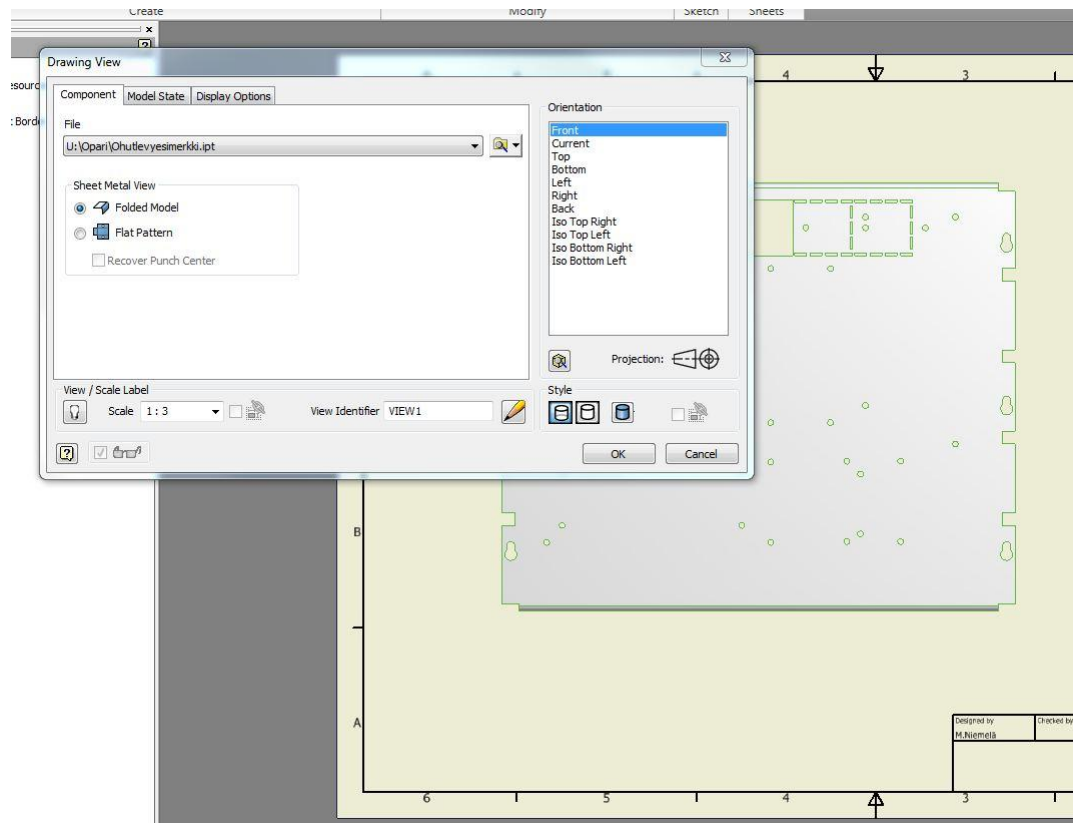
### **3.6.2 Käytännön esimerkki työpiirustuksen luonnista**

Tässä esimerkissä esitellään työpiirustusten luontia ja esimerkkikappaleena käytetään aiemmin esimerkkinä luotua välipohjan ohutlevymallia. Piirustuksen luonnin voi aloittaa niin, että aukaisee kappaleen mallin taustalle, jolloin piirustusta aloitettaessa ei tarvitse hakea kappaletta koneelta, vaan ohjelma automaattisesti olettaa sitä kappaletta käytettävän kun asettaa ensimmäistä kuvantoa. Toinen tapa on suoraan aloittaa piirustuksen luonti ja hakea itse koneelta kappale, josta työpiirustus luodaan. Nyt käytetään ensimmäistä tapaa, eli aukaistaan ohutlevymalli taustalle ja sitten valitaan uusi tiedosto. Ohjelman kysyessä, minkä tyyppinen tiedosto aloitetaan, valitaan Standard.idw. Useissa yhtiöissä on omat piirustustiedostonsa, joissa on automaattisesti arvoja ja logoja, ja näin säästytään kirjoittamasta samoja perustietoja piirustuksiin joka kerta. Mutta nyt valitaan normaali piirustustiedosto.



**Kuva 31. Työpiirustuksen aloitus.**

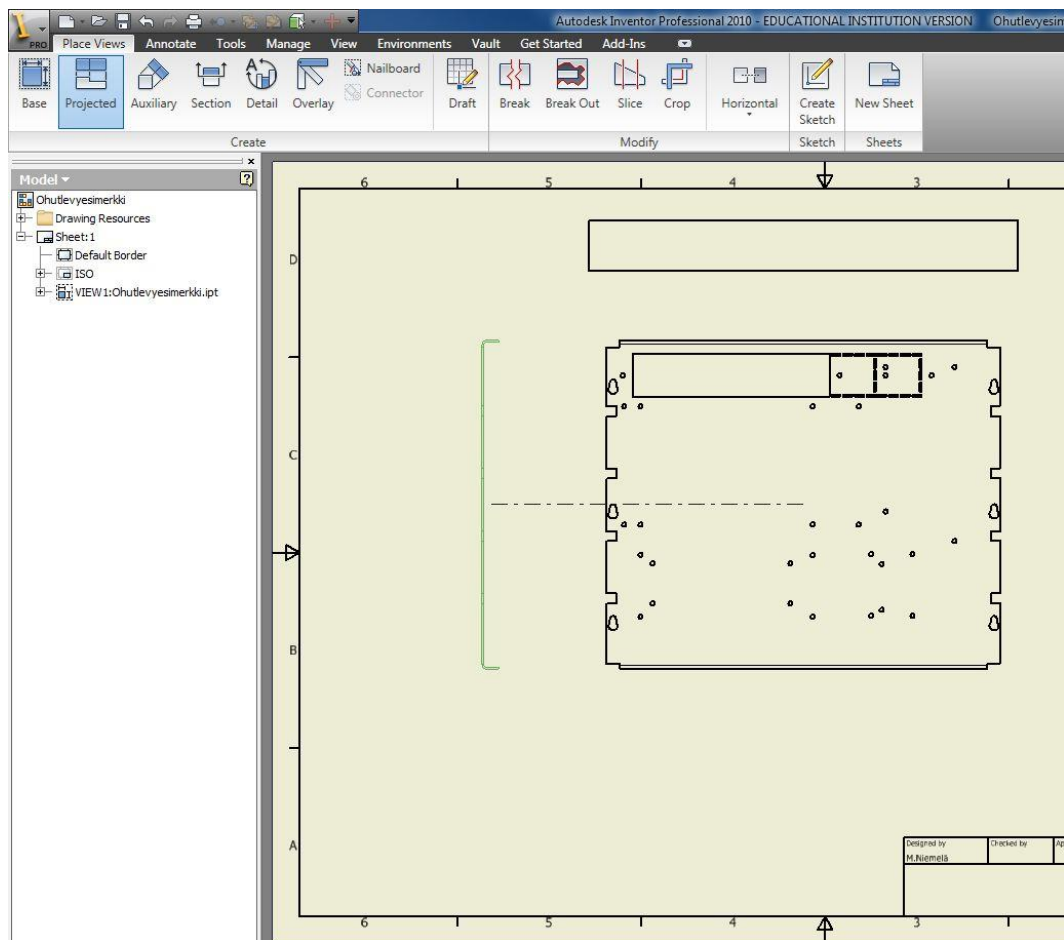
Piirustukseen asetetaan ensimmäiseksi pohjakuvanto Base-komennolla. Valitaan kappaleesta hyvä kuvakulma, josta saadaan projisoimalla lisää hyviä kuvantoja mittojen esittämiseksi. Nyt kun ohutlevymalli on aukaistu taustalle, ohjelma pitää kappaletta automaattisesti oikeana. Valikosta saadaan muutettua kappaleen orientaatiota, ulkonäköä ja skaalaa.



**Kuva 32. Ensimmäinen kuvanto.**

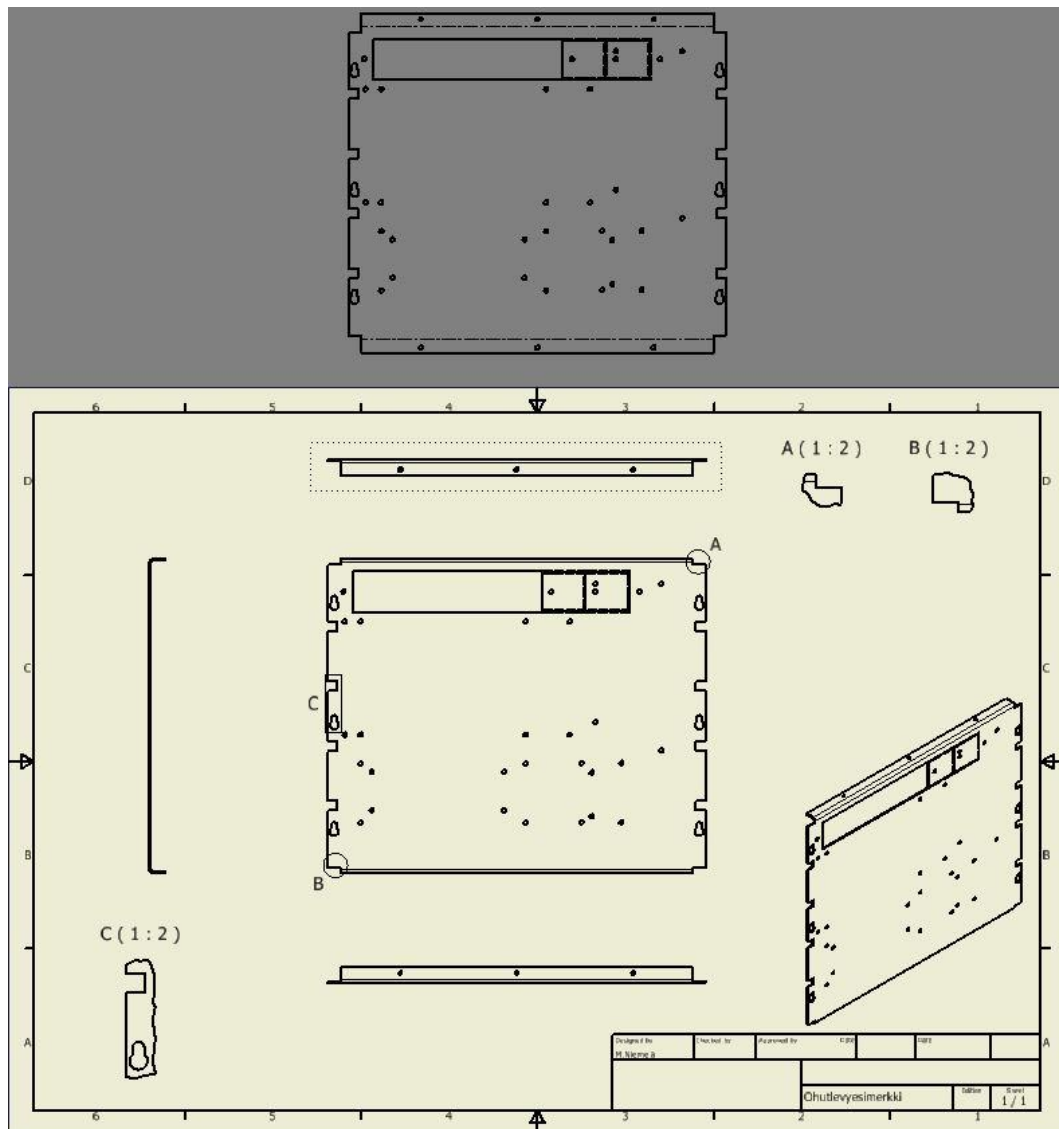
Kun pohjakuvanto on määritelty, voidaan Projected-komennolla määrittellä lisää kuvantoja, joilla olisi hyvä esittää tarpeellisia mittoja kappaleen valmistuksen kannalta, kuten sivukuvantoja ja yksityiskohtakuvantoja. Suunnittelija itse päättää minkä näköinen piirustuksesta tulee ja mitä kuvantoja sekä mittoja hän haluaa piirustuksessa esittää, mutta lähtökohtaisesti piirustuksessa pitäisi olla mahdollisimman kattavat kuvat ja mitat niin, että se voitaisiin mallintaa uudestaan esitettyjen tietojen perusteella.





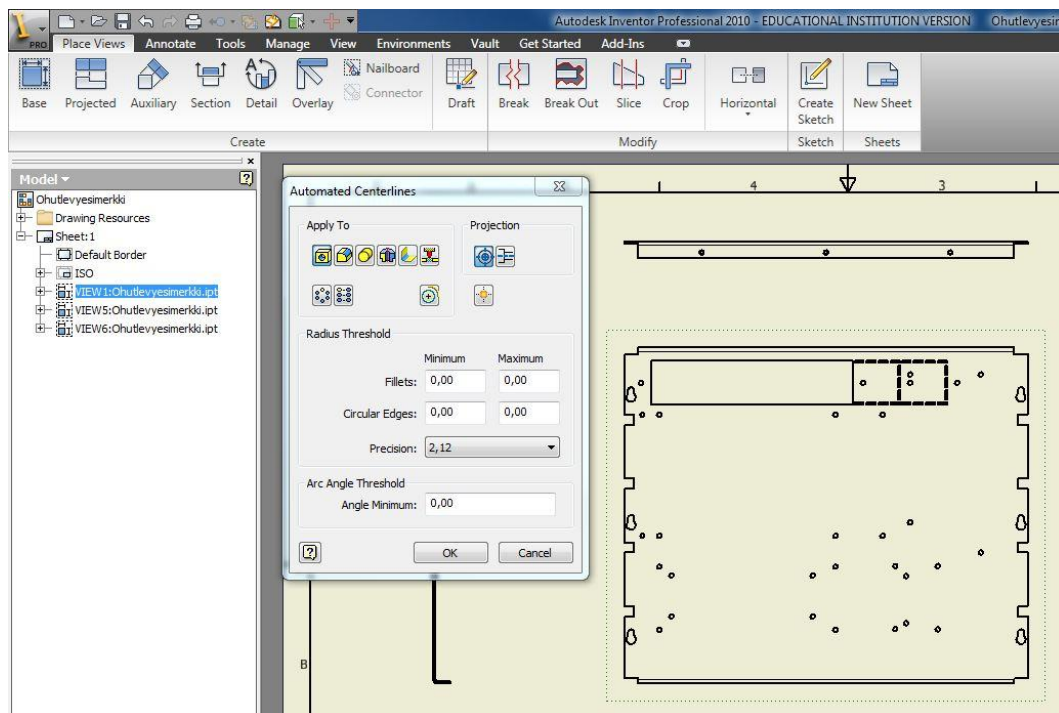
**Kuva 33. Kuvantojen määrittelyä.**

Tarpeellisten mittakuvantojen lisäksi piirustuksiin lisätään kolmiulotteinen kuvanto, josta kappaleen muodot selviävät hieman paremmin. Lisäksi lisätään piirustusarokin yläpuolelle välipohjan levitysgeometria, Flat Pattern, josta on hyötyä välipohjan valmistajalle. Levitysgeometriasta saa selville kappaleen aihion mitat ja joillain valmistajilla on mahdollista syöttää levitysgeometria-kuvanto suoraan levytyökeskukseen ja näin aihoiden valmistus nopeutuu huomattavasti.



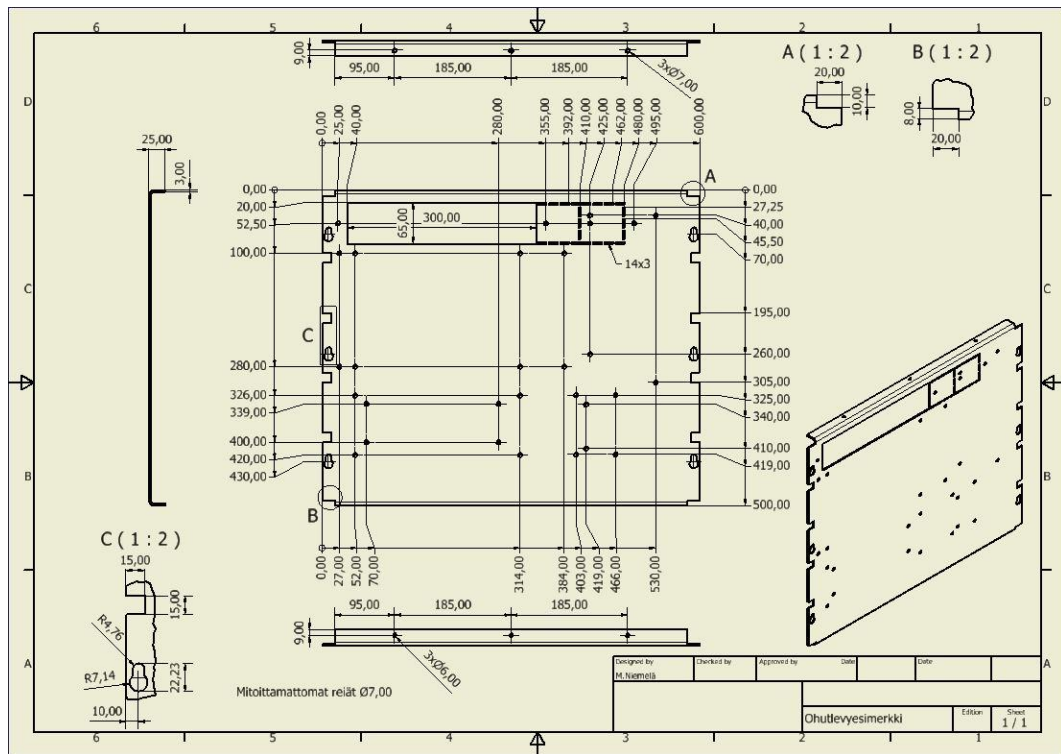
**Kuva 34. Tarvittavat kuvannot ja levitysgeometria.**

Piirustukseen lisätään seuraavaksi reikien keskiviivat, joiden avulla välipohjan mitoitus on helpompaa ja selkeämpää. Kuvannon päällä hiiren oikealla napilla saadaan esiin vetovalikko, josta valitaan Automated Centerlines ja näyttöön ilmestyvästä valikosta vain hyväksytään oletusarvot OK:lla. Avaimenreikiin keskiviivat saa Annotate-valikosta erikseen Center Mark-komennolla. Levitysgeometria jää mitoittamatta. Riittää kun siitä on leikatun aihion piirteet esittävä kuvanto, joka voidaan siirtää suoraan levytyökeskukseen.



**Kuva 35. Piirustuksen reikien keskiviivojen määrittely.**

Tämän jälkeen piirustuksen kuvannot mitoitetaan. Annotate-valikosta löytyy Ordinate Set-komento, jolla mitat saadaan samasta nollapisteestä siististi. Ensin valitaan nollapiste, josta reiät mitoitetaan ja sen jälkeen valitaan halutut reiät tai muut piirteet. Syöttöaukko ja syöttöaukon kevennykset mitoitetaan normaalilla Dimension-komennolla ja Leader Text-komennolla, jolla saadaan nuolella osoitettua jokin piirretty ja itse voi määrittellä siihen osoitettava tieto.



Kuva 36. Valmis mittapiirustus esimerkkivälipohjasta.

## 4 TYÖN KUVAUS

Työn alkaessa välipohjalajimerkkejä oli VEO:n tietokannassa noin 600, joista oli tarkoitus saada karsimalla vanhoja ja harmonisoimalla kurantteja mahdollisimman pieni joukko lajimerkkejä. Sen lisäksi välipohjarakenteisiin kuuluvia osia, kuten virtakiskoja ja kosketusuojia täytyi päivittää pohjien muutoksien mukaan ja uusiksi lajimerkeiksi. Lopuksi välipohjista ja niihin kuuluvista komponenteista oli tehtävä esimerkkikokoonpanoja, joiden tarkoitus on helpottaa välipohjien valmistusta ja uusien asentajien opettamista työhön.

Aluksi hankittiin osto-osaston työntekijöiltä Excel-lista, joka sisälsi kaikki asennusosalustat jotka VEO:n tietokannasta löytyi. Tämän listan lajimerkit käytiin kaikki läpi ja vertailtiin muihin samankaltaisiin siinä toivossa, että niitä voitaisiin yhdistellä yhdeksi lajimerkiksi. Osto-listoista selvitettiin myös kaikkien lajimerkkien viimeisimmät ostopäivämäärät ja kappalemäärät. Päivämäärissä sovittiin takaraja, jota aiemmin tilattuja pidettiin epäkuranteina ja ilman kenenkään halua jatkaa näiden lajimerkkien ylläpitämistä, ne asetettaisiin ostokieltoon. Jäljelle jäivät kehityskelpoiset ja harmonisoitavat välipohjat. Näitä pohjia vertailtiin toisiinsa ja muutosehdotuksien jälkeen ne mallinnettiin ja niistä tehtiin työpiirustukset.

Välipohjien mallinnusten jälkeen virtakiskot, kosketussuoja ja muut rakenteisiin kuuluvat osat päivitettiin uusiin pohjiin sopiviksi.

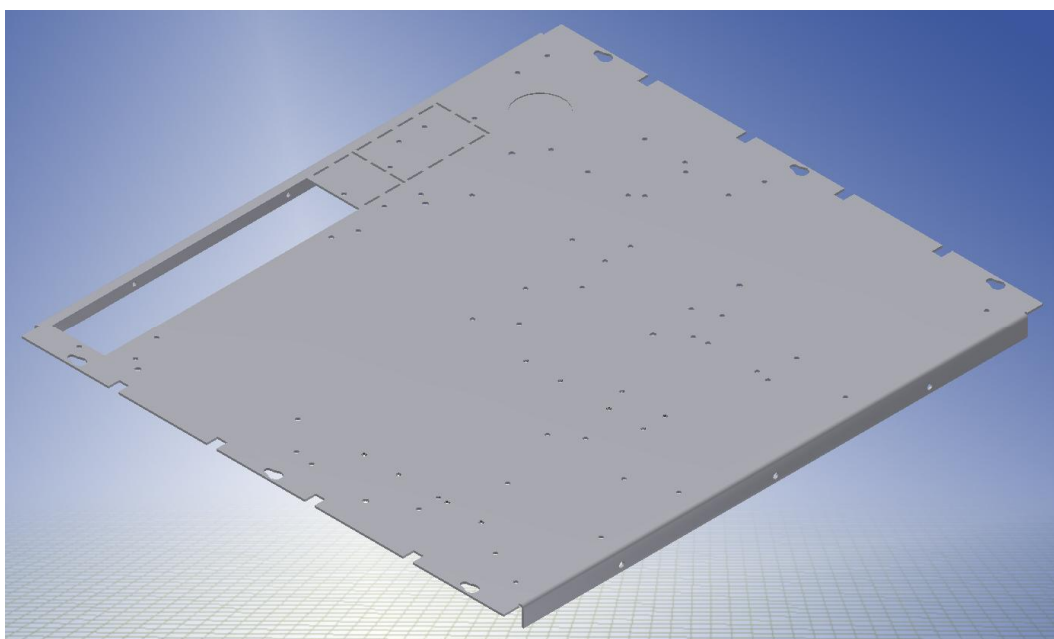
Osien mallinnusten jälkeen tehtiin esimerkkikokoonpanoja kalustettujen välipohjien havainnollistamiseksi. Koska yhdistelmiä, joilla välipohjia voidaan kalustaa, on niin valtava määrä, että kaikkien niiden kokoonpanojen teko veisi kuukausia, sovittiin, että kokoonpanoista tehtäisiin vain joitain esimerkkejä. Esimerkit koottiin niin sanotun pahimman tilanteen mukaan, eli välipohjiin aseteltiin suurimpia komponentteja, jotka niihin mahtui. Kokoonpanot eivät välttämättä ole millään tavalla oikeita myytäviä rakenteita, mutta niiden tarkoitus olikin pääasiassa opastaa uusia asentajia kokoonpanotyöhön. Näiden kokoonpanojen avulla asentaja näkee mistä osista välipohjat koostuvat ja missä järjestyksessä ne välipohjissa sijaitsevat.

Kokoonpanopiirustusten ja niihin lisättyjen osanumeroiden jälkeen tehtiin Excel-lista, joka oli vetovalikko-tyyppinen taulukko, josta sai vetovalikosta valitsemalla halutun välipohjan lajimerkin. Taulukko näytti valinnan jälkeen, mitkä komponentit välipohjaan on mahdollista kiinnittää. Kokoonpanopiirustusten osanumerot liittyivät tähän taulukkoon siten, että piirustuksiin lisättiin numerot niin, että aina etukojeella oli tietty numero ja kontaktorilla tietty numero ja niin edelleen. Näin kokoonpanopiirustuksiin ei tarvinnut lisätä osaluetteloita ja tietojen siirto Excel-tilusta eteenpäin olisi helpompaa.

## 5 VÄLIPOHJIEN MALLINNUS

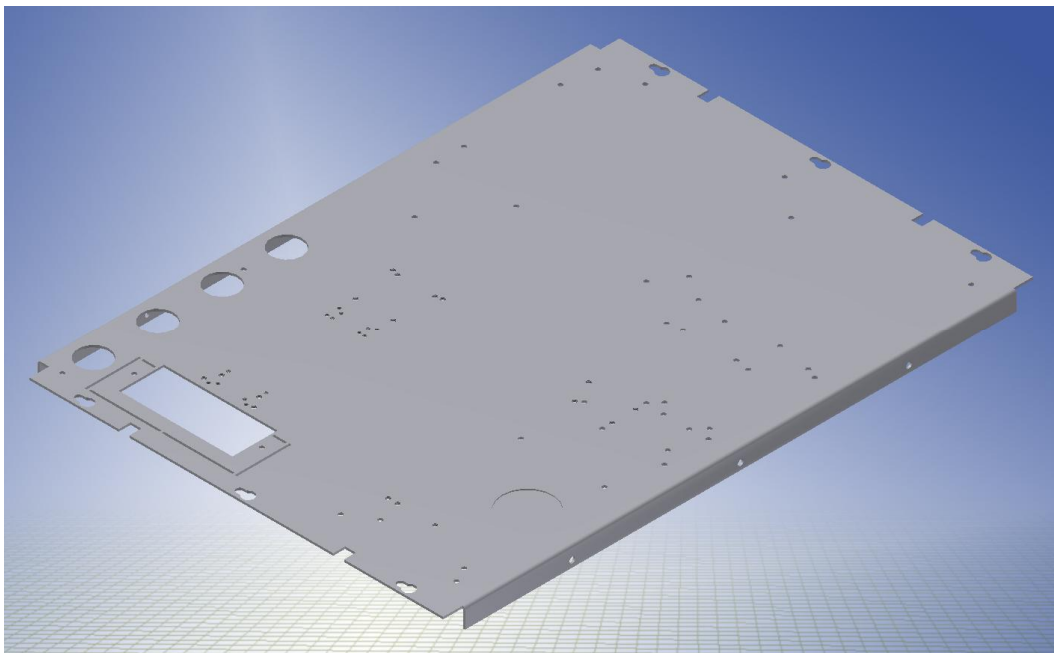
### 5.1 Välipohjavaihtoehtojen kartoitus

Työ aloitettiin tutustumalla yrityksen sisäiseen toimintaan, suunnitteluohjeisiin ja nimikkeiden hallintaan sekä luomiseen. Aluksi täytyi kartoittaa kaikki mahdolliset välipohjavaihtoehdot, joiden nimikkeitä yrityksen järjestelmästä löytyi noin 600. Lähtötyyppjä ovat kiinteä, ulosotettava ja ulosvedettävä. Kiinteissä lähtötyypeissä on eri peltiratkaisu välipohjassa käytettävän etukojeen mukaan. Kiinteissä välipohjissa käytetään sulakkeellisia kytkinvarokkeita tai sulakkeettomia kompaktikatkaisijoita ja nämä vaativat erilaisen ratkaisun välipohjan syöttöaukon sijainnissa. Kuvassa 37 on ruuveilla keskukseen kiinnitettävän kiinteän sulakkeellisen lähdön välipohja.



**Kuva 37. 600x500 Kiinteä sulakkeellisen etukojeen välipohjan 3D-malli.**

Kuvassa 38 on myös kiinteän lähdön välipohja, mutta syöttöaukon sijainnissa sivulla, se on tarkoitettu sulakkeettoman kompaktikatkaisijan asennusalustaksi.



**Kuva 38. 600x400 Kiinteä sulakkeettoman etukojeen välipohjan 3D-malli.**

Osa välipohjista oli täsmälleen samanlaisia mitoiltaan ja reikien sijoitteluiltaan vain pienin muutoksin, mutta suunnittelujärjestelmän puuttuessa ajan mittaan oli kertynyt useita piirustuksia samankaltaisista välipohjista, koska ei ollut tietoa samanlaisen jo olevan järjestelmässä. Revisioinnin sijasta uusia välipohjia on vain mallinnettu tarpeen mukaan eikä vanhoja ole poistettu. Tarkoituksena olikin käydä läpi kaikki nimikkeet, joita käytetään edelleen ja joita on tilattu noin puolentoista vuoden aikana, ja vertailla välipohjia keskenään saaden mahdollisimman monta välipohjaa harmonisoitua keskenään saman nimikkeen alle. Ostolistoista tutkittiin noin puolentoista vuoden aikana ostetut välipohjat siksi, että jos jotain pohjaa ei oltu tilattu puolentoista vuoden sisällä, oli se todennäköisesti vanhentunut tai sen oli korvannut jo jokin muu välipohja. Näin läpikäymällä ja poistamalla epäkuranteja välipohjia saataisiin lajimerkkien ylläpidon aiheuttamia kustannuksia vähennettyä sekä käytettyä mahdollisimman tehokkaasti ja monipuolisesti yhtä välipohjaa monessa eri välipohjarakenteessa.

## **5.2 Välipohjien muutosehdotukset**

Seuraavana työssä oli vuorossa muutosehdotusten hakeminen tehtaalta valmistuksen työntekijöiltä. Kyseessä oli laaja tehtävä lajimerkkien määrän vuoksi. Lisää

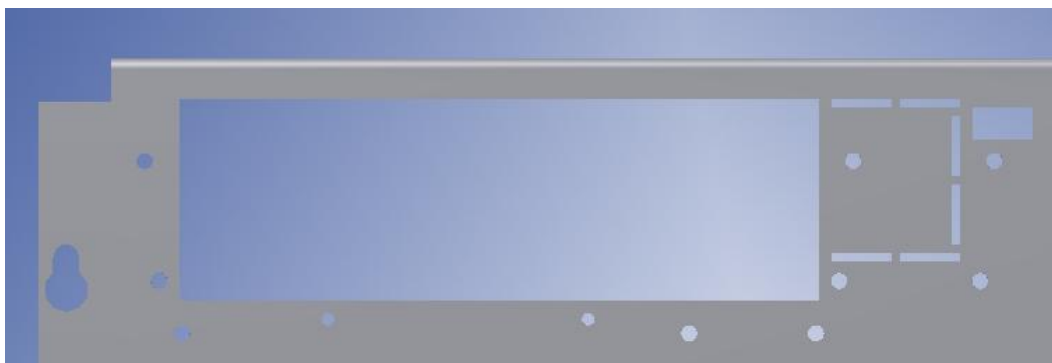


laajuutta tehtävään toi myös se, että lähtötyyppejä on kolme: kiinteä, ulosotettava ja ulosvedettävä sekä se, että jokaisesta lähtötyypistä on useita tilakokoja. Leveysvaihtoehtoja lähdoistä löytyy 400, 600, 800 ja 1000 mm ja lähtöjen korkeus voi olla 100, 200, 300, 400, 500, 600 ja 2000 mm. Kaikista lähtötyypeistä ei löydy jokaista vaihtoehtoa edellä mainituista, mutta määrä on silti laaja, kun siihen kuuluu vielä monia päälähtötyypeihin kuulumattomia välipohjia, joita keskuksissa käytetään.

Välipohjaosaston työntekijöitä haastateltiin ja heidän ehdottamia muutoksia välipohjien rakenteisiin kirjattiin ylös ja punnittiin tuotepäällikön kanssa sitä, missä määrin ehdotukset olivat toteutettavissa. Ehdotuksia tuli paljon ja niistä suurin osa myös toteutettiin. Ehdotukset koskivat suurimmaksi osaksi välipohjien rei'itystä komponenttien ja muiden osien kiinnityksiä varten. Rei'itysten läpikäynnin seurauksena käyttökelvottomat vanhojen ratkaisujen reiät poistettiin ja uusien reikiä lisäyksien vuoksi välipohjiin saatiin mahdollisimman monipuoliset kiinnitysreiät komponenteille. Uudet valmistuksen kanssa läpikäydyt rei'itykset vähentävät ylimääräiseen reikiä porailuun ja komponenttien sijoitteluun käytettyä työaika.

Aiemmin tehtaalla on jouduttu itse hieman projektien vaatimuksien mukaan sijoittamaan komponentteja uusiin kohtiin vanhojen rei'ityksien oltua puutteellisia. Nyt kun rei'ityksiä käytiin läpi valmistuksen kanssa, saatiin pelteihin tarvittavat vaihtoehdot komponenttien kiinnitykseen. Kuitenkin täytyy muistaa, että uusien projektien ja komponenttivalmistajien sekä -mallien myötä, uusia tarpeita rei'ityksiin varmasti tulevaisuudessa tulee.

Valmistuksen työntekijöiltä tuli myös joitain ratkaisevia ehdotuksia välipohjapeltien harmonisointiin liittyen, joilla saatiin poistettua monta nimikettä käytöstä. Tällainen oli esimerkiksi ehdotus syöttöaukon reunaan lisäystä kevennyksestä, jonka irrottamisella peltisaksin saataisiin laajennettua syöttöaukon kokoa neljänapaiselle kytkinvarokkeelle soveltuvaksi. Kuvassa 39 on 3D-mallista otettu lähikuva syöttöaukon kevennyksen hahmottamiseksi paremmin. Kyseessä on 600x200 mm kokoinen välipohja sulakkeelliselle etukojeelle.



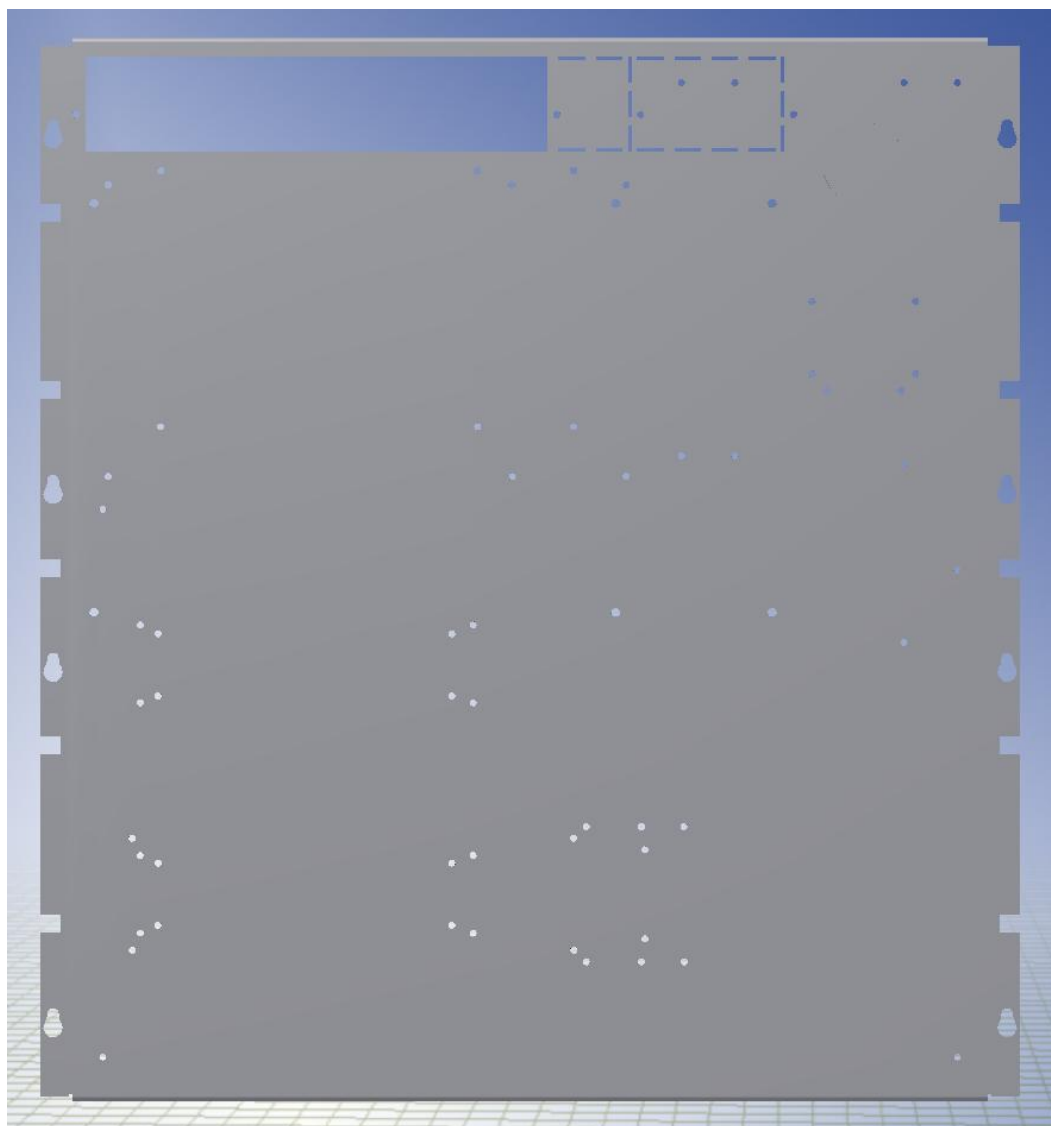
**Kuva 39. Välipohjan syöttöaukon kevennys.**

Alusta asti välipohjien muutostyön pohjana oli päätös, jolla peltien kätisyysvaihtoehdot sisällytettäisiin samaan välipohjanimikkeeseen. Ennen jokaisella välipohjakokovaihtoehdolla oli kaksi nimikettä, vasen ja oikea, riippuen välipohjarakenteen etukojeen sijainnista. Päätöksen mukaan uudet pohjat tehtiin yleisemmän vasemmalla sijaitsevan etukojeen lähtötyypin mukaan ja käytettäessä toisen puolen lähtötyyppiin sama välipohja käännetään vain ympäri, että välipohjan takaseinä tulee asennuspohjaksi.

### **5.3 Välipohjien 3D-mallinnus ja osapiirustukset**

Muutosehdotusten keräämisen jälkeen aloitettiin välipohjien 3D-mallinnus uusia valmistuksen kanssa mietittyjä rei'ityksiä käyttäen. Mallintamiseen käytettiin ohutlevymallinnusta, koska ohjelmassa oli valmiiksi asetettu oletusarvot oikeantyyppisille materiaaleille ja niiden paksuuksille. Peltien harmonisoinnin vuoksi joihinkin pelteihin lisättiin myös syöttöaukon suurennukseen käytettävä peltisakilla irroitettava kevennys. Koska joitain uusia välipohjia käytetään käännettynä myös toisen puolen lähtötyypeissä, lisättiin joidenkin komponenttien kiinnitysreiät samaan kohtaan peilikuvana. Ilman niitä komponentteja ei saisi kiinnitettyä toisen puolen lähtötyyppien vaatimaan asentoon. Kun välipohjat oli mallinnettu, tehtiin niistä osapiirustukset, joissa oli hyvin kattavat mitoitukset. Kun välipohjista tehtiin 3D-malleja, niiden historiapuhun kullekin reikäryhmälle tai piirteelle annettiin hyvin kuvaava nimi, koska jos malleja joudutaan jostain syystä muuttamaan, työntekijä tietää mikä tarkoitus milläkin rei'ällä on. Alla olevassa kuvassa (kuva 40), on esimerkki valmiista välipohjan 3D-mallista, tilakoko leveysuunnassa 600

mm ja korkeussuunnassa 600 mm. Lähtötyyppi on kiinteä sulakkeellisella etukojeella. Kuvassa näkyy myös hyvin suuremman lähdön syöttöaukkoon lisätty pel-tisaksin irroitettava kevennys. Suuremmassa välipohjassa kevennys on erilainen kuin pienemmissä erilaisten, suurempien etukojeiden vuoksi.

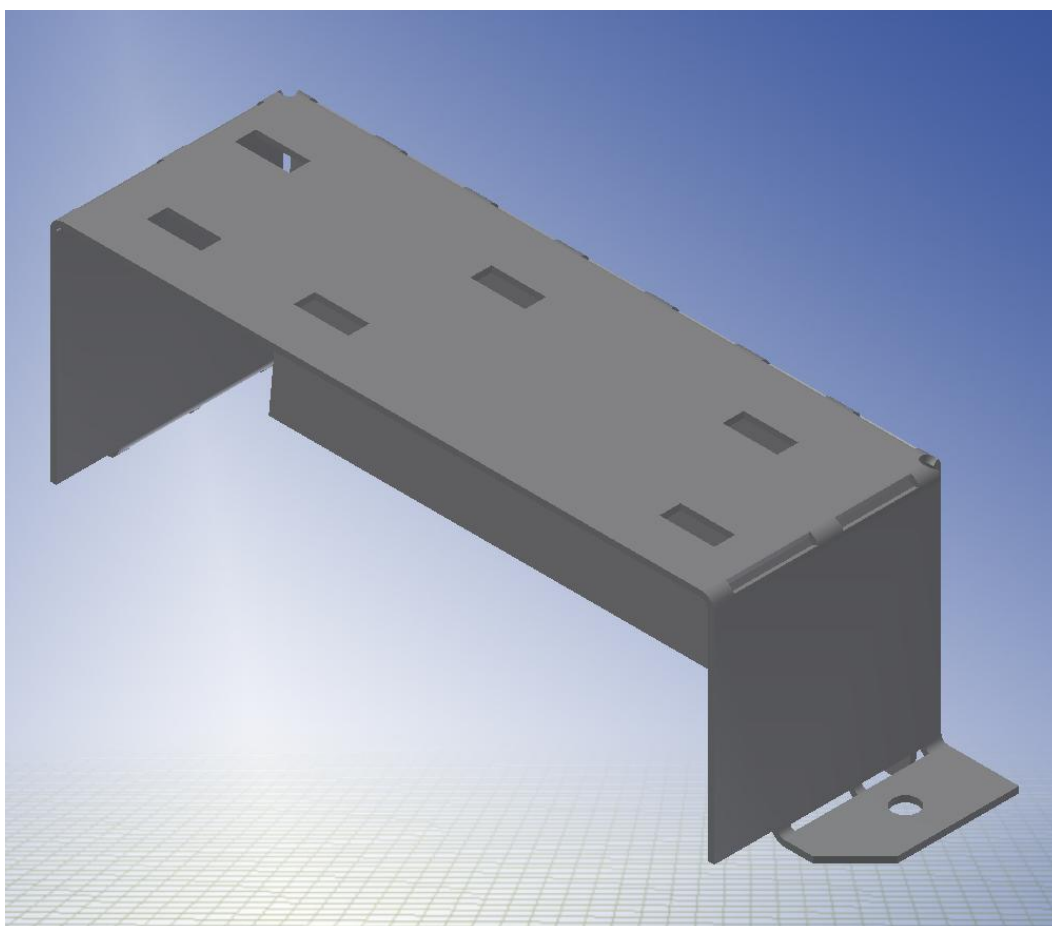


**Kuva 40. 600x600 Kiinteä sulakkeellisen etukojeen välipohjan 3D-malli.**

#### **5.4 Kokoonpanot ja kokoonpanopiirustukset**

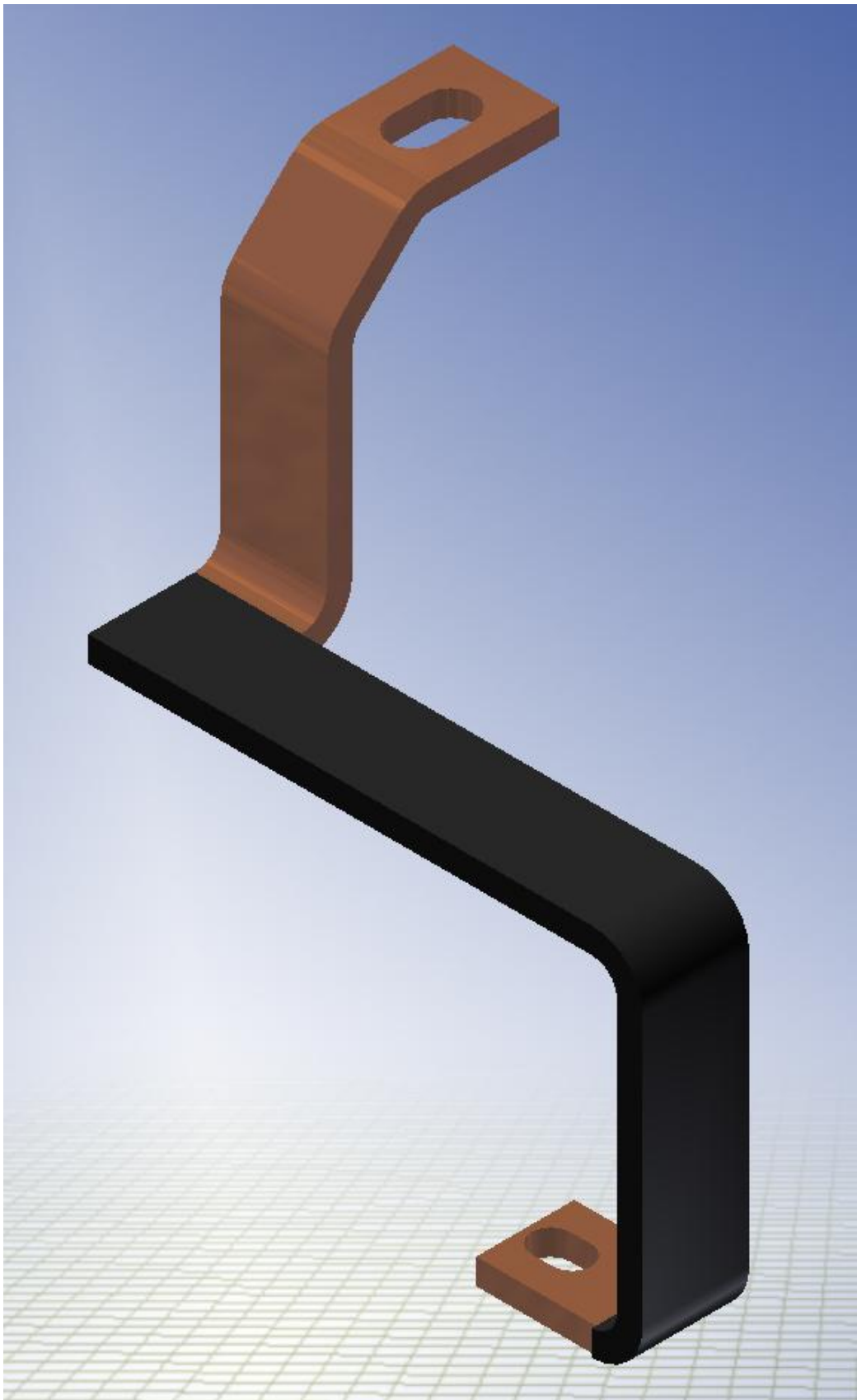
Kun 3D-mallit ja osapiirustukset välipohjista olivat valmiit, aloitettiin kokoonpanojen teko. Kokoonpanot tehtiin Bottom-Up menetelmää käyttäen yleisimmistä välipohjarakenteista, joita olivat kiinteät lähtötyypit etukojeinaan sekä sulakkeelli-

set kytkinvarokkeet että sulakkeettomat kompaktikatkaisijat, ulosotettavat lähtötyypit sulakkeellisilla kytkinvarokkeilla ja ulosvedettävät lähtötyypit. Kokoonpanoihin haluttiin sisällyttää pääkomponentit ja päävirtajohdinpiirit. Tässä vaiheessa huomattiin, että välipohjiin sijoitettavien komponenttien, etukojeiden syöttöpuolen kosketussuojien sekä syöttökaapeleiden ja –kiskojen 3D-mallit puuttuvat lähes kokonaan. Ennen kokoonpanojen tekoa piti hankkia komponenttien 3D-mallit valmistajilta tai niiden puuttuessa valmistajilta mallintaa ne itse. Joissain määrin etukojeiden syöttöpuolen kosketussuojien 3D-malleja löytyi VEO:n järjestelmästä, mutta niitä piti hieman muokata ennen kokoonpanoissa käyttöä välipohjien muututtua uudistuksien myötä. Kuvassa 41 on valmis 3D-malli välipohjan syöttöpuolen kosketussuojasta, jota käytetään pienempien sulakkeellisten etukojeiden kanssa.



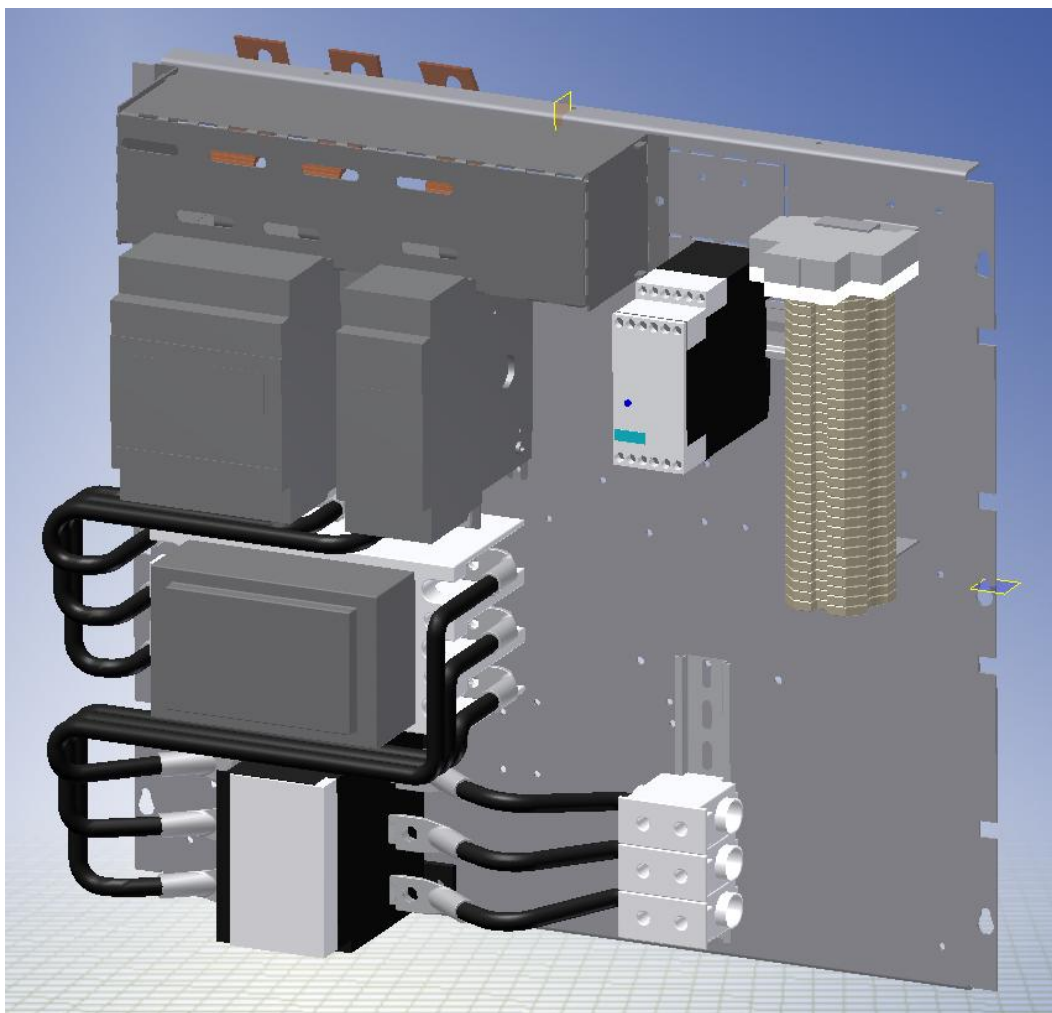
**Kuva 41. Valmis syöttöpuolen kosketussuojan 3D-malli.**

Syöttökaapeleiden ja –kiskojen 3D-mallit tehtiin lähes kaikki itse, mutta joitain löytyi jo aiemmin mallinnettuina. Kuvassa 42 on valmis 3D-malli syöttökiskosta, jota käytetään suurempien sulakkeettomien kompaktikatkaisijoiden syötössä. Kuvassa oleva musta on kiskon päälle puhallettava kutistemuovi.



Kuva 42. Valmis syöttökiskon 3D-malli.

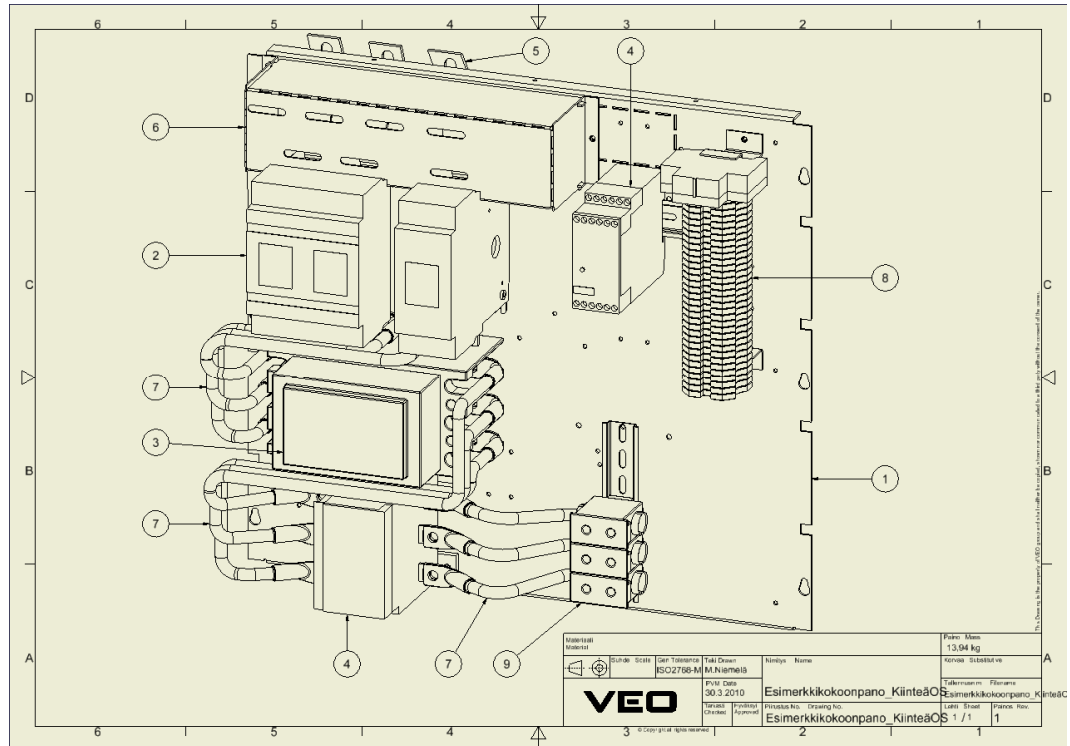
Kun kaikki tarvittavat komponentit, kosketussuojat ja syöttökaapelit sekä –kiskot löytyivät 3D-malleina, tehtiin kokoonpanot ja 3D-sketsin avulla lisättiin vielä etukojeiden ja kontaktoreiden väliset päävirtajohtimet suoraan kokoonpanomalliin päin Top-Down mentelmää käyttäen.



**Kuva 43. Valmis 3D-kokoonpanomalli päävirtajohtimineen.**

Tämän jälkeen tehtiin kokoonpanoista piirustukset, joihin kalustettujen välipohji-  
en kuvien lisäksi lisättiin osanumerot jokaiselle komponentille tai komponentti-  
ryhmälle. Osaluetteloa ei lisätty itse kokoonpanopiirustuksiin vaan niistä tehtiin  
Excel-lista, jossa oli jokaiselle komponenttiryhmälle oma numeroitu pylväänsä ja  
jota voidaan myöhemmin hyödyntää paremmin suunnittelujärjestelmää rakennet-  
taessa. Pylväisiin kirjoitettiin ylös kuhunkin välipohjaan mahdollisesti kiinnitettä-  
vät komponentit ja komponenttiryhmät. Ensimmäisen pylvään vetovalikosta sai

valita halutun välipohjan lajimerkin ja lista näytti siihen lajimerkkiin kuuluvan komponenttilistan. Kuvassa 44 on valmis kokoonpanopiirustus osanumeroineen. Kuvasta on tahallisesti jätetty tietoja alapalkista pois.



Kuva 44. Esimerkkikokoonpanopiirustus osanumeroineen.



## 6 TULOKSET

Opinnäytetyön aikana tehdyt 3D-osamallit, 2D-mittapiirustukset ja kokoonpanot sekä kokoonpanopiirustukset onnistuivat pääasiassa hyvin. Kaikkein suurin työ tehtiin välipohjien 3D-mallinnuksessa ja niiden 2D-mittapiirustuksien kanssa. Se olikin pohja kaikille tehtäville kokoonpanopiirustuksille. Itse välipohjat eivät ole kovinkaan monimutkaisia, mutta työn sisältämä välipohjien määrä oli niin suuri, että työhön meni siksi suhteellisen pitkä aika. 3D-osamalleja tehtiin noin 100, 2D-mittapiirustuksia noin 80, kokoonpanoja noin 15 ja kokoonpanopiirustuksia noin 15. Lisäksi jokaiseen kokoonpanoon lisättiin Top-Down-menetelmällä 3D-sketsin avulla päävirtajohtimet, joita kertyi yhteensä noin 40 ja kokoonpanopiirustuksiin liittyvä osaluettelo tehtiin Excel-listan muotoon, josta tietoja on helppo käyttää tuleviin tarkoituksiin. Näitä malleja ja piirustuksia tullaan käyttämään myöhemmin tehtävässä valmistusdokumentaatiossa.

Työn aikana opittiin paljon uutta mallintamisesta ja kokoonpanojen teosta. Huomattiin myös, että jotkin asiat olisi kannattanut tehdä toisella tavalla tai aloittaa toisella tavalla. Aluksi, kun kaikki oli uutta ja menetelmät eivät olleet tuttuja, tehtiin vähän turhaa työtä. Asioita olisi kannattanut lähestyä toisella tavalla, jotta lopputulos olisi ollut toivotumpi. Näistä opittiinkin se, että menetelmät kannattaa selvittää ensin, miten aiotaan tehdä ja miten olisi järkevintä tehdä jatkon kannalta.

Suurta päänvaivaa aiheutti se, että jälkeinpäin jouduttiin muuttamaan jo tehtyjä välipohjia jonkin muutosehdotuksen unohduttua valmistuksen puolelta. Kuten aina, eri henkilöiden mielipiteet tehdyistä töistä ovat eriäviä ja sekin aiheutti hieman uudelleenmietintää joissain asioissa. Opinnäytetyön osalta oli myös harmillista ja hieman asioita vaikeuttavaa, että opinnäytetyön ohjaaja VEO:n puolelta vaihtui kahteen kertaan. Tästä huolimatta työt eteneivät hyvin ja lopputulos on miellyttävä.

## **7 JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET**

Yhtenä VEDA5000- pienjännitekojeistoon liittyvänä jatkokehitysmahdollisuutena voisi pitää kokoonpanopiirustusten huomattavasti laajempi läpikäyminen. Tässä työssä läpikäytiin ja tehtiin vain noin 15 esimerkkikokoonpanopiirustusta. Mahdollisten oikeiden kokoonpanojen selvittäminen ja niiden kokoonpanopiirustusten valmistus helpottaisi välipohjien valmistusta ja uusien asentajien opastusta todella paljon kaikkien sovitteiden 3D-kuvien löytyessä järjestelmästä. Läpikäytävä määrä olisi suuri, mutta yrityksen siitä saama hyöty olisi valtava.

## 8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli valmistaa VEDA5000- pienjännitekojeiston välipohjarakenteiden 3D-valmistusdokumentaatio. Työssä tehtyjä välipohjien malleja ja välipohjarakenteiden kokoonpanopiirustuksia tullaan käyttämään myöhemmin tehtävässä valmistusohjeessa, jonka avulla välipohjien valmistus ja uusien asentajien opastus työhön nopeutuu ja helpottuu huomattavasti. Työn aikana läpikäytiin välipohjat ja uudistettiin sekä harmonisoitiin niitä mahdollisuuksien mukaan. Näin saatiin lajimerkkien määrää vähennettyä huomattavasti. Valmiiden välipohjien avulla niistä tehtiin esimerkkikokoonpanopiirustukset lisäämällä pohjiin komponentit ja päävirtajohtimet sekä –kiskot. Työn haastavuus oli välipohjien määrässä, mutta kun työssä päästiin hyvään vauhtiin ja siihen saatiin sopiva rutiini, työt alkoivat sujumaan ja lopputulos oli miellyttävä.

## LÄHDELUETTELO

- /1/ Hietikko, Esa 2007. AutoDesk Inventor. 1.p. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino Oy.
- /2/ Kauppila, Jarmo 2003. Rakenneselostus. Vaasa Engineering Oy.
- /3/ Tuhola, Esa & Viitanen, Kristiina 2008. 3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä. 1.p. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino Oy.
- /4/ Vaasa Engineering Oy 2009. Media. Esitteet ja julkaisut. VEDA5000. [online]. Vaasa. [viitattu 28.04.2010]. Saatavilla [www-muodossa: <URL:http://www.veo.fi/Link.aspx?id=1134591>](http://www.muodossa.com/URL:http://www.veo.fi/Link.aspx?id=1134591).
- /5/ Vaasa Engineering Oy, Organisaatiokaaviot. VeoNET. [online]. Vaasa. [viitattu 11.05.2010]. Saatavilla [www-muodossa: <URL: http://intra.vdom1.veo.intra/About\\_VEO/VEO\\_organizations/Engineering\\_Oy/VEO\\_organisaatio\\_1.4.2010.ppt>](http://intra.vdom1.veo.intra/About_VEO/VEO_organizations/Engineering_Oy/VEO_organisaatio_1.4.2010.ppt)
- /6/ Vaasa Engineering Oy, Vuosikertomus 2008.