

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU  
Muotoilun koulutusohjelma / Teollinen muotoilu

Mikko Kemppainen

KONSEPTISTA TUOTTEEKSI  
Kuntolaitteen osien suunnittelu

Opinnäytetyö 2013

## TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Muotoilu

KEMPPAINEN, MIKKO

KONSEPTISTA TUOTTEEKSI

Kuntolaitteen osien suunnittelu

Opinnäytetyö

66 sivua + 21 liitesivua

Työn ohjaaja

Lehtori Janne Kettula

Toimeksiantaja

David Health Solutions Oy

Lokakuu 2013

Avainsanat

konseptointi, tuotekehitys, tuotteistaminen

Muotoilijan toimenkuvana tuotekehitysprosessissa pidetään usein sen alussa tapahtuvaa uusien ideoiden luomista ja konseptointia. Todellisuudessa muotoilija toimii hyvin usein koko projektin ajan tiiviissä yhteistyössä tuotekehitystiimin kanssa aina valmiin tuotteen julkaisuun saakka.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään David Health Solutions Oy:n Generation Line -kuntolaitemalliston muotoiluprojektia muotoilun ja tuotteistamisen näkökulmasta. Muotoiluprojekti oli osa laajempaa tuotekehitysprojektia, jonka aikana uudistettiin Spine Concept -kuntoutusjärjestelmän laitteiden muotoilu ja tekniset ominaisuudet. David Health Solutions Oy on pitkät perinteet omaava suomalainen kuntolaitteiden valmistaja, joka innovatiivisella toiminnallaan on yksi alan suunnannäyttäjistä. Muotoiluprojektin aikana Generation Line-malliston laitteisiin suunniteltiin ja tuotteistettiin visuaalisia sekä ergonomisia osia. Projekti alkoi konseptoinnista päättyen valmiin tuotteen lanseeraamiseen.

Työn näkökulma oli produktiivinen. Muotoiluprojektin aikana suunnittelija toimi osana tuotekehitystiimiä alkaen konseptoinnista ja päättyen aina osien teknisten sekä tuotannollisten ominaisuuksien kehittämiseen saakka. Projektin aikana syntyi kolme konseptia, joista yksi valittiin tuotteistusvaiheeseen. Tuotteistuksen aikana osista tuotettiin tuotantoon soveltuvat mallit ja joidenkin osien toimintaa testattiin protomalleilla. Opinnäytetyössä esitellään muotoiluprojektin eri vaiheet pääpainon ollessa tuotteistamisessa.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Design

KEMPPAINEN, MIKKO

FROM CONCEPT TO PRODUCT

Design of fitness equipment components

Bachelor's thesis

66 pages + 21 pages of appendices

Supervisor

Janne Kettula, lecture

Commissioned by

David Health Solutions Ltd

October 2013

Keywords

concepting, product development, productization

Designer's job description in the product development process is often regarded as concepting and creating new ideas. In fact, designer works whole process in very tight collaboration with product development team until the new product is ready to be launched.

The object of this thesis is to consider David Health Solutions Ltd's Generation line design project in a product development and productization point of view. Design process was a part of a more comprehensive product development project where David's Spine Concept rehabilitation system's design and mechanic solutions were reformed. David Health Solutions Ltd is an innovative Finnish fitness equipment manufacturer which has long traditions in its field. During the design project visual and ergonomic parts were designed and productized to Generation line fitness equipment collection. Project started from concepting and ended up to launching the new collection.

The objective of the thesis was productive. During the design project designer worked as a member of the product development team starting from concepting and ending up to developing technical and production features. Results of the project were three concepts which one was chosen for further productization. Within productization designed parts were developed to models which were ready for production. Some of parts were tested by prototyping. In this thesis whole design process is described with emphasis on the productization.

# SISÄLLYS

KESKEISET KÄSITTEET	5
1 JOHDANTO	8
1.1 David Health Solutions Oy	9
1.2 Muotoiluprojektin tavoitteet	10
2 TYÖN RAJAUS	
2.1 Tutkimuskysymys ja viitekehys	11
2.2 Tutkimusmenetelmät	12
2.3 Projektin kulku	12
3 KONSEPTIT	14
3.1 Konseptoinnin lähtökohdat	14
3.2 Konseptoinnin rajaus	16
3.2.1 Suojakotelointi	16
3.2.2 Liikevarren navansuoja	17
3.2.3 Vastuksen valitsimen nuppi	18
3.3 Konseptoinnin tulokset	19
3.3.1 Kaarevalinjainen konsepti	20
3.3.2 Pyöreälinjainen konsepti	21
3.3.3 Suoralinjainen konsepti	22
4 VALITUN KONSEPTIN TUOTTEISTAMINEN	24
4.1 Suojakotelointi	24
4.1.1 Levyjen ja kopan muodon viimeistely	26
4.1.2 Koteloinnin sovitus ja kiinnitys runkoon	30
4.1.3 Painopakan uran muotoilu ja sovitus	34
4.1.4 Sähkömuuntajan sovitus takalevyyn	36
4.1.5 David-logon asemointi	37
4.1.6 Suojalevyjen aukotukset ja muodon leikkaus	39
4.1.7 Valmistajan valinta	40
4.1.8 Koesarja	40

4.2 Vastuksen valitsimen nuppi	41
4.3 Liikevarren navan suoja	43
4.4 Liikeradan asteikkolevy	46
4.5 Istuimen muotoilu G140 -laitteeseen	48
4.5.1 Ergonomiamallien valmistus	49
4.5.2 Istuimen rungon protomallin valmistus	50
5 VALMIIT OSAT	53
5.1 Suojakotelointi	53
5.2 Vastuksen valitsimen nuppi	54
5.3 Liikevarren navansuoja ja asteikkolevy	56
5.4 Istuin G140-laitteeseen	57
6 LOPPUSANAT	58
LÄHTEET	61
KUVALUETTELO	64
LIITTEET	
LIITE 1. Future Line -malliston laitteet ja infokioski	
LIITE 2. Generation Line -projeketin aikataulu	
LIITE 3. Moodboardit	
LIITE 4. Muuntajakotelon protomallin valmistus	
LIITE 5. Logon sijoitusvaihtoehdot takalevyyn	
LIITE 6. Ensimmäiset suojalevyjen protomallit ja niiden valmistus	
LIITE7. Vastuksen valitsimen nupin protomallien valmistus	
LIITE 8. Liikevarren navansuojan protomallien valmistus	
LIITE 9. Istuimen ergonomiamallit	
LIITE 10. Muotopuristeen valmistus istuimen runkoon	
LIITE 11. Istuimen rungon muodon jyrshintä	

## KESKEISET KÄSITTEET

### **CAD, computer aided design**

Computer aided design tarkoittaa tietokoneella suunnitteluohjelmien avulla suoritettavaa piirtämistä. Ohjelmien avulla luodaan geometrisiä malleja, joita apuna käyttäen lopullinen tuote voidaan valmistaa,

### **CNC-koneistus, CNC-machining**

CNC tarkoittaa tietokoneistettua numeerista ohjausta. (computer numerical control) Sen avulla työstökoneita voidaan ohjata tietokoneella numeerisesti. (Voutilainen et al. 2002, 113.)

### **Konseptointi, concepting**

Konseptointi on uuden tuotteen ominaisuuksien määrittämistä ja näkyväksi tuomista. Konseptoinnin tuloksena syntyy likimääräinen kuva uudesta tuotteesta ja sen tuottamista hyödyistä. (Kettunen 2000, 56.)

### **Pikamallinnus, rapid prototyping**

Pikamallitekniikalla voidaan tuottaa nopeasti ja helposti malleja ja protokappaleita CAD-ohjelmilla luotuja geometrioita apuna käyttäen. Fyysinen kappale valmistetaan yleensä 3D-tulostimella, joka rakentaa mallin ohuista materiaalikerroksista.

### **Ratkaiseva konseptointi, solving concepting**

Ratkaisevassa konseptoinnissa suunniteltava tuote on jo tiedossa ja se on päätetty sijoittaa yrityksen tuoteportfolioon. Sitä käytetään yleensä tuotekehitysprojektin sisällä, kun haetaan kokonaisratkaisuja ja tarkennetaan teknisiä sekä muotoilullisia näkökulmia. (Kokkonen 2005, 19)

### **Reaktioruiskuvalu, reaction injection moulding**

Reaktioruiskuvalussa polymeerin keskenään reagoivat lähtöaineet sekä tarvittavat apuaineet sekoitetaan ennen muottiin ruiskutusta. Verrattuna ruiskupuristukseen valmistusmenetelmä on edullisempi matalien muottikustannusten takia. Menetelmää käytetään enimmäkseen polyuretaanituotteiden valmistukseen. (Muovimuotoilu 2013.)

### **Tuotekehitys, product development**

Tuotekehitys on toimintaa, jonka tavoitteena on synnyttää yritykselle uusi tuote tai kehittää jo olemassa olevaa tuotetta. Tuotekehitys on monivaiheinen prosessi, ja erään määrittelyn mukaisesti se voidaan jakaa neljään osaan: käynnistämiseen, luonnosteluun, kehittämiseen ja viimeistelyyn. (Jokinen, 2010.)

### **Tuotteistaminen, productization**

Tuotteistaminen tarkoittaa prosessia, jossa asiantuntemuksella ja osaamisella ideasta jalostetaan myynti-, markkinointi- toimituskelpoinen tuote tai palvelu (Parantainen 2007, 11).

### **Tyhjiömuovaus, vacuum forming**

Tyhjiömuovauksella suora muovilevy voidaan muokata halutun muotoiseksi lämmön, muotin ja alipaineen avulla (Kurri at al. 1999, 124).

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tilaaja oli kuntolaitevalmistaja David Health Solutions Oy. Työn aiheena oli Generation Line -kuntolaitemalliston visuaalisten ja ergonomisten osien suunnittelu sekä tuotteistaminen. Muotoiluprojekti koostui konseptoinnista ja valitun konseptin tuotteistamisesta. Työssä lähestytään aihetta erityisesti tuotteistamisen näkökulmasta. Siinä käydään aluksi lyhyesti läpi konseptointivaihe ja esitellään luodut konseptivaihtoehdot, jonka jälkeen pureudutaan valitun konseptin tuotteistamiseen. Projekti käynnistyi syyskuussa 2012 ja päättyi huhtikuun 2013 alussa.

Muotoiluprojekti oli osa Generation Line -tuotekehitysprojektiä, jonka aikana David Health Solutions Oy:lle luotiin uusi Spine Concept -laitemallisto. Projektin aikana niin laitteiden tekniikka kuin ulkonäkö uudistettiin. Tuotekehitysprojekti oli käynnistynyt jo ennen muotoiluprojektin alkua. Tuotekehitys on teollisen muotoilun, valmistuksen, markkinoinnin ja teknisen kehityksen yhteistyötä teollisessa toimintaympäristössä ja sen tavoitteena on taloudellisesti menestyvä tuote. (Kettunen 2000, 46) Tuotekehityksen avulla voidaan vanhasta tuotteesta tehdä uusi myyntimenestys. Tuotekehityksen suurin haaste on, että siihen käytetyt investoinnit voivat maksaa itsensä takaisin vasta vuosien kuluttua. (Sounio 2010, 137.)

Suunnittelun kohteena olleet laitteet kuuluivat Davidin kehittämään Spine Concept -kuntoutusjärjestelmään, jonka avulla hoidetaan ja ennaltaehkäistään selän ja niskan sairauksia. David Spine Concept on kattava testaus- ja hoitokonsepti selän sairauksiin ja toimintahäiriöihin. Konseptin teho perustuu tarkasti ohjattuihin harjoitusliikkeisiin ja kuormituksiin. Yksilöidyt harjoitusohjelmat suunnitellaan asiakkaille tehtyjen kysymysten, fyysisten mittausten ja testien perusteella. Konsepti on kehitetty turvalliseen ja tehokkaaseen harjoitteluun, joka kehittää niskan ja selän liikkuvuutta ja voimaa. (David 2013a) Generation Line -mallisto korvasi vanhan, Future Line -malliston. (LIITE 1)

Spine Concept -mallisto koostuu kuudesta laitteesta, joilla harjoitetaan selän ja niskan lihaksia. Laitteet koostuvat samanlaisesta perusrungosta, jossa sijaitsee muun muassa painopakka ja liikemekanismit. Painopakka koostuu metallilevyistä, jotka on pinottu päällekkäin ja niiden avulla määritellään haluttu harjoitusvastus. Liikemekanismien välityksellä haluttu harjoitusvastus kohdistetaan harjoitettavaan lihasryhmään. Harjoit-



telua ohjaa tietokoneohjattu EVE-ohjelmisto, (eValuated Exercise) johon määritellään harjoittelun alkaessa yksilöllisesti liikeradat, liikenopeus, harjoitusvastus sekä toistomäärät. EVE-ohjelmisto on pilvipalvelimella toimiva sovellus, jonka avulla voidaan seurata ja ohjata asiakkaiden harjoittelua. EVE-ohjelmiston hyöty on myös siinä, että asiakkaiden tekemistä harjoituksista saadaan dataa ympäri maailmaa kaikilta David Spine Concept -klinikoilta. Kerättyjen tietojen avulla muodostetaan tilastoidut tutkimustulokset, joilla voidaan todistaa esimerkiksi vakuutusyhtiöille systeemin tehokkuus. Vertailemalla eri klinikoiden tuloksia voidaan myös seuloa kaikkein tehokkaimmat harjoitusohjelmat ja niitä voidaan tämän jälkeen suositella käytettäväksi kaikilla klinikoilla. (David 2013b.)

Kaikki kuntolaitteet ovat yhteydessä niin kutsuttuun infokioskiin, joka taas on yhteydessä palvelimella toimivaan pilvipalveluun. Infokioskin tarkoitus on, että sillä laaditaan yksilökohtaiset harjoitusohjelmat kullekin asiakkaalle. Asiakkaat myös rekisteröityvät jokaisella käyntikerralla RFID-lukijan avulla infokioskiin, jonka jälkeen he voivat aloittaa harjoittelun.

## 1.1 David Health Solutions Oy

David Health Solutions Oy on ollut 1980-luvun alusta lähtien edelläkävijä vastuksilla toimivien kuntolaitteiden suunnittelussa ja valmistuksessa. Nykyään monet kuntolaitteissa itsestäänselvät ominaisuudet ovat Davidin tuotekehityksen tulosta. Nykypäivänä David toimii edelleen suunnannäyttäjänä käyttäen viimeisintä informaatio-teknologiaa kehittäessään kuntouttavia ja ennaltaehkäiseviä laitteita. Yritys tarjoaa monipuolisen kattauksen erilaisia kuntolaitteita niin vammojen kuntoutukseen kuin niiden ennaltaehkäisyyn. (David 2013c.)

Alkusysäyksensä yritys sai, kun toimitusjohtaja Arno Parviainen vieraili 17-vuotiaana kuntolaittevalmistaja Nautiluksen tiloissa Floridassa vuonna 1971. Tuolloin hän kiinnostui kuntolaitteharjoittelusta ja siitä inspiroituneena kehitti itse kolme kuntolaitetta ja palasi ideoidensa kanssa Floridaan tarkoituksenaan pyrkiä yhteistyöhön Nautiluksen kanssa. Nautiluksen johtaja oli kuitenkin kiireinen ja hän pyysi palaamaan parin vuoden kuluttua asiaan. Näin Parviainen tekikin, mutta johtajalta ei edelleenkään löytynyt hänelle aikaa. Tämän seurauksena Arno päätti aloittaa laitteiden valmistuksen itse

Suomessa. Käytyään kaupallisen koulutuksen hän perusti yrityksen vuonna 1981 ja ensimmäinen mallisto julkaistiin vuoden 1982 keväällä. (David 2013d.)

Ensimmäiset laitteet osoittautuivat menestykseksi, koska niissä oli uudenlainen toimintaperiaate verrattuna muihin markkinoilla oleviin laitteisiin. Yritys päätti keskittyä 1980-luvun lopulla kuntouttaviin laitteisiin ja 1990-luvun alussa he julkaisivat alalla vallankumouksellisen selkälaitteen, joka mahdollisti harjoittelun kohdistamisen tarkemmin selkärangan nikamiin. Myöhemmin yksi laite laajeni neljän laitteen kokonaisuudeksi, joka keskittyi selän ja niskan kuntoutukseen. (David 2013d.)

Hektinen elämäntapa sai Parviaisen vetäytymään alalta 1990-luvun loppupuolella ja Davidin saksalainen jälleenmyyjä Friedeman Uhl jatkoi yrityksen toimintaa. Toimituaan kymmenen vuotta konsultointitehtävissä, Parviainen päätti hankkia yrityksen takaisin. (David 2013d.)

## 1.2 Muotoiluprojektin tavoitteet

Generation Line -muotoiluprojektin tavoite oli uudistaa Spine Concept -laitemalliston ulkonäkö ja tekniikka vastaamaan nykypäivän vaatimuksia. Laitemallistosta haluttiin suhteessa toisiinsa mahdollisimman yhteneväinen, moderni sekä helposti ja edullisesti valmistettava. Mallisto on suunnattu pääsääntöisesti kuntoutuskäyttöön, joten laitteiden haluttiin myös viestivän medikaalisuutta ja puhtautta. Lisäksi muotoilussa toivottiin säilytettävän jotain, joka muistuttaa vanhoja laitteita. Laitteiden perustekniikka ja runko oli jo muotoiluprojektin alkaessa valmiina, mutta siihen saattoi tehdä mahdollisuuksien rajoissa muutoksia.

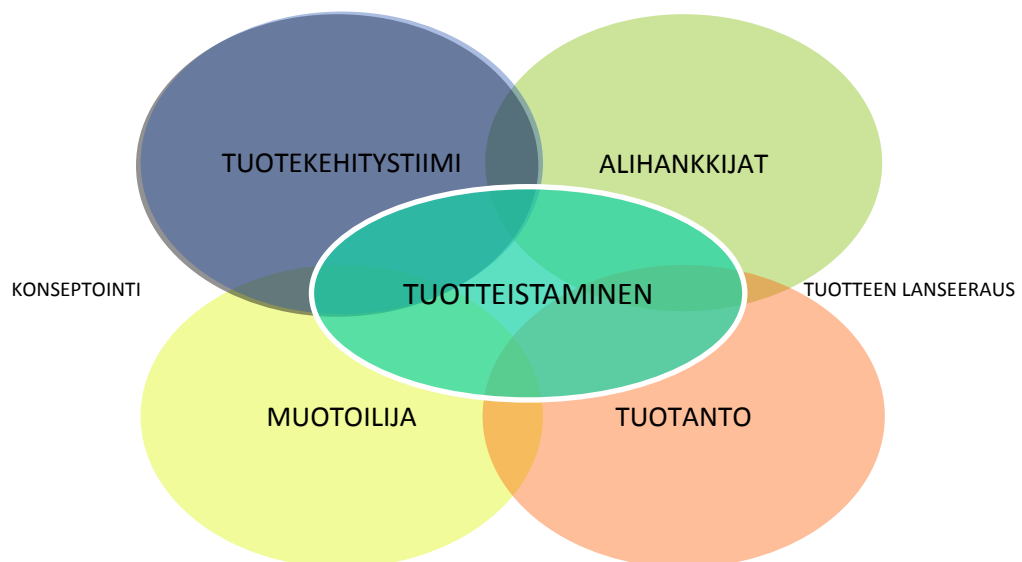
## 2 TYÖN RAJAUS

Tässä opinnäytetyössä keskitytään David Health Solutions Oy:n uuden Generation Line –kuntolaitesarjan visuaalisten ja ergonomisten osien suunnitteluun ja tuotteistamiseen. Työssä selvitetään, kuinka konseptitason suunnitelmasta kehitetään tuotantoon soveltuvat tuotteet. Suunniteltavat osat ovat rungon suojalevyt, vastuksen valitsimen nuppi ja liikevarren navan suoja.

## 2.1 Tutkimuskysymys ja viitekehys

Tutkimuskysymykseksi muodostui: Kuinka konseptisuunnitelma kehittyy tuotekehitysprosessissa tuotantovalmiiksi tuotteeksi? Työn aikana selvitettiin, kuinka konseptoinnin tuloksena syntyneet ideat ja visualisoinnit muutetaan konkreettisiksi suunnitelmiksi ja lopulta valmiiksi tuotteeksi. Projektin aikana käytiin läpi tuotekehitysprosessin eri vaiheet.

Viitekehyksessä on esitetty projektin keskeiset toisiinsa liittyvät tekijät. Siinä on eritelty laajoja asiakokonaisuuksia, jotka ovat tiiviisti sidoksissa toisiinsa tuotteistamisen aikana. Viitekehys (kuva1) on toteutettu kehämallilla, jossa keskellä on tutkittava aihe ja ympärillä siihen vaikuttavat tekijät. (Anttila 1996, 97.)



Kuva 1. Viitekehys

Viitekehysten keskiössä on tuotteistaminen ja sen ympärillä ovat siihen osallistuvat tahot. Tuotteistaminen tapahtui tiiviissä yhteistyössä muotoilijan, tuotekehitystiimin, tuotannon sekä alihankkijoiden kanssa. Projektin alkuvaiheessa tapahtuneeseen konseptointiin ja sen arviointiin osallistuivat tuotekehitystiimi ja muotoilija. Siirryttäessä projektin tuotteistamisosioon muotoilija, tuotekehitystiimi, tuotanto ja alihankkijat toimivat yhteistyössä ratkaisten eteen tulevia ongelmia. Tiiviin yhteistyön ansiosta iteraatiokierrokset pystyttiin pitämään nopeina ja tehokkaina. Projektin edetessä lähemmäs tuotteen lanseerausta tuotteistamisen vastuu siirtyi tuotekehitystiimiltä ja muotoilijalta kohti alihankkijoita sekä tuotantoa.

## 2.2 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyö oli produktiivinen ja sen tutkimusmenetelmäksi muotoutui luontevasti toimintatutkimus. Toimintatutkimuksessa suunnittelija on tyypillisesti tiiviissä yhteistyössä kaikkiin projektin osallisiin ja sen avulla voidaan järjestelmällisesti selvittää ongelmanratkaisutilanne. Suunnittelija toimii prosessin aikana informaation välittäjänä siirtäen projektin muille jäsenille tietoa, uusia ajatuksia sekä ongelmanratkaisumalleja. Muotoilun näkökulmasta toimintatutkimus tarjoaa mahdollisuuden tarkastella tehtävää vuorotellen niin suunnittelun kuin valmistuksenkin näkökulmasta (Anttila 1998, 320-321). Tiedonhankinnassa käytettiin osallistuvaa havainnointia, jossa tutkija toimi aktiivisessa sosiaalisessa vuorovaikutuksessa projektiin osallistuvien tahojen kanssa. (Tuomi & Sarajärvi 2002, 84.)

Toimiessaan osana tuotekehitystiimiä suunnittelija toimi myös osana tuotantolähtöistä tuotekehitysprojektia. Siinä otetaan huomioon suunniteltavan tuotteen teknologinen systeemi ja sitä pyritään hyödyntämään mahdollisimman tarkasti. Teknologisella systeemillä tarkoitetaan esimerkiksi sitä tuotteen perusrakennetta, johon on käytetty voimakkaasti tuotekehityksen resursseja. Tällaisia tuotteita ovat esimerkiksi tietotekniikka käyttävät laitteet. Konseptoinnin lähtökohtana käytetään annettua systeemiä. (Kettunen 2000, 49.)

## 2.3 Projektin kulku

Muotoiluprosessi voidaan jakaa karkeasti kahteen osaan, esisuunnittelun ja toteutukseen. Esisuunnittelun aikana määritellään tulevan tuotteen ominaisuudet ja vaatimukset mahdollisimman tarkasti. Samassa yhteydessä määritellään projektin tavoitteet ja aikataulut sekä suoritetaan tehtävänjako. Tämän jälkeen muotoilija tekee tahollaan erilaisia ehdotuksia tuotteen ulkonäöstä ja ominaisuuksista piirtämällä ja visualisoimalla joko tietokoneella tai käsin. Kun kaikista osatekijöistä on saavutettu haluttu kokonaisuus, voidaan siirtyä toteutusvaiheeseen. Toteutusvaiheessa muotoilija toimii yhteistyössä tuotannon kanssa ja toimittaa tarvittavat piirustukset ja tekniset kuvat, jotka liittyvät esimerkiksi tuotteen ulkonäköön ja käyttöohjeisiin. Muotoilijan projektin aikana muodostunutta kuvaa tuotteesta ja sen ominaisuuksista voidaan käyttää hyödyksi myös tuotekehitysprojektin loppuvaiheessa. (Lehtinen 1994, 48–50.)

Generation Line -muotoiluprojekti käynnistyi aloituspalaverilla Davidin tehtaalla Outokummussa syyskuussa 2012. Tapaamisen aikana käytiin läpi sen hetkinen tilanne tuotekehitysprojektissa ja määriteltiin tavoitteet muotoiluprojektin osalta sekä käytiin läpi tilaajan toiveita ja näkemyksiä. Projekti oli aikataulullisesti saatava valmiiksi huhtikuun 2013 alkuun mennessä, jolloin laitteet julkistettiin FIBO-messuilla. FIBO-messut ovat terveyden ja hyvinvoinnin suurin tapahtuma Euroopassa ja ne järjestetään vuosittain Kölnissä, Saksassa.

Tapaamisen jälkeen oli puolitoista kuukautta aikaa seuraavaan tapaamiseen, jossa esiteltiin kolme erilaista konseptia. Tänä aikana suoritettiin muotoilijan toimesta aiheeseen perehtyminen, taustatutkimus sekä konseptointi. Konseptikatselmuksen jälkeen valittiin yksi konsepti jatkokehitykseen. Jatkokehitys aloitettiin tärkeimmästä osaluueesta eli rungon suojakotelon suunnittelusta. Suojakotelon muotoilu oli saatava mahdollisimman nopeasti valmiiksi, jotta alihankkijan etsimiselle ja osien valmistamiselle jäisi riittävästi aikaa. Johtuen pitkistä välimatkoista tuotekehityksen, muotoilijan sekä yrityksen johdon kanssa, päätettiin kehitystyötä jatkaa siten, että suunnitteluun liittyvistä asioista käytiin keskustelua internetissä Davidin omalla BaseCamp-projektinhallintatyökalulla. BaseCamp on pilvipalveluna toimiva alusta, jossa projektiin liittyvät tiedostot ja keskustelut voidaan jakaa kaikkien osallistujien kesken.. Lisäksi sovituin väliajoin käytiin Skype-videopuheluita muotoilijan, tuotekehitysinsinöörin ja yrityksen johdon kanssa. Näiden toimenpiteiden ansiosta iteraatiokierrokset pystyttiin pitämään nopeina ja tehokkaina pitkistä välimatkoista huolimatta. Seuraavaksi fyysiseksi tapaamiseksi sovittiin joulukuun 2012 loppu, jolloin suunnitelmat suojakotelosta oli tarkoitus olla valmiina. Tavoite valmiista suunnitelmasta ei täysin toteutunut ja kehitystyötä jouduttiin jatkamaan tammikuussa 2013. Tammikuun 2013 puolessa välissä suunnitelma suojakotelosta saatiin valmiiksi ja sen valmistuksesta alettiin pyytää tarjouspyyntöjä.

Muotoilijan resurssien vapauduttua suojakotelon suunnittelusta voitiin keskittyä vastuksen valitsimen sokan pään sekä liikevarren navansuojan suunnitteluun. Näidenkin osien kohdalla suunnittelun ja yhteydenpidon apuvälineenä käytettiin BaseCamp-projektinhallintatyökalua. Osien suunnittelu kulki rintarinnan tammi-maaliskuussa 2013 siten, että messuille valmistuneisiin laitteisiin tehtiin lopuksi Kymenlaakson ammattikorkeakoulussa protomallit pikamallitekniikalla.

Tammi-helmikuun 2013 vaihteessa otettiin vielä suunnitteluun istuin G140-laitteeseen ja liikeradan asteikkolevy kaikkiin laitteisiin. Liikeradan asteikkolevystä tehtiin 3D-mallinnus helmikuussa 2013, jonka pohjalta tuotekehitysinsinöörit modifioivat levyt eri laitteisiin sopiviksi. Istuimesta tehtiin helmi-maaliskuussa 2013 useita ergonomiamalleja ja lopulta protomalli messulaitteisiin. Liitteessä 2 on kuvattu graafisesti tuotekehitysprojektin suunniteltu aikataulu.

### 3 KONSEPTIT

Konseptoinnin tarkoitus on luoda markkinoille uusia ja innovatiivisia tuotteita. Konseptointia voidaan tehdä ilman suoraa tavoitetta tuotannon ohjeistamisesta tai ilman painetta tuotannon vaatimuksista. Konseptoinnilla ei pyritä välttämättä suoraan ratkaisemaan suunnitteluongelmaa vaan sen avulla pystytään ohjaamaan suunnittelua oikeaan suuntaan. Lupa epäonnistua kuuluu konseptisuunnittelun ominaispiirteisiin. (Keinonen 2003, 28-30.) Konseptointi voidaan jakaa neljään kategoriaan, joista kaksi tähtäävät pidemmälle tulevaisuuteen ja kaksi muuta ovat määrittelevää (defining) sekä ratkaisevaa (solving) konseptointia. Tässä projektissa keskityttiin ratkaisemaan kesken olevan tuotekehitysprojektin ongelmia ratkaisevalla konseptoinnilla. Haettaessa sopivaa kokonaisratkaisua, ratkaisevaa konseptointia voidaan käyttää kehitystyön apuna, jotta tekniset ja muotoilulliset näkökulmat voidaan tarkentaa. (Kokkonen et al. 2005, 17 – 19).

#### 3.1 Konseptoinnin lähtökohdat

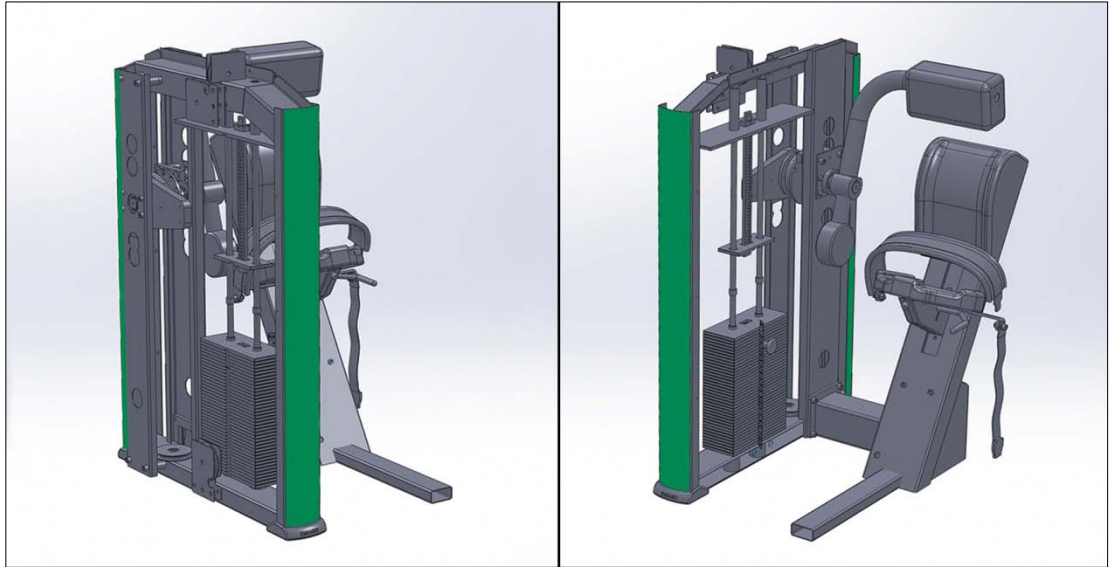
Hyvän pohjatyön merkitystä ei voi korostaa tarpeeksi. Asiakkaan tarpeisiin vastaaminen edellyttää, että asiakkaan tarpeet ja toiveet tunnetaan. (Vuokko 1997, 81) Asiakastapaamisissa sekä tutkimustyön avulla saadut signaalit on tällöin helppo muuttaa konkreettisiksi ehdotuksiksi.

Asiakas, David Health Solutions Oy toivoi toimeksiannossaan ensinnäkin, että laitteet viestivät puhtautta ja medikaalisuutta, koska asiakaskunta koostuu pääasiassa kuntoutuslaitoksista. Toiseksi toivottiin, että jo olemassa oleviin teknisiin ratkaisuihin ei jouduttaisi ainakaan suurissa määrin tekemään muutoksia. Kolmanneksi laitteiden toivottiin näyttävän moderneilta ja puhdaslinjaisilta. Väriksi oli valittu epävirallisesti kiiltävä valkoinen, mutta siihen oli vielä mahdollista tehdä erilaisia ehdotuksia.

Yhtenä tärkeänä asiana nousi myös esille seikka, että vaikka oltiin luomassa uutta mallistoa, haluttiin siinä olevan elementtejä, jotka liittävät laitteet mielikuvaan Davi-  
din aiemmasta muotoilusta. Liian radikaaleilla muutoksilla asiakaskunta voidaan säi-  
käyttää ja yrityksen tunnistettavuus voisi kärsiä. Esimerkiksi Volvon tuotekehitysyk-  
sikkö oli tehnyt 1990-luvulla päätöksen muuttaa automallien muotoilua laatikkomai-  
sesta muotoilusta pyöreälinjaiseen muotoiluun. Muutosta ei kuitenkaan voitu tehdä  
kerralla, vaan kuluttajat totuteltiin muutokseen useilla välivaiheilla 1990-luvun loppu-  
puolella. Vasta 2000-luvun alussa suunnitellut muutokset oli tuotu täysimittaisesti  
markkinoille. (Keinonen 2003, 174 – 188.)

Konseptoinnin taustatietona käytettiin seminaarityönä (Kemppainen 2012) tehtyä tut-  
kimusta, jossa selvitettiin kuntosalikäyttäjien kokemuksia ja mielipiteitä David Health  
Solutions Oy:n aikaisemmista tuotteista. Tutkimuksessa selvitettiin, kuinka käyttäjät  
kokivat olemassa olevat laitteet niin käytettävyyden kuin muotoilun osalta. Lisäksi  
tutkimuksella pyrittiin linjaamaan muotoilullisia suuntia konseptoinnin tueksi. Tutki-  
muksessa selvitettiin myös laitteita käyttäviä asiakkaita ohjaavien fysioterapeuttien  
kokemuksia ja näkemyksiä laitteiden nykytilasta ja mahdollisista ongelmista. Tutki-  
muksen tavoitteena oli siis ensinnäkin selvittää mahdolliset ongelmakohdat nykyisissä  
laitteissa ja toiseksi hakea muotoilullisia linjoja. Tutkimuksen tärkein päämäärä oli  
suunnittelijan syvällinen perehtyminen suunnittelun kohteena olevaan aiheeseen.

Konseptoinnin fyysinen lähtökohta oli 3D-malli G110-laitteen rungosta, jossa oli  
huomioitu mitoituksia koskevat rajoitukset. (Kuva 2) Kaikkien laitteiden rungot olivat  
samanlaisia, joten suunnittelemalla yhdelle laitteelle suojakotelo, saatiin se hyödyn-  
nettyä kaikissa laitteissa.



Kuva 2. G110-laitteen runko

3D-mallissa oli myös nähtävissä rungon molemmissa reunoissa olevat U-teräsprofiilit, jotka haluttiin säilyttää muistuttamassa vanhasta mallistosta. Profiilit toimivat myös rungon tukirakenteena, jolloin niiden säilyttäminen oli hyvin perusteltua. Kuvassa 2 U-profiilit on merkitty vihreällä värillä.

### 3.2 Konseptoinnin rajaus

Visioivasta konseptoinnista poiketen suunnittelu oli suhteellisen tiukasti rajattu. Teh-tävänannossa käytiin yksityiskohtaisesti läpi kohdat, joihin toivottiin ehdotuksia. Näin ollen konseptoinnin laaduksi muodostui ratkaiseva konseptointi. Projektissa käytettyä konseptointimallia voidaan kutsua myös määritteleväksi konseptoinniksi. Sen tavoitteena on luoda tulevasta tuotteesta kuvaus, jonka perusteella yksityiskohtainen suunnittelu voidaan suorittaa. (Keinonen 2003, 41) Seuraavissa luvuissa on kuvattu osa-alueet joihin konseptoinnilla haettiin ratkaisuja.

#### 3.2.1 Suojakotelointi

Suojakotelointi koostuu muovista tyhjiömuovaustekniikalla valmistuista kappaleista, jotka peittävät kuntolaitteen rungon sisällä olevat osat. Suojakoteloinnin tärkein ominaisuus on estää pääsy laitteen liikkuviin osiin ja näin ollen parantaa turvallisuutta. Suojakoteloiden toinen tärkeä ominaisuus on peittää kaikki epäoleelliset elementit, koska harjoittelun kannalta ei ole tarpeellista nähdä mitä laitteen sisällä tapahtuu.



(Parviainen 5.9.12). Kolmas, vähintään yhtä tärkeä merkitys suojakoteloinnilla on laitteen ulkonäön muokkaamisessa halutun kaltaiseksi.

Projektin alkaessa suojakoteloinnista oli olemassa työversio, johon toivottiin parannusta. Insinöörimäisen muotoilun rinnalle haluttiin vaihtoehtoja, joilla voitaisiin erottaa kilpailijoista. Kotelointi koostui kolmesta eri osasta, etulevystä, takalevystä ja koppasta. (Kuva 3)



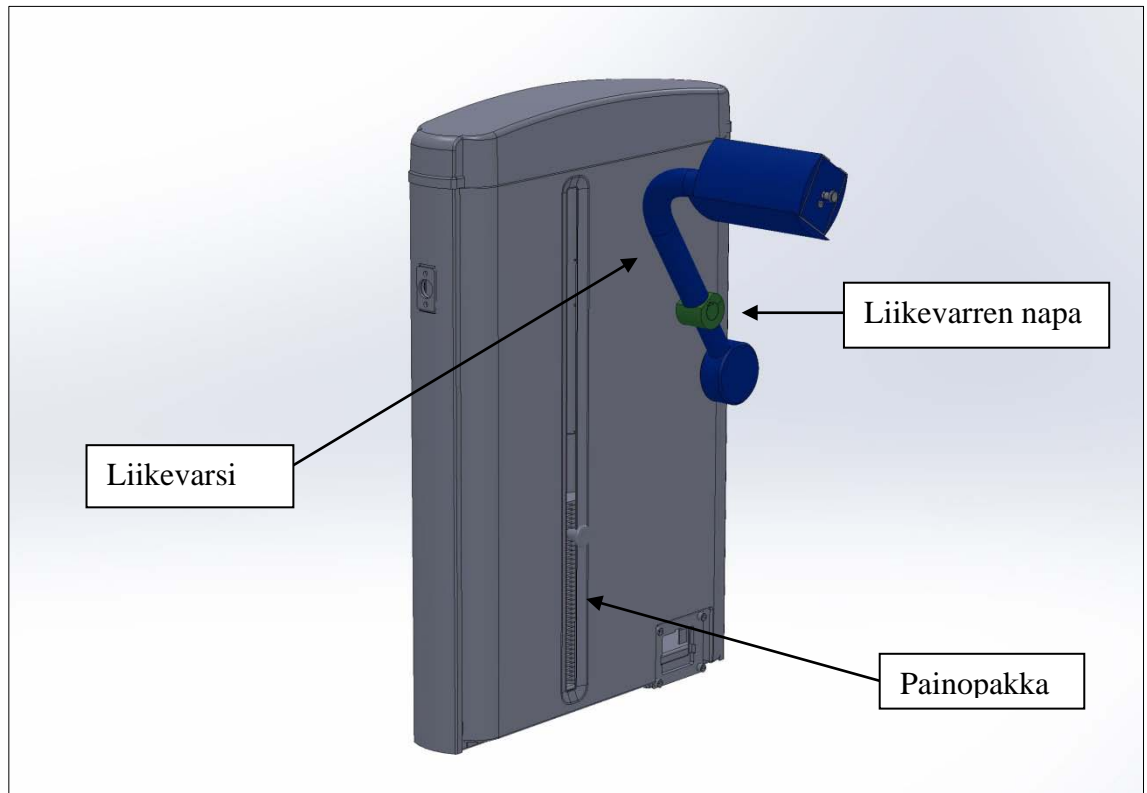
Kuva 3. Suojalevyjen työversiot

Kuvassa 3 on esitetty työversio suojakoteloinnista, joka olivat projektin alkaessa valmiina. Vasemmalla puolella on esitetty takalevy ja oikealla puolella etulevy. Rungon koppaa ei vielä tässä vaiheessa ollut suunniteltu. Koppa on rungon päälle tuleva kotelo, joka peittää rungon yläosan. Erityistä huomiota vaati takalevyssä ollut kohouma, joka johtui siitä, että rungon liikemekanismi ylitti varsinaisen rungon ääri­mitat. Takalevyssä olleesta laatikkomaisesta kohoumasta haluttiin päästä eroon.

### 3.2.2 Liikevarren navansuoja

Tässä työssä liikevarren navansuojalla tarkoitetaan kuppimaista koteloa, jolla piilote­taan rumalta näyttävä kiinnitysmekanismi. Liikevarsi on väline, jolla välityksellä painopakan kuorma siirretään harjoituksen kohteena olevaan lihasryhmään. Varsi liikkuu akselinsa ympärillä edestakaisin siten, että liikeradan toiseen suuntaan mentäessä varressa syntyy painopakan nostamisesta aiheutuva vastus ja toiseen suuntaan mentäessä

painopakan laskemisesta syntyvä vastus. Kuvassa 4 kuvataan visuaalisesti liikevarren, painopakan ja liikevarren navan sijainti laitteessa.



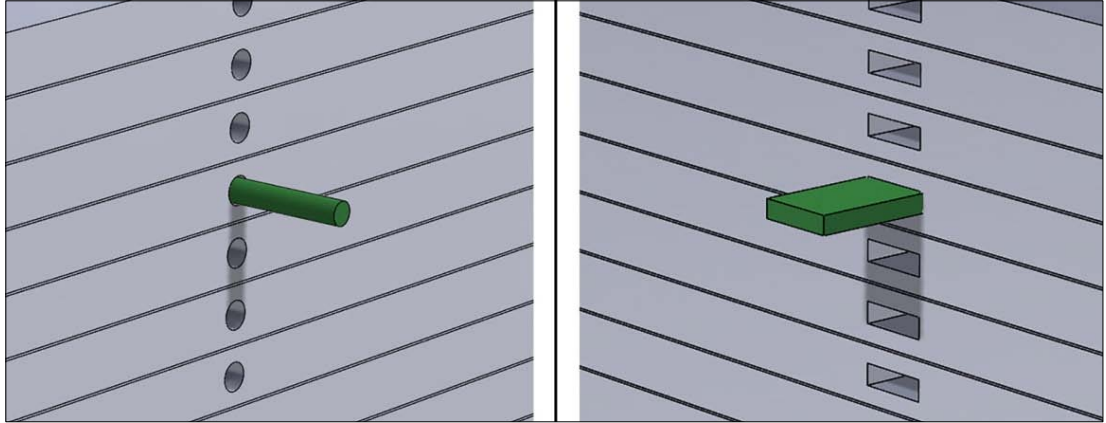
Kuva 4. Liikevarren sekä liikevarren navan sijainti

Navansuojalla on navan peittämisen lisäksi toinen tärkeä funktio. Laitteella harjoiteltaessa joudutaan valitsemaan liikevarrelle erilaisia lähtökulmia, joiden on oltava tarkasti määriteltävissä. Lähtökulmat määritellään liikevarren akselin ympärillä olevan asteikkolevyn perusteella. Liikevarren napa liikkuu samassa suhteessa kuin itse liikevarsi, jolloin navan ympärille tulevaan suojaan voidaan liittää käytössä olevaa asteikkulmaa osoittava indikaattori.

### 3.2.3 Vastuksen valitsimen nuppi

Vastuksen valitsin on tavallisesti pyöreä metallinen tappi, jonka avulla valitaan haluttu vastus harjoittelulle. Yleisesti ottaen kuntolaitealalla valitsimen pää on ollut standardiosa ja samanlainen osa on voinut olla käytössä jopa eri valmistajilla. Uusiin laitteisiin oli suunniteltu uudenlainen, litteä vastuksen valitsin, jonka ansiosta painopakasta saatiin stabiilimpi. Painopakkauudistuksen ohella ajankohtaiseksi nousi vastuksen valitsimen nupin uudistaminen sellaiseksi, että sen avulla laitteiden valmistaja on tunnis-

tettävissa. Vastuksen valitsimen nuppi on tartuntapinta, josta laitteen käyttäjä ottaa kiinni valitessaan harjoituskuormaa. Kaikki käyttäjät tulevat kiinnittämään huomionsa tähän osaan, joten sen on myös hyvä alusta viestiä laitteen valmistajasta. Kuvassa 5 on havainnollistettu pyöreän ja litteän valitsimen erot.



Kuva 5. Vanha ja uusi vastuksen valitsin.

### 3.3 Konseptoinnin tulokset

Seminaarityönä kuntolaitteita käyttäville asiakkaille tehdyssä kyselyssä selvitettiin vastaajien mieltymyksiä muotoilun suhteen kolmen erilaisen moodboardin avulla, jotka on esitelty liitteessä 3. Ensimmäisessä moodboardissa yhdistyivät pyöreät muodot teräviin taitoksiin luoden jopa dramaattista vaikutelmaa. Tämän moodboardin pohjalta syntyi konsepti ”Kaarevalinjainen”. Toisessa moodboardissa muotokieli on hyvin pyöreä ja lämmin luoden turvallista vaikutelmaa. Toisen moodboardin pohjalta syntyi konsepti ”Pyöreälinjainen”. Kolmannen moodboardin muotokieli on hyvin suoraviivainen ja raikas. Tämän moodboardin pohjalta syntyi konsepti ”Suoralinjainen”. Kyselyssä moodboardeista saadut palautteet toimivat apuvälineenä valittaessa jatkokehitykseen menevää konseptia. Kyselyyn ja konseptointiin käytettävissä ollut aika oli rajallinen ja niitä jouduttiin tekemään rinnakkain. Tämän vuoksi suunnittelussa päädyttiin ratkaisuun, jossa kaikista moodboardeista tehtiin vastaavalla muotokielellä oleva ehdotus asiakkaalle ja kyselyn tulokset toimivat apuna päätöstä tehtäessä. (Kempainen 2012, 16–18.)

Konseptoinnin tuloksena syntyi kolme vaihtoehtoa niin kotelomuotoilun kuin liikevarren navansuojan ja vastuksenvalitsimen nupin osalta. Konseptit esiteltiin marraskuun 2012 alussa yrityksen johdolle sekä tuotekehitystiimille.

### 3.3.1 Kaarevalinjainen konsepti

Kaarevalinjaisen konseptin perustana toimii moodboard, jonka tunnelma on karu ja muotokieli vaihteleva. Muodot ovat kaarevia ja yhdistyvät terävillä kulmilla. Konseptin muodot syntyivät näiden ominaisuuksien pohjalta. Kuvassa 6 on esitetty kaarevalinjainen konsepti. Kuvan ylärivillä on konseptit suojalevyistä, alhaalla vasemmalla sokan nupista ja alhaalla oikealla liikevarren navansuoja.



Kuva 6. Kaarevalinjainen konsepti

Konseptin suojalevyissä on etu- ja takapuolella tasainen lähes ovaalin muotoinen tasopinta, josta levyjen reunat kaartuvat jouhevasti kiinni runkoon. Ovaalin ja kaarevan osan rajapinnassa on pyöristys, jonka säde pieneni levyn ylä- ja alareunaan mentäessä. Takalevyssä oli Davidin logosta irrotettu iso D-kirjain, joka oli ajateltu tehtäväksi levyyn syvennyksenä. Rungon yläosa on suunniteltu peitettäväksi matalalla muovilevyllä.

lä, joka tulisi lepäämään etu- ja takalevyn päälle. Etulevyssä oleva painopakan ura on suunniteltu tehtäväksi siten, että sen reuna taittuu sisäänpäin. Painopakan sokan nuppi on taaksepäin joka suuntaan paksuneva ja alaspäin kaartuva. Nupin päässä on Davidin logo mustalla tekstillä. Liikevarren navan suoja on ympyrän muotoinen kotelo, jonka yläreunassa on samantyylinen, vaihtuvalla säteellä oleva pyöritys kuin suojalevyjen tasopinnan ja kaarevan osan yhtymäkohdassa. Suojan yläpinnassa on mustalla tekstillä David-logo.

### 3.3.2 Pyöreälinjainen konsepti

Pyöreälinjaisen konseptin perustana toimii moodboard, jonka tunnelma on lämmin ja muotokieli pyöreä. Kuvassa 7 on esitetty pyöreälinjainen konsepti. Kuvan ylärivillä on konseptit suojalevyistä, alhaalla vasemmalla sokan nupista ja alhaalla oikealla liikevarren navansuoja.

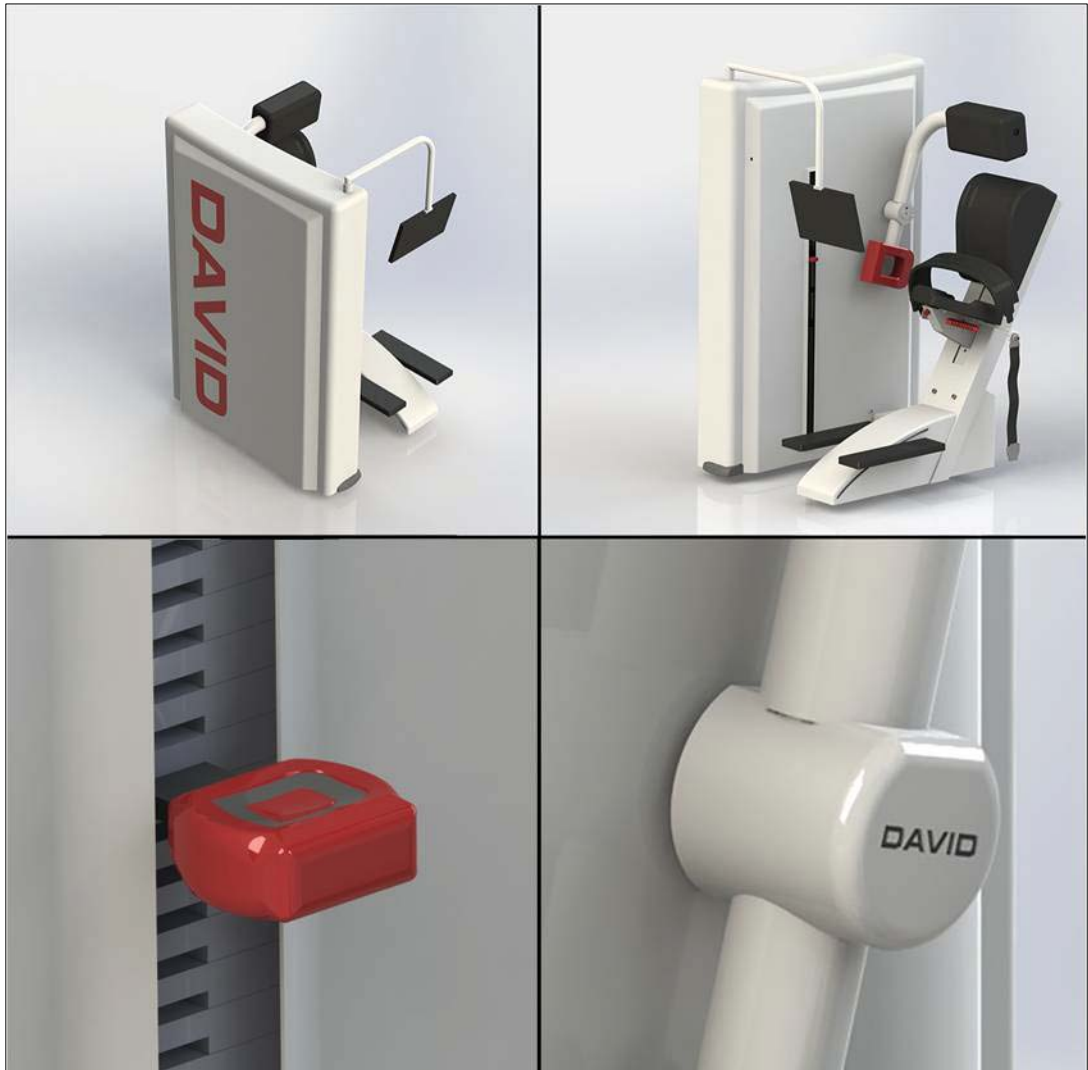


Kuva 7. Pyöreälinjainen konsepti.

Pyöreälinjaisen konseptin kotelointi koostuu kolmesta osasta, etu- ja takalevystä sekä hatusta, joka lepäsi levyjen ja rungon päällä. Etulevy on vasemmasta ja oikeasta reunasta pyöristetty, mutta ylä- ja alareuna on suora. Muutoin levy on suora laakapinta eikä siinä ollut muuta muotoa. Takalevyn oikea reuna on vastaava kuin etulevyssä. Vasemmassa reunassa on isompi pyöristys johtuen rungossa olleista teknisistä ratkaisuista. Painopakan uran reuna on käännetty sisäänpäin. Rungon yläosa on suunniteltu peitettäväksi noin 15 cm korkealla kopalla, joka on musta. Lisäksi kopan molemmilla sivuilla on David-logo punaisella värillä. Sivusta katsottuna kopan yläpinta on lievästi kaareva ylöspäin. Valitsinsokan nuppi on edestä taaksepäin paksuneva ja kulmista pyöristetty. Tartuntapinnassa on nuolimainen kohokuvio otteen pitävyyden parantamiseksi ja nupin päässä on David-logo. Liikevarren navan suoja on pyöreä ja sen yläreunassa on pyöristys. Suojan yläosa on kovera ja sen pinnassa on David-logosta irrotettu D-kirjain.

### 3.3.3 Suoralinjainen konsepti

Suoralinjaisen konseptin perustana toimii moodboard, jonka tunnelma on raikas ja muotokieli suoraviivainen. Kuvassa 8 on esitetty suoralinjainen konsepti. Kuvan ylärivillä on konseptit suojalevyistä, alhaalla vasemmalla sokan nupista ja alhaalla oikealla liikevarren navansuoja.



Kuva 8. Suoralinjainen konsepti.

Suoralinjaisen konseptin kotelointi on suunniteltu siten, että se koostuu kahdesta osasta, jotka kiinnitetään vastakkain. Muoto koostuu keskellä olevasta voimakkaasta palkkimaisesta rakenteesta, jonka kulmissa on pyöristys. Palkkimaisesta rakenteesta lähtee viistossa kulmassa kohouma, joka päättyy tasopintaan. Tasopinta muodostaa suojalevyjen uloimman pinnan. Takalevyssä on David-logo pystysuorassa siten, että lukusuunta on ylhäältä alaspäin. Etulevyn painopakan uran reuna kääntyy ulospäin. Soikan nuppi on etu- ja takareunasta suora, mutta ne yhdistyvät kaarevilla sivuilla. Nupin ylä- ja alapinta on kovera, jotta siitä on mahdollista saada hyvä ote. Koverassa osassa on myös D-kirjain, joka on irrotettu David-logosta. Suoralinjaisen konseptin navan suoja on täysin itse navan muotoa myötäilevä. Suojan yläreunassa on pyöristys ja yläpinta on tasainen. Yläpinnassa on myös Davidin logo mustalla tekstillä.

## 4 VALITUN KONSEPTIN TUOTTEISTAMINEN

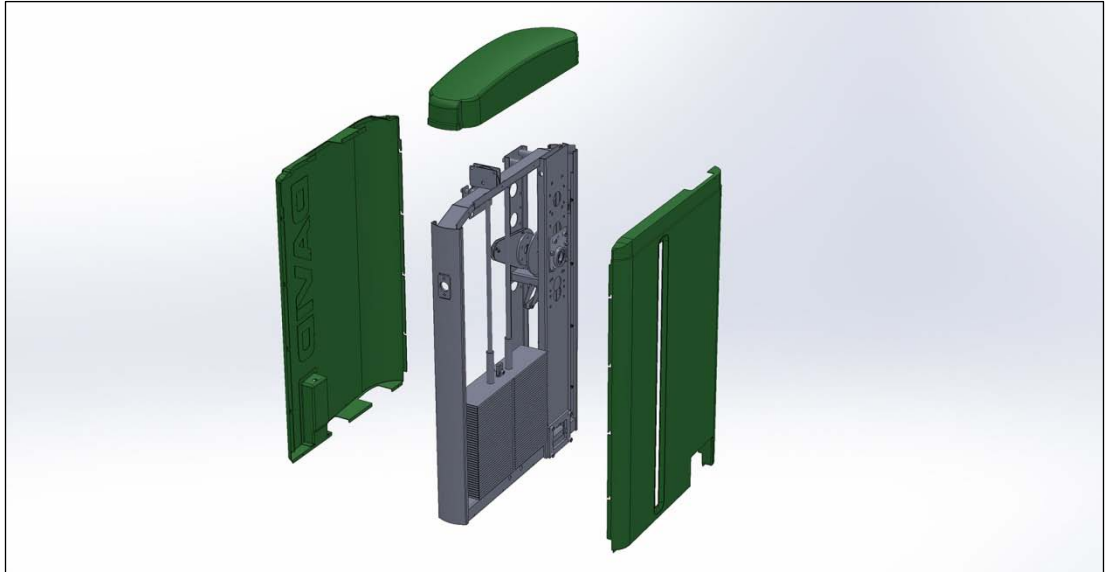
Marraskuun 2012 alussa Outokummussa Davidin tehtaalla järjestetyn konseptikatselmuksen päätteeksi asiakas teki valinnan jatkokehitykseen valittavasta konseptista. Tapaamisen yhteydessä sovittiin, kuinka projektissa edettäisiin ja kuinka sen hallinta toteutetaan. Valituksi tuli konsepti ”Pyöreälinjainen” sen sulavien linjojen ja pienimmän kokonsa vuoksi. Kaksi muuta konseptia koettiin kasvattavan laitteen kokoa visuaalisesti, mikä ei ollut toivottavaa.

Tuotteistamisella voidaan tarkoittaa tuotteen tai palvelun tekemistä taloudellisesti hyödynnettäväksi. Nykyään puhutaan usein palveluiden ja palvelukonseptien tuotteistamisesta. Tässä opinnäytetyössä käsitellään tuotteistamista tuotteen valmistettavuuden ja sen teknisten ratkaisujen kehittämisen näkökulmasta. Tuotteistamista käsitellään usein asiana, joka yrityksen vain on tehtävä, jotta tuote tai palvelu voi menestyä taloudellisesti. Tuotteen tuotteistamisessa on määriteltävä lopulliset muotoilulliset yksityiskohdat, materiaalivalinnat, tuotantovälineet ja -menetelmät, mahdolliset kokoonpano-ohjeet, tuotannon aloittaminen, tuotannonohjaus sekä laadunvalvonta. (Simula et al. 2008, 3–7.)

### 4.1 Suojakotelointi

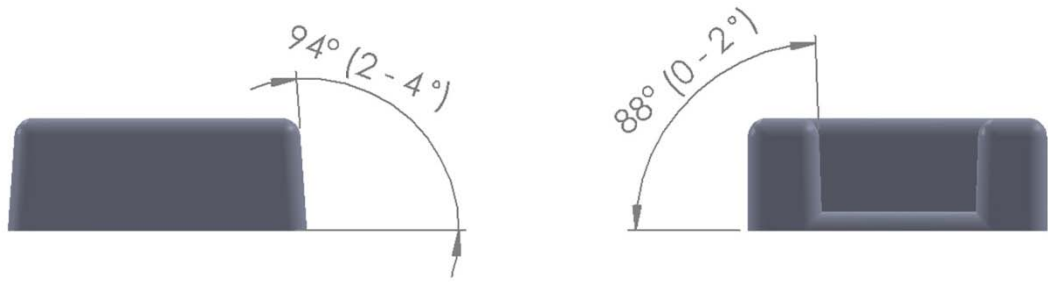
Laitteisiin suunniteltu suojakotelointi ei ole vain yksi osa, vaikka konseptikuvista niin voisikin päätellä. Laitteen mekanismeja peittävä koteloointi koostuu kahdesta erillisestä levystä ja rungon päälle tulevasta kopasta. Projektin aikana osista käytettiin nimityksiä etulevy, takalevy ja koppa. Osat on esitetty vihreällä värillä kuvassa 9.





Kuva 9. Koteloinnin osat

Suojakoteloinnin jatkokehityksessä oli otettava huomioon seuraavia asioita. Ensimmäkin konseptiesityksestä poiketen kotelointi ei koostuisi yhdestä osasta vaan kolmesta erillisestä kappaleesta, jotka kiinnittyisivät runkoon pikakiinnityksin siten, että ne on mahdollista irrottaa huoltotoimenpiteitä varten. Levyt tuli sovittaa runkoon siten, että laitteen kokonaismitat pysyisivät mahdollisimman pieninä ja toisaalta siten, että liikkuvat osat rungossa eivät varmasti osuisi suojalevyihin. Toiseksi painopakan uran muotoilun toivottiin tuovan jäykkyyttä etulevyyn, jolloin levy ei osuisi painopakkaan, vaikka siihen nojattaisiin esimerkiksi kädellä. Painopakka on metallisista levyistä koostuva kokonaisuus ja valitsinsokan avulla levyjen määrää muuttamalla voidaan säädellä harjoittelun kuormittavuutta. Painopakan ura taas on etulevyssä oleva aukko, jossa vastuksentalitsimen sokka liikkuu. Kolmanneksi tuli ottaa huomioon valmistusmenetelmä ja -materiaali. Osat tulitisiin tekemään tyhjiömuovausmenetelmällä, jolloin oli otettava huomioon kappaleiden päästävyys. Kappaleen päästävyys tarkoittaa sitä, että esimerkiksi täysin kuution muotoista kappaletta ei voida tyhjiömuovamalla tehdä. Neliön pystysivujen on oltava vinossa sisäänpäin 2–4 astetta positiivisella muotilla muovattaessa ja negatiivisella 0–2 astetta. Kuvassa 10 on esitetty päästävyysperiaate.

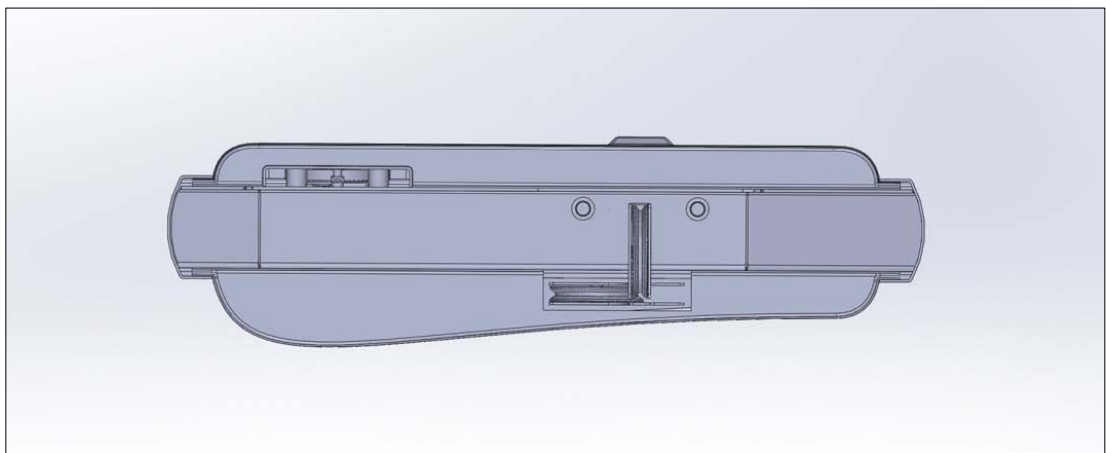


Kuva 10. Muottien päästävyys.

Materiaaliksi oli alustavasti valittu ABS eli akryylinitriilibutadieenistyreeni. ABS on edullisempi kuin useimmat kestumuovit, mutta sen mekaaniset ominaisuudet ovat silti hyviä. Neljäntenä asiana tuli suunnitella takalevyyn kotelo ja kotelon kansi sähkömuuntajalle, koska muuntajaa ei voitu sijoittaa koteloinnin sisäpuolelle johtuen sähkömääräyksistä.

#### 4.1.1 Levyjen ja kopan muodon viimeistely

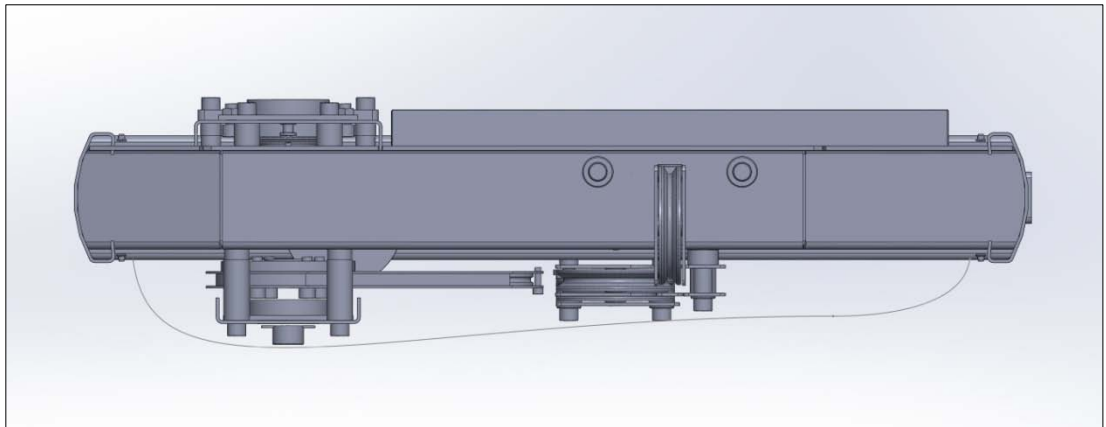
Suojalevyjen sovitin aloitettiin muokkaamalla levyjen pyöristyksiä sekä mitoitusta suhteessa laitteen runkoon. Konseptikatselmuksessa sovittiin, että seuraavaan katselmukseseen mennessä jokaisen suojalevyn kulmissa olevat pyöristykset muokattiin yhdenmukaisiksi ja kopan kaarevaa muotoa muokattiin näyttämään sopusuhtaiselta. Tässä vaiheessa levyjen kiinnitystapaa runkoon ei vielä pohdittu. Kuvassa 11 on esitetty yhdenmukaistetut pyöristykset suojalevyjen reunoissa.



Kuva 11. Yhdenmukaistetut pyöristykset. Yläprojektiio laitteen rungosta.

Etulevyssä molemmat reunat voitiin toteuttaa samalla säteellä, mutta takalevyn toinen reuna jouduttiin tekemään isommalla säteellä, koska laitteen liikemekanismi tuli rungon äärimittojen ulkopuolelle.

Ensimmäisessä välikatselmuksessa todettiin, että pyöritykset ovat sopusuhtaiset ja ne voitiin lukita. Sen sijaan takalevyssä oleva kaarevuus tuotti ongelmia, koska levyn syvyys haluttiin pitää mahdollisimman pienenä. Levystä tehtiin kaareva, koska osa laitteen mekanismeista tuli rungon perusmittojen ulkopuolelle. Toisaalta levyn kaarevuuden toivottiin tuovan myös jäykkyyttä levyyn. Tämä aiheutti sen, että rungossa olevat mekanismit eivät mahtuneet suojalevyn sisään halutulla levyn syvyydellä. Katselmuksessa todettiin, että koppaosa vaatii vielä muokkausta itse muodon sekä runkoon sovitamisen osalta. Seuraavaan, viiden päivän kuluttua pidettävään katselmukseen mennessä tuli pyrkiä muokkaamaan takalevyn kaari sopivaksi sekä muokkaamaan kopan pyörityksiä paremmiksi. Lisäksi tuli pohtia kopan asemoimista itse runkoon.



Kuva 12. Suojalevyä rajoittavat tekniset ratkaisut. Yläprojektiio laitteen rungosta.

Kuvassa 12 on nähtävissä laitteen yläprojektiiossa rungon asettamat rajoitukset. Ohuella viivalla on merkattu suojalevyjen tilanteen mukainen muoto.

Ennen seuraavaa katselmusta takalevyn kaaren muokkaus tuotti suuria ongelmia, koska rungosta ulkonevat osat olivat geometrialtaan sellaisessa paikassa, että kaarevaa muotoa oli todella vaikea saada jouhevaksi. Elementti, jolla kaarta pyrittiin muokkaamaan, oli isompi kaari takalevyn toisessa reunassa. Pienempi kaari oli lukittu vastamaan pyöritykseltään etulevyn reunojen kaaria, jotta kokonaisuus olisi mahdollisimman yhteneväinen.

Kopasta tehtiin kaksi versiota toiseen katselmukseen. Versiot erosivat toisistaan lähinnä kopan päiden olevista profiilimuodoissa. Toisessa profiili oli suora ja toisessa pyöristetty. Pohdinnan alla oli myös laitetaanko kopan alareunaan koko matkalle olake, joka tulisi suojalevyjen päälle. Tämän ratkaisun kohdalla puntaroitiin onko olake kopan paikallaan pysymisen kannalta oleellinen. Olakkeella tarkoitetaan tässä tapauksessa kopan alareunassa olevaa kohoumaa, joka tulee etu- ja takalevyn päälle.



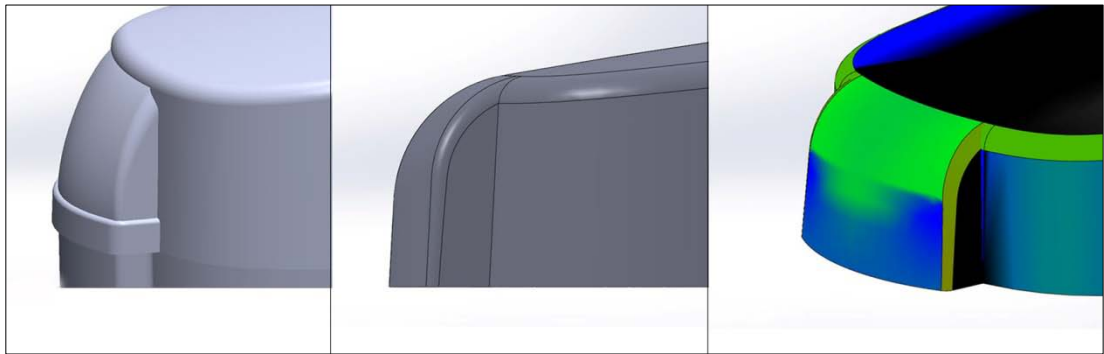
Kuva 13. Kaksi eri koppaversiota sekä kopan olake.

Kuvassa 13 on esitetty vasemmassa reunassa suoraprofiilinen koppaversio ja keskellä pyöreäprofiilinen. Oikealla on poikkileikkauksena esitetty kopan olake, joka tulisi suojalevyn päälle.

Toisessa katsauksessa todettiin, että koko kopan kiertävä olake on turha, koska kopan päät laskeutuvat laitteen rungon reunoilla olevien tukiprofiilien päälle niin tukevasti, että vaaraa pois luiskahtamisesta ei tulisi olemaan. Näin ollen päätettiin olake jättää vain kopan päissä olevien profiilien alareunaan. Kopan osalta arvioitiin myös sen päissä olevan profiilin muotovaihtoehtoja, jotka on havainnollistettu kuvassa 13. Pohdinnassa päädyttiin ratkaisuun, jossa profiilit kääntyvät jouhevasti kopan päälle terävän kulman sijaan. Jouhevasti kääntyviin profiileihin toivottiin kuitenkin vielä muokkausta, koska niiden todettiin näyttävän hieman hengettömiltä ja liian loivilta. Takalevyn kaarevuuden osalta todettiin, että muuttamalla rungosta uloimpana olevat kiinnityspultit pallokantaisiksi saataisiin suojalevy noin 10 mm lähemmäs runkoa. Takalevyn muokkausta jatkettiin seuraavaan katselmukseen tällä ratkaisulla.

Seuraava katselmus sovittiin kahden viikon päähän ja tänä aikana muokattiin kopan profiilit ja takalevyn kaari sopivaksi. Kopan päätyprofiilien osalta oli huomattu, että ne lähtevät kaartumaan alaspäin liian aikaisin ja ne eivät ole tangentissa kopan yläpin-

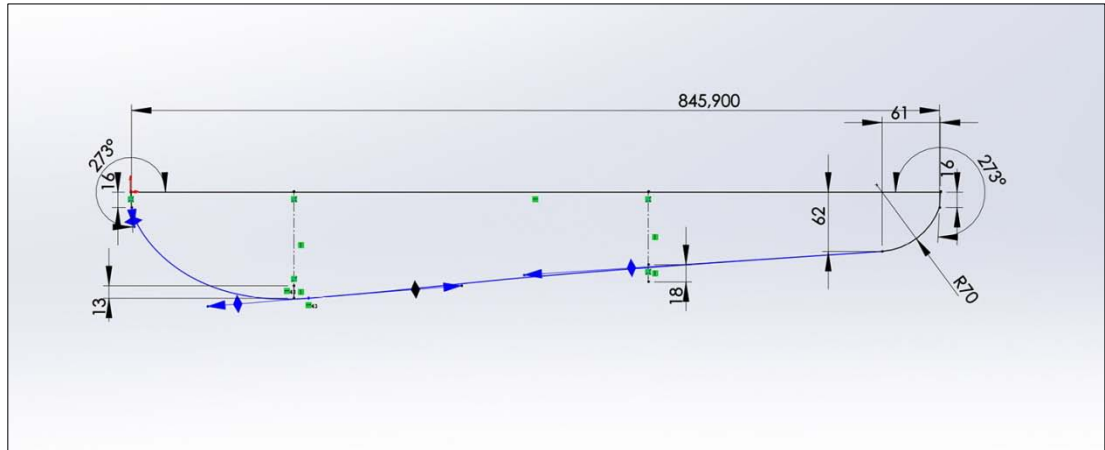
nan kanssa. Tämä johtui osittain mallinnusteknisistä syistä ja siihen haettiin apuna Kymenlaakson ammattikorkeakoulun projektipäälliköltä Ari Haapaselta. Keskustelun aikana ongelmaan löytyi nopeasti ratkaisu ja mallinnustekniikkaa yksinkertaistettiin radikaalisti, jolloin profiilista saatiin halutun muotoinen ja mallinnuksesta helpommin hallittava. (Haapanen 17.12.2012).



Kuva 14. Päätyprofiilin kehitys.

Kuvassa 14 on esitetty vasemmassa reunassa tilanne, josta muokkausta jatkettiin ja keskellä lopputulos, johon Haapasen kanssa neuvonpidon aikana päädyttiin. Oikeassa reunassa on kuva curvature-analyysistä, jolla muodon symmetriaa ja jouhevuutta testattiin. Curvature-analyysi on SolidWorks -ohjelman toiminto, jolla voidaan analysoida erilaisten pinnanmuotojen symmetriaa ja jouhevuutta. Toiminto kertoo eri väreillä ja niiden tummuusasteilla pinnan muodon vaihtelusta sekä jouhevuudesta.

Takalevyn kaarta pyrittiin muokkaamaan sopivaksi kokeilemalla erilaisia lähtökulmia levyn reunoista sekä kokeilemalla eri etäisyyksiä kaarelle suhteessa runkoon. Näitä muuttujia kokeilemalla ei kuitenkaan löydetty ratkaisua, joka olisi tyydyttänyt muotoilullisesti. Takalevyn toisessa reunassa olleen, aiemmin määritellyn säteen vuoksi, kaarta ei saatu halutun näköiseksi. Levyn reunassa olleen kaaren sädettä kasvattamalla olisi levyn kokonaisuus saatu pidettyä haluttuna, mutta se ei ollut järkevää, koska kotelon syvyys olisi kasvanut liian suureksi. Toisaalta, mikäli syvyys olisi pidetty halutussa koossa, eivät laitteen tekniset osat olisi mahtuneet suojalevyn sisäpuolelle. Kuvassa 15 on esitetty yläprojektion avulla mahdollinen takalevyn kaarevuus, kun sitä rajoittavat tekijät oli otettu huomioon.



Kuva 15. Takalevyn suurin mahdollinen kaarevuus, kun rungon ja levyn reunojen säteen rajoitukset on otettu huomioon.

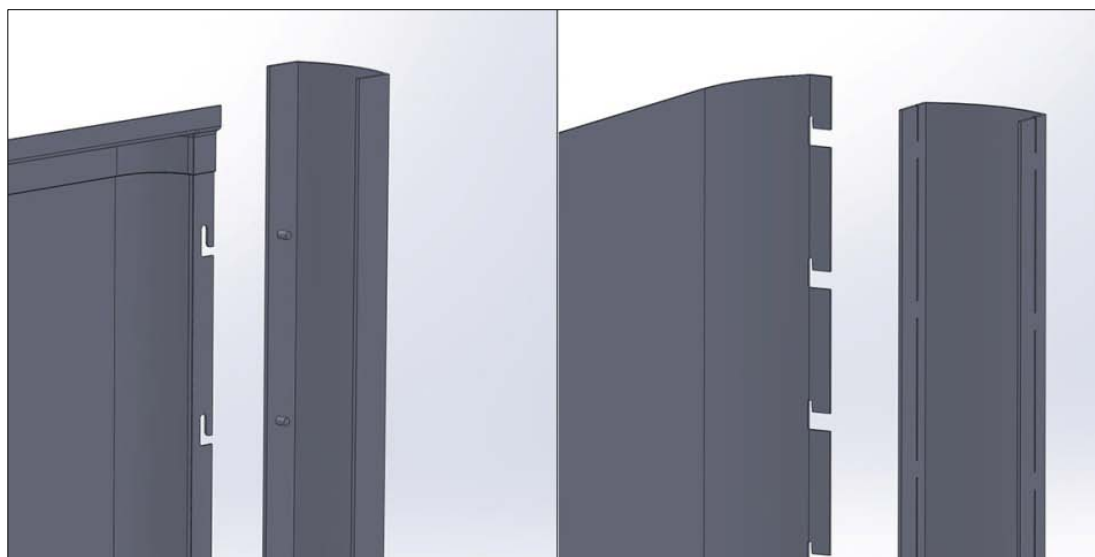
Kuvasta 15 voi päätellä, että takalevyn kaarevuus olisi jäänyt todella pieneksi olemassa olevien rajoitusten takia. Tässä vaiheessa päätettiin, että kaarevuudesta luovuttaisiin ja levyn reunoissa olevat kaaret yhdistettäisiin suoralla viivalla. Tämä siksi, että näin pieni kaarevuus voisi esimerkiksi aiheuttaa mielikuvan, että levyn valmistus on epäonnistunut. Toisaalta näin pienellä kaarevuudella ei myöskään olisi merkitystä esimerkiksi levyn jäykistämisen suhteen. Tämä muutos oli muotoilun kannalta takaisku, koska kaarevalla muodolla olisi saatu luotua illuusio, että edestä katsottuna laite on ohuempi kuin todellisuudessa. Takalevy olisi lähtenyt taaksepäin saman paksuisena kuin etulevy ja muuttunut paksummaksi vasta laitteen toisessa reunassa. Toisaalta, mikäli kaaresta olisi pidetty järkevästi kiinni, olisi itse suojalevyn syvyyttä jouduttu kasvattamaan ja näin ollen saavutettu illuusio olisi menetetty.

Edellä mainittujen muutosten jälkeen suojalevyjen ja kopan muotoiluun oltiin tyytyväisiä ja voitiin siirtyä tarkempien yksityiskohtien suunnitteluun. Oleellisimpia seikkoja olivat suojalevyjen sekä kopan tarkka sovitus ja kiinnitys runkoon, painopakan uran muotoilu ja sovitus, sähkömuuntajan kotelon suunnittelu takalevyyn, läpivientien suunnittelu levyihin ja David-logon asemointi takalevyyn.

#### 4.1.2 Koteloinnin sovitus ja kiinnitys runkoon

Koteloinnin sovitus runkoon aloitettiin mitoittamalla etu- ja takalevy leveydeltään tarkasti rungon päätyprofiilien väliin. Tämän jälkeen pohdittiin mahdollisia levyjen kiinnitysmahdollisuuksia. Aluksi tarkoituksena oli tehdä levyjen reunaan laippa 90 asteen

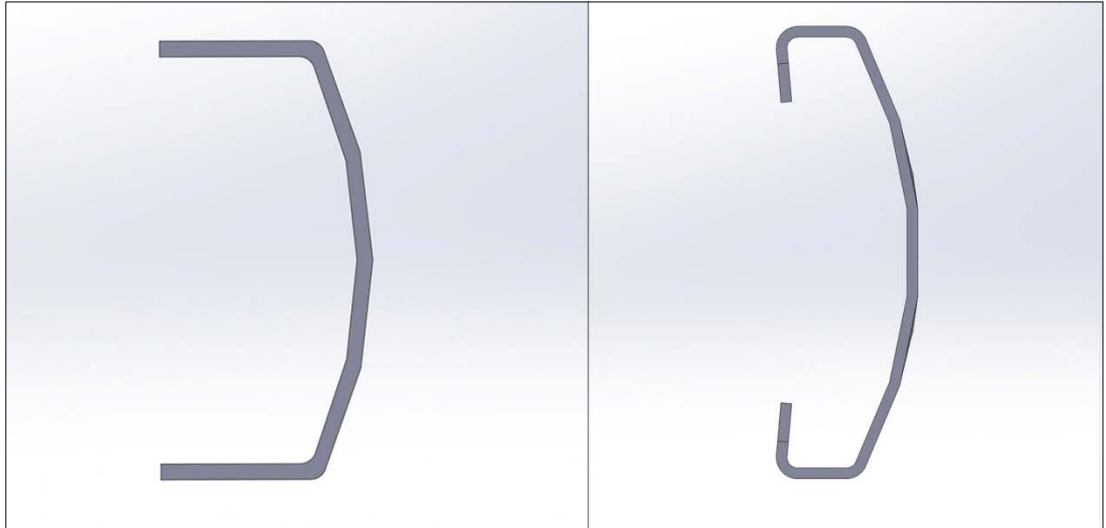
kulmassa ja tehdä laippoihin urat, jotka työnnettäisiin rungon pystyprofiileissa oleviin tappeihin. Tämä vaihtoehto jouduttiin hylkäämään, koska huolellisemman tarkastelun jälkeen todettiin, että levyjen asennus ja irrottaminen olisi voinut olla vähintään vaikeaa, ellei jopa mahdotonta. Seuraavana vaihtoehtona oli jättää levyjen reunat menemään kohtisuoraan runkoa kohden ja tehdä hahlot rungon pystyprofiileihin, joihin aukotettu suojalevyn reuna pudotettaisiin paikoilleen. Tässä vaihtoehdossa riskinä oli, että rungon pystyprofiilien lujuus voisi heikentyä liian paljon ja kiinnitysvaihtoehto jouduttiin hylkäämään.



Kuva 16. Suojalevyjen kiinnitysvaihtoehdot

Kuvassa 16 on esitetty eri suojalevyjen kiinnitysvaihtoehdot katsottuna laitteen sisäpuolelta. Vasemmassa reunassa on vaihtoehto, jossa kiinnitys olisi tapahtunut laipan ja metallitappien avulla. Oikean puoleisessa vaihtoehdossa pystyprofiilissa oli hahlot, joihin suojalevy olisi voitu asentaa.

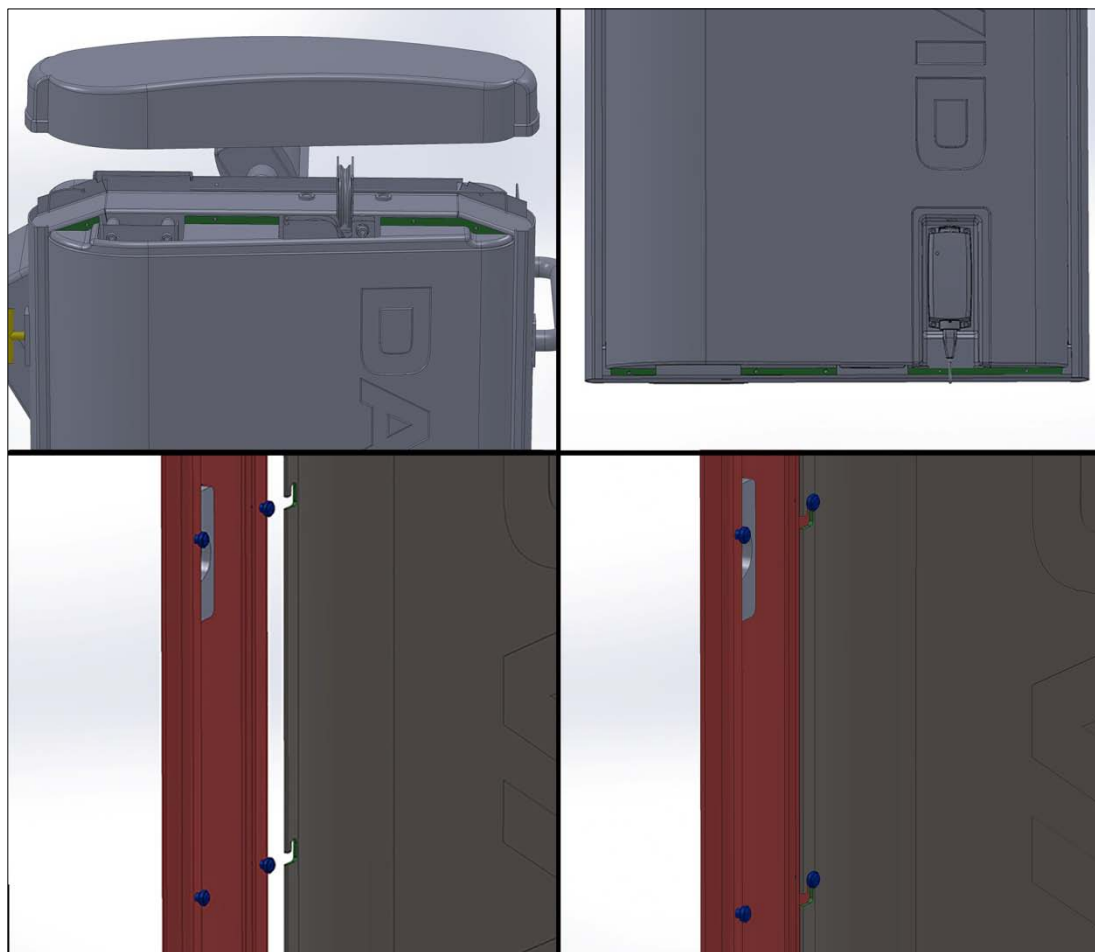
Kuntolaitteen yleisilmettä suunniteltaessa oli noussut esille, että pystyprofiilit ovat liian hallitsevia visuaalisessa kokonaisuudessa. Profiilien paksuutta haluttiin ohentaa, jotta laitteiden yleisilme muuttuisi kevyemmän näköiseksi. Tämä muutos yksityiskohtaan antoi mahdollisuuden miettiä myös levyjen kiinnitystä uudesta näkökulmasta. Pystyprofiileihin päätettiin tehdä yksi kanttaus lisää, jolloin niiden paksuus pieneni 20 mm.



Kuva 17. Päätyprofiilin muutos

Kuvassa 17 on esitetty yläprojektiossa vasemmalla alkuperäinen ja oikealla muutettu pystyprofiili. Uusi versio ei ainoastaan muuttanut profiilin ulkonäköä, vaan siihen tehtiä lisäkanttaus vahvisti rakennetta entisestään. Muutoksen jälkeen nousi esille ehdotus, että kanttauksesta syntyneitä kielekettä voitaisiin hyödyntää myös suojalevyjen kiinnityksessä. Kielekkeeseen päätettiin asentaa niittaamalla tapit, joiden varaan levyt asennettiin niissä olevien hahlojen avulla. Näin ollen suojalevyt voitiin työntää kohtisuoraan runkoon nähden tarvittavaan syvyyteen ja pudottaa paikoilleen. Suojalevyn ylä- ja alareuna kiinnitettiin runkoon levyssä olevan laipan avulla. Laipassa olevien reikien ansiosta levyt voitiin asentaa kiinnitysnastan avulla paikoilleen ylä- ja alareunasta.





Kuva 18. Suojalevyjen kiinnitys

Kuvassa 18 on ylärivillä kuvattu vihreällä värillä ylä- ja alareunan laippa, josta reunat saatiin kiinnitettyä kiinnitysnastoilla. Kuvassa alarivillä on kuvattu sinisellä värillä kiinnitystapit, joiden varaan levy asennettiin. Punaisella värillä on kuvattu pystyprofiili, johon kiinnitystapit asennettiin. Kuvassa vasemmalla alhaalla on levy ennen kiinnitystä ja oikealla kiinnityksen jälkeen.

Suojalevyjen kiinnitysmekanismin ratkettua oli vuorossa kuntolaitteen rungon yläosan peittävän kopan kiinnityksen ratkaiseminen. Myös kopan kiinnityksessä käytettiin apuna rungon pystyprofiileja. Kopan päädyt muotoiltiin siten, että ne menivät täsmälleen pystyprofiilien mukaisesti siten, että koppa lepäsi niiden varassa. Suojalevyjen ja kopan pintojen haluttiin muodostavan yhtenäinen kokonaisuus siten, että niiden saumakohtaan jäisi mahdollisimman pieni tasoero. Tähän ratkaisuna oli, että suojalevyjen yläosiin tehtiin sisennys, jonka päälle koppa tuli.



Kuva 19. Kopan sovitus paikoilleen

Kuvassa 19 vasemmalla on kuvattu yhtenäisenä jatkuva linja suojalevyjen ja kopan välillä. Keskellä on poikkileikkaus, jossa koppa on merkattu vihreällä ja suojalevyt sinisellä. Kuvasta voi nähdä, kuinka koppa lepää suojalevyihin tehdyissä sisennyksissä. Kuvassa oikealla on kuvattu kopassa oleva olake vihreällä ja rungon pystyprofiili sinisellä värillä. Olakkeen avulla koppa saatiin pysymään paikallaan pystyprofiilin päällä.

#### 4.1.3 Painopakan uran muotoilu ja sovitus

Painopakan ura on etulevyssä oleva pystysuora aukko, jossa vastuksen valitsin liikkuu edestakaisin kuntolaitteella harjoiteltaessa. Painopakan uran läheisyyteen kiinnittyy myös painoasteikko, jonka avulla valitaan halutun vastuksen määrä. Painoasteikko on tarra, johon on merkitty laitteessa olevia painolevyjä vastaavat kilomäärät.

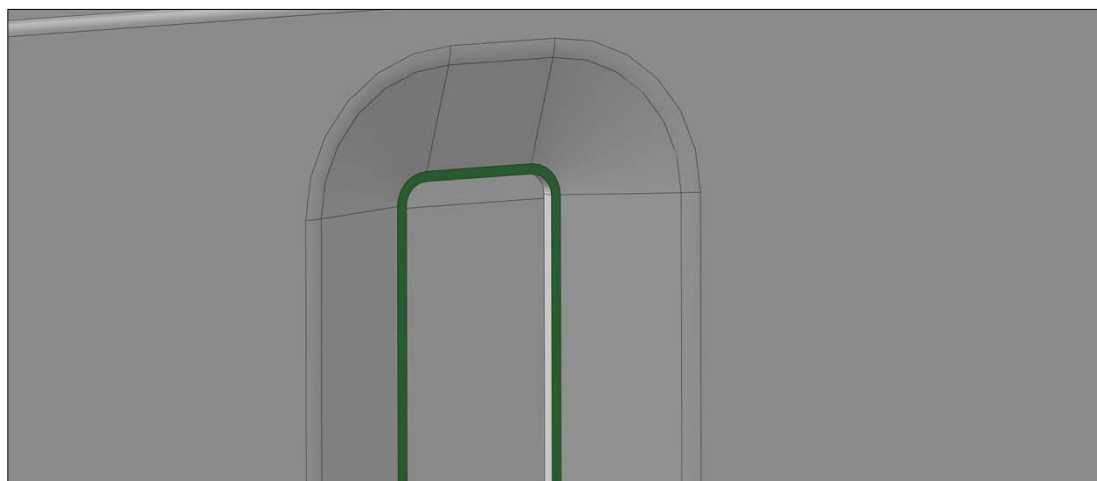
Lähtökohtaisesti painopakan uran muotoilu oli ratkaistu siten, että muoto, joka myös vahvistaisi levyä ja mahdollistaisi painopakan asteikon kiinnityksen oli levystä ulkoneva kohouma. Tällä ratkaisulla etulevyn pinta olisi saatu mahdollisimman lähellä painopakkaa ja levyn syvyys olisi saatu minimoitua. Visuaalisesti tästä ratkaisusta ei pidetty lainkaan, koska se korosti uraa vaikka tavoitteena oli tehdä siitä huomaamaton. Tämän vuoksi uran muotoilussa päädyttiin ratkaisuun, jossa uran reunat käännetään sisäänpäin. Tällä ratkaisulla saatiin myös painoasteikolle hyvä kiinnitysalusta, jonka ansiosta numeroiden lukeminen on helppoa.



Kuva 20. Painopakan ura sekä kehitysversiot

Kuvassa 20 on vasemmassa reunassa havainnollistettu vihreällä värillä painopakan uran sijainti laitteessa. Keskellä on lähtökohtainen koholla oleva muotoilu ja oikeassa reunassa ratkaisu, johon päädyttiin.

Tuotekehitystiimiä tyydyttävän ratkaisun löydyttyä uran muotoilu viimeisteltiin siten, että siitä saatiin valitulla valmistusmenetelmällä siisti. Tyhjiömuovauksen jälkeen ura oli vielä ummessa, joten se täytyi työstää auki koneistamalla CNC-jyrsimellä. Aukon työstämiseen liittyi riski, että mikäli kappale ei olisi täsmälleen oikeassa kohdassa koneistuksen aikana, voisi se näkyä sisäänpäin olevassa viisteessä epäsymmetrisyytenä. Tämän vuoksi uran pohjalle päätettiin jättää kahden millimetrin kynte, joka toimisi varoalueena ennen viisteen alkamista. Samalla yhden taitteen lisäämisen toivottiin tuovan suojalevyyn lisää jäykkyyttä. Kuvassa 21 on esitetty vihreällä värillä kynte, joka jätettiin uran pohjalle varoalueeksi.

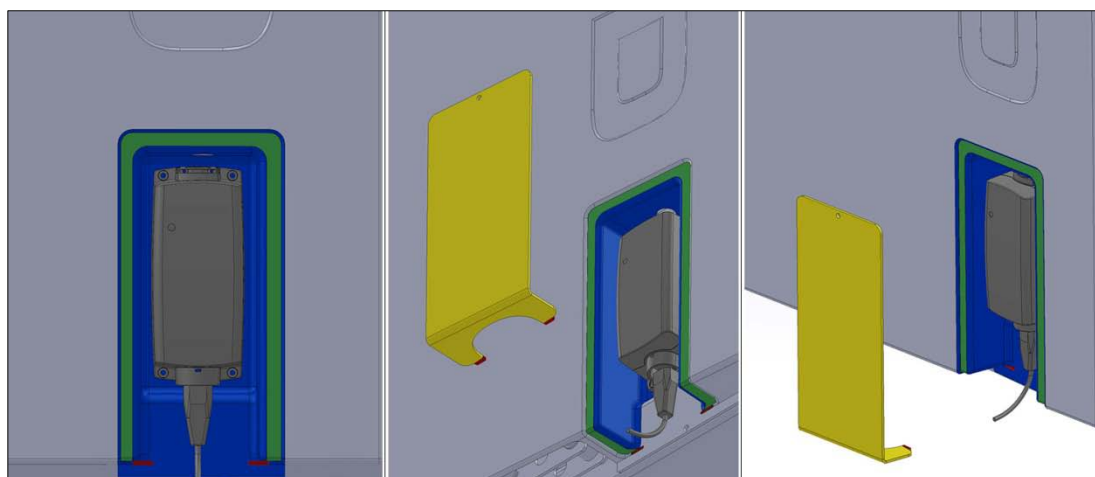


Kuva 21. Painopakan uran kynte

#### 4.1.4 Sähkömuuntajan sovitus takalevyyn

Laitteissa on sähkömuuntaja, jonka kautta kaikki niissä käytettävä sähkövirta kulkee. Sähköä tarvitaan laitteiden ohjelmistojen toimintaan sekä mahdollisiin sähkökäyttöisiin säätömekanismeihin. Turvallisuusmääräyksistä johtuen muuntaja ei saa olla laitteen kuorien sisäpuolella vaan se tulee sijoittaa kuorien ulkopuolelle. Davidin Future Line -mallistossa muuntaja oli kiinnitetty näkyvälle paikalle kuoren päälle. Tästä ratkaisusta haluttiin päästä eroon Generation Line -mallistossa. Ratkaisu ongelmaan oli takalevyyn tehty upotus, johon muuntaja asennettiin. Upotuksen päälle tehtiin kansi, jonka avulla takalevyn pinnasta saatiin yhtenäinen. Samalla säilytettiin kuitenkin muuntajan helppo huollettavuus irrotettavan kannen ansiosta.

Muuntajasta saadun 3D-mallin avulla upotus mallinnettiin sopivan kokoiseksi, jonka jälkeen ryhdyttiin suunnittelemaan kannen toimintaa. Kannen tuli siis olla helposti irrotettava ja sen tuli peittää muuntaja siten, että suojalevystä ei välttämättä nopeasti katsottuna edes huomaa, että kotelointi on olemassa. Kannessa tuli myös olla aukko, josta muuntajaan tuleva virtajohto kulkisi. Kannen kiinnityksessä päädyttiin ratkaisuun, jossa kotelouputuksen reunaan tehtäisiin kannen paksuinen syvennys, jolloin kansi saatiin samaan tasoon kuin suojalevyn pinta. Aluksi kannen suunniteltiin kiinnittyvän suojalevyyn magneeteilla, mutta siitä vaihtoehdosta luovuttiin vaikean ja aikaa vievän kokoonpanon takia. Lisäksi pelättiin, että magneetit eivät välttämättä pitäisi kantta tarpeeksi tukevasti paikoillaan. Lopullisiksi kiinnitysmekanismeiksi muodostuivat kannen alaosassa olevat ulokkeet, jotka menivät suojalevyssä oleviin hahloihin. Kannen yläosa taas kiinnitettiin levyyn yhdellä pikakiinnitysnastalla.



Kuva 22. Muuntajakotelon rakenne

Kuvassa 22 on esitetty muuntajakotelon osat eri väreillä. Sinisellä merkitty alue on syvennys, joka muuntajalle tehtiin suojalevyyn. Vihreällä värillä on merkitty syvennys, johon kansi asettuu. Punaisella värillä on esitetty ulokkeet keltaisessa kotelon kannessa, jotka menevät hahloihin syvennyksen pohjassa. Kuvan keskellä olevasta keltaisesta kotelon kannen mallista voi havaita myös aukon, josta muuntajaan tuleva sähköjohto kulkee.

Kotelosta tehtiin myös protomalli Kymenlaakson ammattikorkeakoulun pajatiloissa toimivuuden varmistamiseksi. Muotti koneistettiin CNC-jyrsimellä MDF levystä ja tyhjiömuovattiin ABS muovista. Kannen muoto koneistettiin myös CNC:llä ja 90 asteen kulma taivutettiin lämmittämällä muovia lankalämmittimellä taitoskohdasta, jonka jälkeen muoto taivutettiin pöydän kulmaa vasten. Liitteessä 4 on esitetty kuvamateriaalia protomallin valmistuksesta.

#### 4.1.5 David-logon asemointi

Suojalevyihin päätettiin laittaa David-logo siten, että logo työstettäisiin tyhjiömuovausmuottiin, jolloin se näkyisi levyn pinnassa syvennyksenä. Aluksi logon paikaksi suunniteltiin etulevyä, mutta lopulta sijoituspaikaksi muodostui takalevy. Logoa ei haluttu sijoittaa etulevyyn, koska siihen haluttiin laittaa liimakiinnityksellä tuleva värillinen logo ja tämän alapuolelle oli suunniteltu tulevaksi käyttöohjeet, joten tilaa isolle logolle ei ollut.

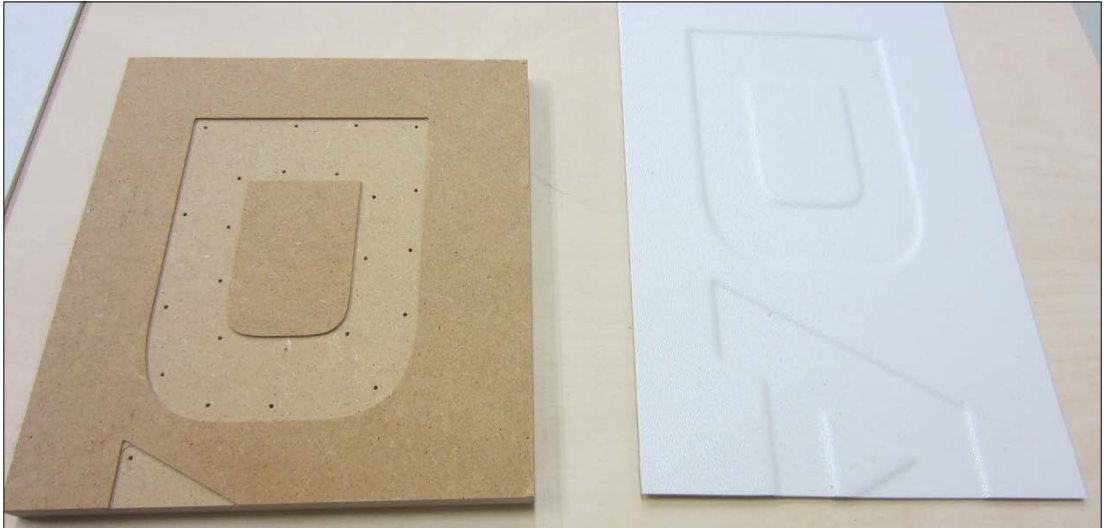
Logojen sijoituspaikaksi, suunnaksi ja kooksi tehtiin useita eri vaihtoehtoja. (LIITE 5) Logon sijoituspaikaksi päätettiin lopulta muuntajakotelon yläpuolinen tila siten, että teksti kulkee pystysuunnassa ylhäältä alaspäin. Tekstin koettiin muodostavan yhtenäisen kokonaisuuden, kun se jatkuu samassa linjassa ja samalla leveydellä kuin muuntajakotelo. (Kuva 23)



Kuva 23. Logon lopullinen sijainti takalevyssä

Logon upotuksesta tehtiin koevedos Kymenlaakson ammattikorkeakoulun pajatiloissa, jotta voitiin varmistua, että logosta tulee halutun mukainen. Suurimpana huolenaiheena oli, että muuttuuko logon ulkonäkö johtuen tyhjiömuovausprosessissa syntyvistä pyöristyksistä. Kirjainten reunaan tulee pyöristys, joka vastaa aina levyn paksuutta, mikäli muotissa ei kirjaimen reunassa ole lainkaan pyöristystä. Näin ollen kolmen millimetrin paksuisessa levyssä kirjainten reunaan tulee kolmen millimetrin pyöristys. Toinen huomioon otettava seikka oli levyn paksuuden huomioiminen kirjainten leveydessä. Mikäli leveys haluttiin säilyttää samana kuin alkuperäisessä logossa, tuli muotissa olevien kirjainten olla äärimitoiltaan yhteensä kuusi millimetriä suurempia kolmen millimetrin levypaksuudella.

Testaus suoritettiin siten, että CNC-jyrsimellä koneistettiin MDF-levystä muotti kirjaimista, jonka jälkeen sen avulla tyhjiömuovattiin kolmen millimetrin ABS levyä koevedos. (Kuva 24) Vedos todettiin hyväksi tuotekehitystiimin kanssa ja siinä käytettyjä mitoituksia voitiin käyttää lopullisessa mallissa.

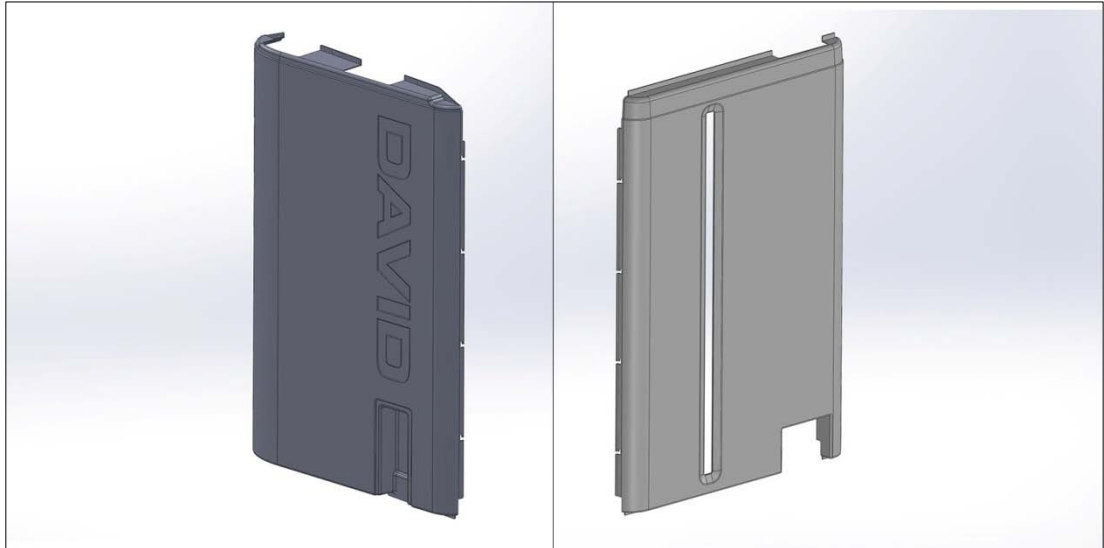


Kuva 24. Tekstin upotuskokeilu

Kuvassa vasemmalla on muotti, jonka avulla koevedos tehtiin tyhjiömuovaamalla ja oikealla valmis koevedos. Muotissa kirjainten pohjalla olevat reiät ovat imureikiä, joilla varmistetaan, että muovilevy muovautuu tiiviisti muottia vasten.

#### 4.1.6 Suojalevyjen aukotukset ja muodon leikkaus

Suojalevyihin täytyi tehdä erilaisia aukotuksia johtuen teknisistä ratkaisista kuntolaitteen rungossa. Lisäksi rungosta lähtevälle istuinpalkille tuli tehdä aukko, jotta palkki saatiin kiinnitettyä tukevasti. Nämä aukotukset tehtiin samalla, kun kotelon lopullinen muoto koneistettiin CNC:llä tyhjiömuovauksen jälkeen. Samassa yhteydessä koneistettiin myös suojalevyjen reunoihin hahlot ja reiät, joilla ne kiinnitettiin runkoon.



Kuva 25. Levyihin tehdyt aukotukset.

Kuvassa 25 on esitetty vasemmalla takalevyyn tehdyt aukotukset ja oikealla etulevyyn tehdyt aukotukset. Takalevyn ylä- ja alareunaan täytyi tehdä aukotukset epäkeskon tukirakenteiden ja vaijeririssojen vuoksi, koska ne eivät mahtuneet koteloinnin sisään. Tämä johtui siitä, että kotelon yläreunaa ei voinut nostaa yhtään ylemmäksi, koska silloin suojalevyn kiinnityspinta olisi jäänyt reunan alapuolelle. Alareunaa taas ei voinut laskea alemmas, koska sitä ei olisi pystynyt enää kiinnittämään runkoon. Etulevyn yläreunaan jouduttiin myös tekemään aukotus epäkeskon tukirakenteiden vuoksi ja alareunaan istuinpalkin kiinnityskohtaan.

#### 4.1.7 Valmistajan valinta

Tärkeimpiä kriteerejä valmistajan valinnassa olivat kotimaisuus, hyvä laatu ja hinta. Aikaisempien laitteiden suojakotelot oli valmistettu Saksassa ja tuotanto haluttiin siirtää Suomeen. Aluksi suoritettiin tarjouskierros valittujen, noin viiden yrityksen kesken. Tämän jälkeen yrityksistä valikoitui kaksi, joiden kanssa käytiin tarkempia neuvotteluita. Yrityksissä käytiin myös tutustumassa heidän toimintatapoihinsa.

Osien valmistajaksi valikoitui Asoma Oy Kangasalalta, joka vakuutti koko tuotekehitystiimin nykyaikaisilla valmistusmenetelmillään. Asoma Oy käsittelee valmistamiaan tuotteita täysin CAD-ympäristössä (computer aided design), jolloin muutosten tekeminen on nopeaa ja kustannustehokasta. Kun kaikki tieto valmistettavasta tuotteesta on sähköisessä muodossa, voi esimerkiksi tuotannolla, suunnittelulla ja alihankinnalla



olla fyysisesti hyvinkin suuri välimatka, mutta tiedonkulku on silti nopeaa. (Auvinen et al. 2008, 95–96.)

#### 4.1.8 Koesarja

Ennen valmista tuotetta joudutaan usein tekemään koesarja tai sarjoja, jotta voidaan varmistaa kaiken olevan kunnossa. Suojalevyjen ja kopan osalta päädyttiin ratkaisuun, jossa päätettiin tehdä ensin kaksi protokappaletta kustakin osasta ja sen jälkeen tehtiin osat messulaitteisiin huhtikuun 2013 alussa järjestettäville FIBO-messuille. Varsinaisia protomallimuotteja ei kuitenkaan valmistettu vaan tuotantomuotit tehtiin suoraan 3D-mallien perusteella. Tämä on mahdollista vain, kun suunnitelmien käsittely tapahtuu kokonaan CAD-ympäristössä.

Ensimmäiset protokappaleet näyttivät suhteellisen hyviltä, joskin joitakin huomioitava seikkoja löytyi. Etulevyn ja takalevyn paksuus oli hieman liian ohut, mikä aiheutti sen, että levyn jäykkyys ei ollut toivotulla tasolla. Seuraaviin versioihin valittiin 3 mm paksu levy 4 mm sijaan. Toinen asia, joka oli otettava huomioon, oli kopan yläreunan pyöritys, joka ei jatkunut suoraan pystypinnan alkukohdasta vaan siihen muodostui sisäänpäin suuntautuva painauma. Tämä saattoi johtua kappaleen liian suuresta korkeudesta. Tällöin seinämävahvuus ohenee helposti juuri pyörityksen alapuolelta. Liitteessä 6 on esitetty kuvamateriaalia protokappaleista sekä niiden valmistuksesta Asoma Oy:llä.

#### 4.2 Vastuksen valitsimen nuppi

Valitun vastuksen valitsimen nupin konseptin kehityskohteita olivat:

1. David-logo tuli sijoittaa paikkaan, joka mahdollistaa kappaleen valmistamisen ruiskupuristusmenetelmällä.
2. Nupin päähän täytyi lisätä kohta, johon on mahdollista kiinnittää kierrevaijeri, joka estää sokan häviämisen.
3. Nupin muotoilun toivottiin indikoivan paremmin käytössä olevaa vastusta.
4. Nupin etuosaan tuli sovittaa magneetti, joka tulisi pitämään sokan paremmin paikoillaan.

David-logo oli konseptimallissa asemoitu nupin päähän. Tällä asemoinnilla osaa ei olisi ollut mahdollista tehdä ruiskupuristusmenetelmällä, joten logo sijoitettiin pääty-pinnan ja yläpinnan välillä olevaan pyöristykseen. Kierrevaijerin ja indikaattorin suunnittelussa päädyttiin ratkaisuun, jossa nämä ominaisuudet ikään kuin yhdistyvät samaan muotoon muodostaen yhtenäisen kokonaisuuden. Magneetti sovitettiin siten, että sokan rungon päälle tuotiin konseptoitu 3D-malli ja mitoitusta lähdettiin muuttamaan siten, että magneetti ja runko mahtuvat nupin sisälle. Samalla otettiin huomioon, että tartuntaa parantava kaareva muoto ei muutu. Nupin paksuutta jouduttiin lisäämään noin 3 mm, jotta valittu magneetti mahtui nupin sisälle. Samalla nupin reunojen pyöristystä kasvatettiin hieman, jotta kasvanutta massaa saatiin pienemmäksi. Kuvassa 26 on esitetty konseptoitu sokan nuppi sekä tehdyt muutokset, joiden ansiosta osan valmistus on mahdollista.



Kuva 26. Valitsinsokan muutokset

Kuvassa vasemmalla on konseptisuunnitelma ja keskellä on kuvattu vihreällä värillä kierrevaijerin ja indikaattorin muoto sekä logon paikka. Kuvassa oikealla on kuvattu vihreällä magneetille tehty aukko. Tehtyjen muutosten jälkeen valitsimen nupista päätettiin tehdä pikamalli Kymenlaakson ammattikorkeakoulun 3D-tulostimella, jotta muodosta ja koosta voitiin varmistua. Suunnittelun tässä vaiheessa pohdittiin myös tulevaa valmistusmenetelmää. Ruiskupuristusmuotin teko vaikutti tässä liian kalliilta vaihtoehdolta pienien sarjakokojen vuoksi, joten toiseksi valmistusmahdollisuudeksi valikoitui uretaanivalu. Uretaanivalussa käytettävät muotit ovat halvempia, mutta toisaalta sillä tehdyt tuotteet eivät ole tarkkuudeltaan aivan samaa tasoa kuin ruiskupuristamalla tehdyt.

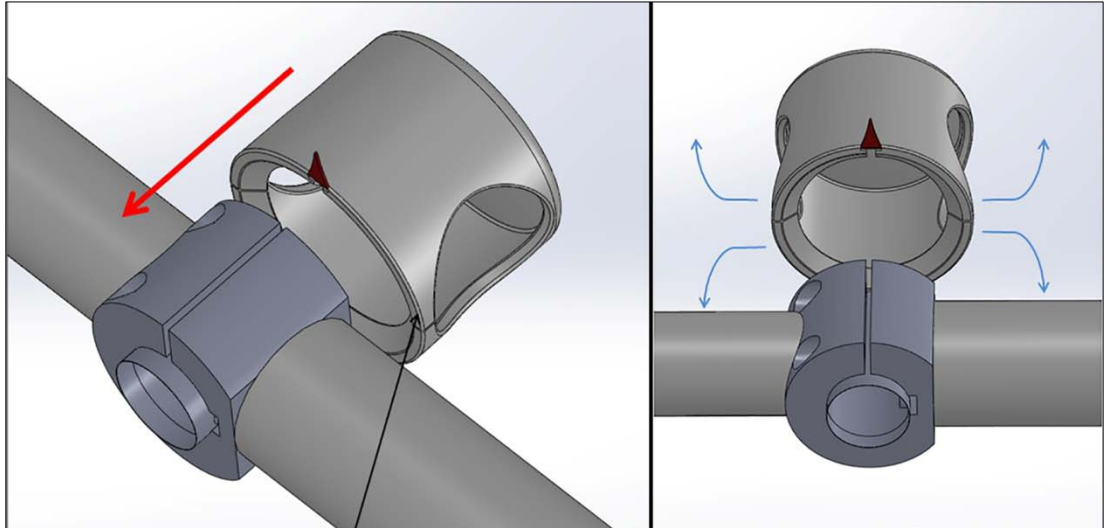
Huhtikuun 2013 alussa olleiden FIBO-messujen läheisyyden vuoksi nupista ei ollut enää mahdollista saada tuotantoversiota messuille meneviin laitteisiin, joten näihin viiteen laitteeseen päätettiin tehdä nuppien protomallit Kymenlaakson ammattikorkeakoulun 3D-studiossa. Tässä tapauksessa prototyyppi oli täysin toiminnallinen ja sillä voitiin testata osan toimintaa todellisessa ympäristössä (Ulrich & Eppinger 2012, 291). Nupit 3D-tulostettiin studion Objet Eden 260v tulostimella ja maalattiin kouvolalaisessa automaalaamossa RAL1021 sävyllä. Liitteessä 7 on esitetty kuvamateriaalia protomallien valmistuksesta.

### 4.3 Liikevarren navan suoja

Liikevarren navan suojalle oli konseptivaiheessa visualisoitu ulkomuoto, mutta sen toiminnallisia ominaisuuksia ei ollut otettu huomioon. Navan suoja ei ole ainoastaan visuaalisesti epämiellyttävän näköistä napaa peittävä osa vaan se toimii myös kiinnitysalustana viisarille, joka kertoo astekulmat laitteella harjoiteltaessa. Toinen asia, jota ei ollut huomioitu, oli suojan asennus navan ympärille. Asiaa lähdettiin purkamaan asennuksen ja valmistusmateriaalin näkökulmasta. Suunnittelussa tuli ottaa huomioon seuraavia asioita:

1. Suoja jouduttaisiin pujottamaan liikevarsien yli asennusvaiheessa.
2. Suojan muotoilun toivottiin edesauttavan sen paikallaan pysymistä.
3. Suojaan tuli liittää viisari, joka indikoi liikevarren astekulmaa yhdessä asteikkolevyn kanssa.
4. Osa oli oltava varioitavissa ainakin kolmeen eri laitteeseen.

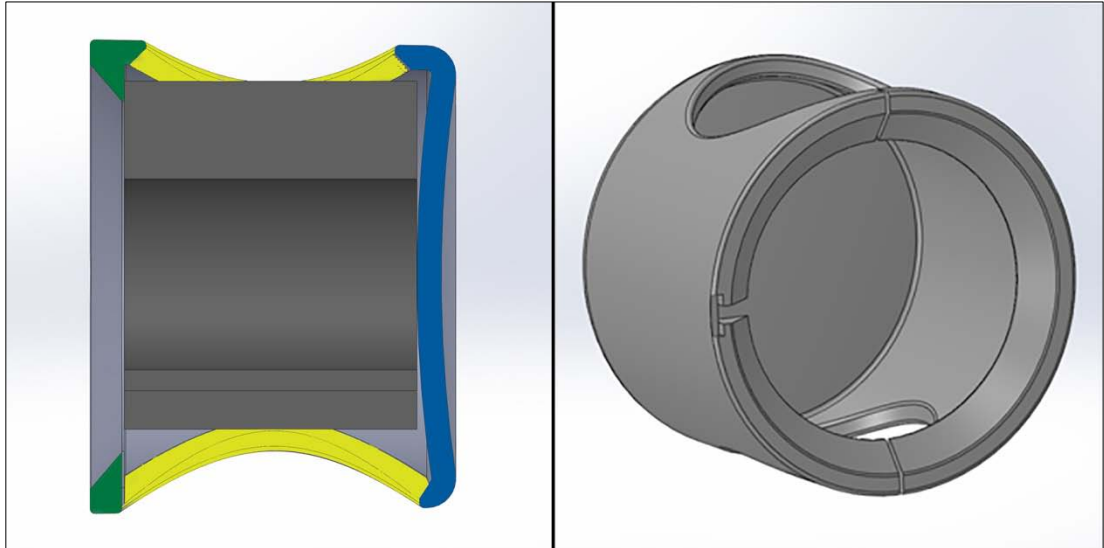
Navan suojan asennus oli haastava ongelma, koska kuten edellä on mainittu, suoja tuli pujottaa liikevarsien yli paikoilleen. Tämä asetti haasteita käytettävän materiaalin suhteen, jonka piti olla riittävän taipuisa, jotta se taipuisi liikevarsien yli, mutta toisaalta tarpeeksi jäykkä, jotta se pitäisi muotonsa asennuksen jälkeen.



Kuva 27. Navan suojan asennustapa

Kuvassa 27 on esitetty navan suojan asentamisen haasteet. Kuvassa vasemmalla punainen nuoli kuvastaa suuntaa, johon suoja asennettiin ja musta nuoli osoittaa kohtaa, joka tuli pujottaa pyöreiden liikevarsien yli. Kuvassa oikealla siniset nuolet osoittavat suojan helmojen vääntösuuntaa asennettaessa. Lisähaasteen asennukseen toi se seikka, että suojan helmojen tuli kiinnittyä mustan nuolen kohdalta toisiinsa asennuksen jälkeen. Yhteistyössä kangasalalaisen Artekno Oy:n kanssa valmistusmateriaaliksi valittiin uretaanielastomeeri, joka valettaisiin muotin avulla muotoonsa. Tämän materiaali-valinnan ansiosta suoja pystyttiin asentamaan paikoilleen siten, että se ei vaurioitunut. Suojan helmojen kiinnityksessä päädyttiin ratkaisuun, jossa niiden päät liimattaisiin tarvittaessa kiinni toisiinsa asennuksen jälkeen.

Asennuksen jälkeisen paikallaan pysymisen varmistamiseksi suojaan haluttiin muoto, joka lukitsee osan paikalleen mahdollisimman tukevasti. Tähän ongelmaan etsittiin ratkaisua suojan yläosan muodolla ja helman kiinnittämällä navan taakse. Suojan yläosan muotoilulla voitiin muodostaa yhdessä joustavan materiaalin ja helman muotoilun kanssa jousimainen rakenne, jonka avulla se saatiin pysymään paikallaan. Suojan yläosasta tehtiin kovera, jonka matalin kohta osui navan yläpintaan siten, että koveraan osaan kohdistui jännitys. Vastaavasti suojan alaosaan tehtiin kyntteet, jotka menivät navan alapintaan pitäen yläosan jännityksen yllä.



Kuva 28. Navan suojan kiinnitys

Kuvassa 28 on vasemmalla poikkileikkauksessa kuvattu sinisellä värillä kovera muoto, joka suunniteltiin jousimaiseksi rakenteeksi suojan yläosaan. Vihreällä värillä on kuvattu kyntteet, jotka pitävät rakenteen jännityksessä navan alareunan avulla. Keltainen väri osoittaa aukot, joista liikevarret kulkevat läpi ja tumman harmaalla värillä on esitetty liikevarren napa. Kuvassa oikealla on suoja kokonaisuudessaan.

Navan suojaan tuli asemoida viisari, joka osoittaa liikevarren kulman. Viisari päätettiin asentaa suojan kehälle siten, että se upotettaisiin rakenteeseen joko valuvaiheessa tai jälkiasennuksena liimaamalla.

Suojaan liittyi myös tarve varioimiseen. Sitä tultiin käyttämään ainakin kolmessa laitteessa, joissa liikevarret olivat eri kulmissa. Sarjakoko arvioitiin vuositasolla kuitenkin niin pieneksi, että kolmen erilaisen muotin valmistaminen ei olisi ollut kannattavaa. Tästä syystä päädyttiin ratkaisuun, jossa muottiin tehtiin vain toinen reikä, joka oli vakio kaikissa laitteissa ja muita reikiä varten tehtiin lävistystyökalu Davidin tehtaalle Outokumpuun. Näin ollen sarjakoko saatiin järkevälle tasolle ja muottikustannukset eivät nousseet liian suuriksi.

Tuleville FIBO-messuille suojasta ei ollut valitsinsokan nupin tavoin mahdollista saada tuotantoversioita esillä olleisiin laitteisiin, joten niistä päätettiin valmistaa protomallit 3D-tulostimella Kymenlaakson ammattikorkeakoulun 3D-studiossa. Osat tulostettiin TangoBlack-tulostumateriaalista, joka on kumimainen musta materiaali ja se

sopi sellaisenaan protomalleihin ilman pintakäsittelyä. Liitteessä 8 on esitetty kuvamateriaalein mallien valmistus.

#### 4.4 Liikeradan asteikkolevy

Liikeradan asteikkolevy on ruostumattomasta teräksestä valmistettu kiekko, johon on lasermerkkaustekniikalla merkattu astekulmat. Asteikkolevyn tuli olla helposti luettava ja siinä täytyi olla merkintä testauskulmasta. Testauskulma on tietty kulma liikevarrelle, joka vaihtelee laitekohtaisesti. Testauksella harjoittelijan lähtötaso mitataan staattisella kokeella ennen harjoitusohjelman laadintaa.

Liikeradan asteikkolevyn suunnittelu alkoi tutustumalla vanhojen, Future Line-laitteiden levyihin sekä perehtymällä Generation Line-laitteiden vaatimuksiin astelevyn suhteen. Suunnittelussa tuli ottaa huomioon seuraavia asioita:

1. Asteikkolevyn tuli olla helposti luettava ja siinä täytyi olla merkintä testauskulmasta.
2. Astemerkinnät tuli olla asteen välein. Tällä haluttiin viestittää, että kyseessä olisi tarkka ja medikaalinen laite.
3. Asteikosta tuli ilmetä viiden ja kymmenen asteen askelmat siten, että ne olisi erotettavissa toisistaan.
4. Testauskulma tulisi olla erotettavissa asteikosta.
5. Asteikkolevyn asennus tulisi olla helppoa eri laitteisiin.

Lähtökohtaisesti astelevyn muodon tuli olla pyöreä, koska se tulisi liikevarren akselin ympärille ja astelukemaa osoittava viisari liikkuisi tällä kehällä. Suunnittelu aloitettiin hahmottelemalla SolidWorks -ohjelmalla akselin ympärille tuleva kiekko sopusuhtaisen näköiseksi suhteessa muihin osiin. Tämän jälkeen alkoi numeroiden ja asteviivojen koon ja fontin kokeilu. Aluksi fonttina oli Arial ja sille ei tehty minkäänlaisia muutoksia asetuksiin. Fontti näytti huonolta ja epäselvältä, joten seuraavaksi kokeiltiin Myriad Pro -fonttia, koska sitä suunniteltiin käytettäväksi myös muissa laitteen teksteissä. Tämä vaihtoehto vaikutti selkeältä, mutta kirjaimet olivat hieman liian lähellä toisiaan, mikä vaikeutti niiden erottamista katseluetäisyydeltä. Tässä vaiheessa levystä tehtiin printti paperille ja asteikon luettavuutta tarkasteltiin sen avulla. Printatun kuvan perusteella tehtiin muutoksia fontin asetuksiin siten, että kirjasinten leveyttä

eli width factoria pienennettiin 20 %, jolloin niiden väliin jäi enemmän tilaa. Kirjasinväliä eli spacingiä kasvatettiin 50 %, mikä myös osaltaan paransi tekstin luettavuutta.

Fonttia muokatessa pohdittiin myös asteviivojen ilmaisutapaa. Ajatuksena oli, että asteen välein olevat viivat olisivat suhteellisen pieniä ja huomaamattomia, koska niitä ei todellisuudessa tarvita, vaan niiden tarkoitus on viestiä laitteen tarkkuudesta ja laadusta. Viiden ja kymmenen asteen välein olevilla viivoilla on sen sijaan merkitystä, joten niistä päätettiin tehdä pidemmät ja paksummat kuin yhden asteen välein olevista viivoista. Viiden asteen välein olevat suunniteltiin noin kaksi kolmasosaa pidemmiksi kuin asteen välein olevat viivat. Kymmenen asteen välein olevat viivat ovat taas kaksi kertaa pidemmät kuin asteen välein olevat. Nämä viivat suunniteltiin paksummiksi kuin muut, jotta erottaminen olisi helpompaa.

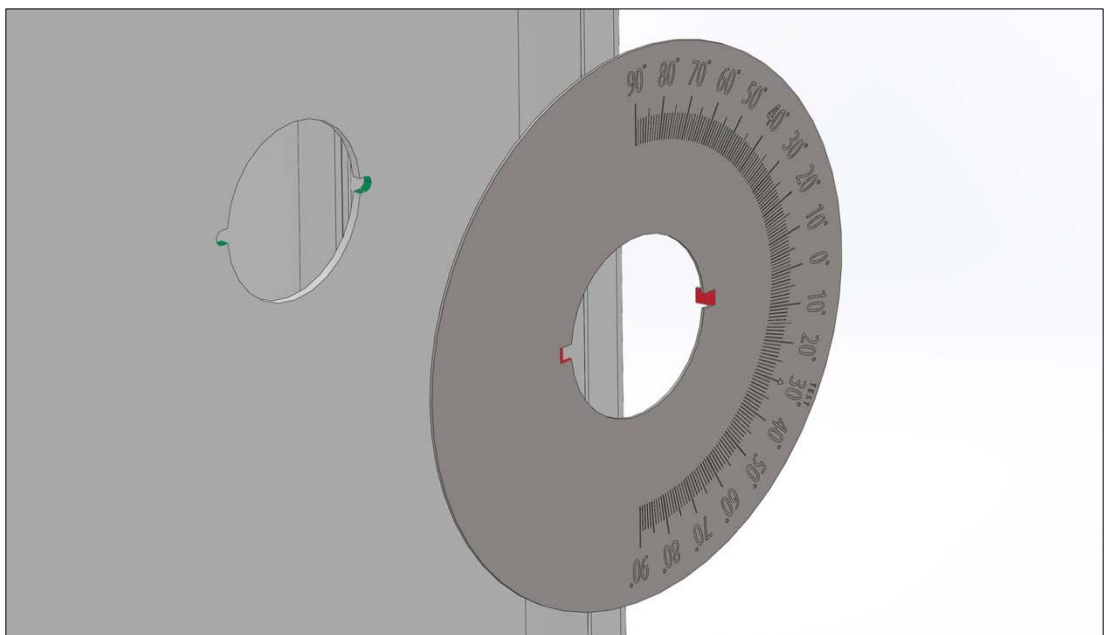
Testauskulman merkintää hahmoteltaessa tärkeimpänä ominaisuutena pidettiin sitä, että testauskohta olisi mahdollisimman helposti havaittavissa. Merkinnäissä päädyttiin ratkaisuun, jossa asteviivan päässä on nuoli, joka osoittaa testauskohdan. Lisäksi testauskohtaan sijoitettiin teksti ”TEST” selventämään nuolen tarkoitusta.



Kuva 29. Valmis asteikkolevymalli

Kuvassa 29 on nähtävissä valmis asteikkolevymalli, josta tehtiin varioidut versiot eri laitteisiin. Vasemmassa alakulmassa on esitetty suurennos kohdasta, jossa testauskulma sijaitsee.

Asteikkolevyt sijoittuvat akseliinsa nähden eri kulmaan riippuen laitteesta. Niiden suunnittelussa tuli ottaa huomioon asennuksen helppous. Valmistajan, Asoma Oy:n nykyaikaisen tuotannon ansiosta suojalevyjä oli mahdollista varioida suhteellisen helposti ja tarkasti. Tämä mahdollisti sen, että levyyn voitiin tehdä laitekohtaiset merkin­nät aukkoon, josta liikevarren akseli tuli ulos laitteesta. Ympyrän muotoiseen aukon reunoihin tehtiin kolot, jotka vastasivat haluttua astelevyn kulmaa. Vastaavasti asteikkolevyyn tehtiin laserleikkauksen yhteydessä kielekemäinen muoto, joka voitiin taituttaa eri kulmaan itse astelevyn pinnasta. Nämä kielekkeet laitettiin asennusvaiheessa suojalevyssä oleviin koloihin, jolloin levy tuli automaattisesti oikeaan kohtaan.



Kuva 30. Asteikkolevyn asemointitapa suojalevyyn

Kuvassa 30 on esitetty asteikkolevyn asennus suojalevyyn. Punaisella värillä on merkattu asteikkolevyssä olevat kielekkeet ja vihreällä suojalevyssä olevat kolot, joihin asteikkolevyn kielekkeet asettuvat. Asteikkolevy kiinnitettiin paikoilleen liimaamalla.

#### 4.5 Istuimen muotoilu G140 -laitteeseen

G140-laite on niskan harjoitteluun ja kuntoutukseen tarkoitettu laite, jossa tehdään harjoitusliikkeitä liikuttaen päätä edestä taakse sekä sivulta sivulle. Vastus kohdistetaan niskan lihaksiin käyttäen apuna liikevarrtta, jonka päässä on pehmuste. Tässä laitteessa on ensiarvoisen tärkeää, että harjoittelija istuu aina samassa suhteessa liikevarreen nähden eli sijoittuu istuimessa aina samaan kohtaan.



Tuotekehitysprojektin aikana nousi esille, että G140-laitteen istuin ei ole riittävän ergonominen. Sen huomattiin painavan harjoittelijan takareisiin eikä se asemoinut harjoittelijaa riittävän tarkasti oikeaan kohtaan. Tuotekehitystiimi totesi, että satulamainen istuin voisi olla ratkaisu tähän ongelmaan. Istuinta lähdettiin suunnittelemaan markkinoilla olevien satulaistuinten pohjalta.

Istuimen muotoilu oli haastava prosessi, koska haluttu muoto ja valmistusmenetelmä riitelivät keskenään. Istuimeen haluttiin kuppimainen muoto, mutta kuitenkin valmistusmenetelmänä olisi muotopuristus viiluista. Kaksoiskaarevien muotojen tekeminen muotopuristamalla on hankalaa, ellei jopa mahdotonta. Tässä ongelmassa auttoi kuitenkin se tosiasia, että puristeen ei tarvitse olla siisti, täydellisesti onnistunut kappale, vaan riittää, että se pitää muotonsa ja kestää käytössä. Rungon päälle laitettiin vaahdotuovipehmuste ja sen päälle nahkainen verhoilu. Tämä mahdollisti hieman suurempien kaarevuuksien käytön.

#### 4.5.1 Ergonomiamallien valmistus

Edellä mainittujen huomioiden pohjalta lähdettiin hahmottelemaan istuinta, joka täyttäisi kriteerit ja olisi mahdollista valmistaa muotopuristustekniikalla. Istuimen muotoa päätettiin lähteä hakemaan siten, että istuimesta piirrettäisiin 3D-malli, joka ulkomuotukseltaan vastaa suunnilleen G140-laitteeseen aiemmin suunniteltua istuinta. Istuimen perusmuodon ja mitoituksen löydyttyä tehtiin siitä ergonomiamalli styrofoamista CNC-jyrsimellä koneistamalla. Tätä mallia testattiin ja havaintojen perusteella tehtiin muutokset 3D-tiedostoon. Tämä prosessi toistettiin kunnes haluttu muoto ja koko löytyi.

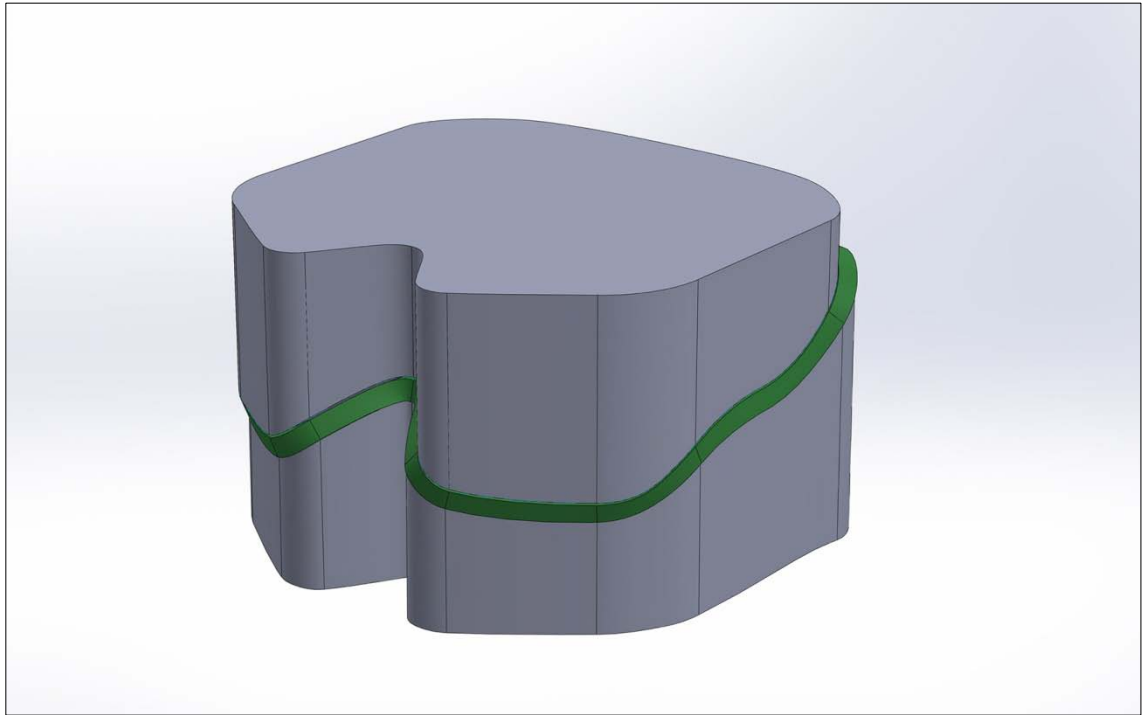
Ennen kuin oikea muoto löytyi, tehtiin ergonomiamalleja yhteensä viisi. Muokattuja 3D-malleja kertyi yhteensä viisitoista. Ensimmäinen versio istuimesta oli varsin pelkistetty, eikä sen testauksessa todettu vastaavan asetettuja kriteerejä. Ensimmäinen malli ei asemoinut istujaa samaan kohtaan ja se painoi jonkin verran takareisiä. Mallissa ei myöskään ollut tarpeeksi syvyyttä ja leveyttä. Toinen ergonomiamalli oli jo huomattavasti parempi kuin ensimmäinen, mutta siinäkin havaittiin puutteita. Istuimen takaosaan toivottiin lisää kuppimaisuutta, jotta se asemoisi istujan paremmin pituussuunnassa. Istuimen etureunat painoivat edelleen takareisiin, mutta eivät yhtä pahasti kuin ensimmäisessä versiossa. Kolmanteen versioon istuimen etureunaa muutettiin

loivemmaksi, jotta se ei painaisi takareisiä. Istuimen takaosan kuppimaisuutta myös lisättiin, mutta sen epäiltiin olevan liian voimakas muotopuristusta ajatellen. Kolmas malli vaikutti jo hyvin kehityskelpoiselta. Se ei painanut takareisiä, mutta istujan asemoinnissa oli edelleen toivomisen varaa. Neljänteen malliin tehtiin muutoksia lähinnä istuimen takaosan kuppimaisuuteen. Tässä vaiheessa todettiin, että kaksoiskaareva muoto ei tule olemaan mahdollinen istuimen takaosassa ja siihen ryhdyttiin keksimään ratkaisua. Hyvin nopeasti syntyi idea, että takareunasta poistetaan kaksoiskaarevuus ja takakulmia nostetaan ylöspäin yhteen suuntaa kaarevina. Näin takaosaan saataisiin asemoiva muoto ilman kaksoiskaarevuutta. Muutokset tehtiin viidenteen ergonomiamalliin ja tämän jälkeen muotoon voitiin olla tyytyväisiä. Liitteessä 9 on esitetty tehdyt ergonomiamallit.

#### 4.5.2 Istuimen rungon protomallin valmistus

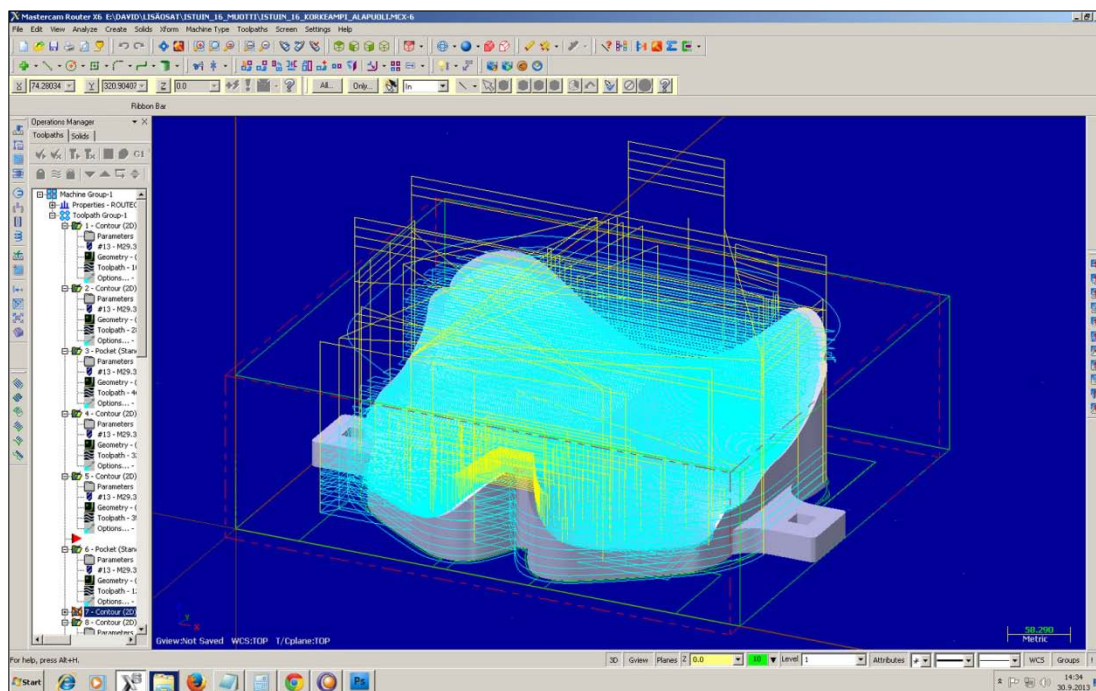
Oikean muodon löydyttyä protomallin valmistus alkoi sillä, että 3D-mallin perusteella tehtiin mallinnus muotista, jolla varsinaisen rungon valmistus tulisi tapahtumaan. Seuraavaksi tehtiin vanerista aihio liimaamalla 25 millimerin paksuisia vanerilevyjä päällekkäin. Aihion liimaamisen jälkeen vuorossa oli muotin koneistus CNC-koneella. Muotin valmistuttua istuimen rungon valmistus saattoi alkaa. Runko tehtiin muotopuristustekniikalla Kymenlaakson ammattikorkeakoulun pajatiloissa. Lopuksi vuorossa oli lopullisen muodon koneistus CNC:llä.

Istuimen rungon muotopuristetta varten täytyi tehdä muotti, jonka valmistus alkoi siten, että muotoilutyön tuloksena saavutetun 3D-mallin avulla tehtiin mallinnus puristusmuotista. 3D-mallin suunnittelussa tuli ottaa huomioon haluttu rungon paksuus, jotta muotista tulisi oikean kokoinen. Muotti suunnitellaan siten, että istuimen rungon 3D-mallin ylä- ja alapintaa käytetään apuna muottipintojen määrittämisessä. Ensin mallinnetaan umpinainen muoto, jonka sisään rungon malli tuodaan halutulle kohdalle. Tämän jälkeen käytetään SolidWorks -mallinnusohjelman cavity-työkalua, jolla umpinaisesta muodosta leikataan tarkalleen rungon kokoinen pala pois. Cavity-työkalu on toiminto, jolla pystytään yhdellä mallilla leikkaamaan toisesta juuri mallin muotoinen pala. Tämän työvaiheen avulla kuutiosta saatiin irrotettua muotin ylä- ja alapuoli ja ne tallennettiin omiksi tiedostoikseen. Kuvassa 31 on havainnollistettu cavity-työkalun käyttö muotin mallintamisessa.



Kuva 31. Cavity-työkalun hyödyntäminen muotopuristusmuotin mallintamisessa

Kuvassa vihreällä värillä on merkattu istuimen rungon malli ja harmaalla muotopuristusmuotin ylä- ja alapuoli. Valmis 3D-malli muotista voitiin tämän jälkeen viedä MasterCam -radoitusohjelmaan. Työstöradoitus tapahtuu hyödyntäen 3D-mallin geometriaa. MasterCam on yksi monista CAM-ohjelmista, (computer aided manufacturing) joiden avulla 3D-mallin geometriasta voidaan tehdä työstöradat. Yksinkertaistettuna työstöradoitus tarkoittaa sitä, että CNC-koneelle kerrotaan millä työstönopeuksilla, syvyysaskelmilla ja liikkeillä koneen tulee saavuttaa haluttu geometria. Radoitus on siis monien eri parametrien hallitsemista siten, että jyrsimen tekniikka ja terät tekevät mahdollisimman tehokkaasti työtä kuitenkin niin, että ne eivät vaurioidu liian voimakkaasta rasituksesta. Työstöparametrien valintaan vaikuttaa käytössä oleva materiaali. Mitä kovempi materiaali, sitä varovaisemmin on työstettävä. (Voutilainen et al. 2002, 115–116.) Radoituksen jälkeen voitiin aiheista työstää muotopuristemuotti. Kuvassa 32 on esitetty istuimen rungon alamuotin radoitus.



Kuva 32. Muotopuristusmuotin alaosan työstöraidoitus MasterCam-ohjelmalla

Kuvassa turkoosit viivat edustavat kuvassa reittiä, jolloin jyrsimen terä on kontaktissa materiaalin kanssa. Vaakasuorat keltaiset viivat edustavat kuvassa reittiä, jolla terä liikkuu silloin, kun se ei ole kosketuksessa materiaalin kanssa. Näin liikkeitä kutsutaan niin sanotuiksi pikaliikkeiksi, koska terää voidaan liikuttaa nopealla vauhdilla. Pystysuorat keltaiset viivat edustavat kuvassa nosto- ja laskuliikettä, jolloin terä joko aloittaa tai lopettaa materiaalin työstön.

Muotin valmistuksen jälkeen muotopuristeen valmistus saattoi alkaa. Muotopuriste on viiluista ristiin laminoitu ja muotoonsa kovassa paineessa puristettu kappale. Ristiin laminointi tarkoittaa sitä, että viiluissa oleva puun syysuunta vaihtelee vuorotellen 90 asteen kulmassa toisiinsa nähden. Tämä rakenne tekee muotopuristeesta kestävä. Tavallisesti viilujen paksuus vaihtelee 0,8 mm ja 1,5 mm välillä. Parhaaseen lopputulokseen päästään, kun viilut ovat taivutuslujuudeltaan sitkeitä, kuivaamattomia sekä ok-sattomia ja suorasyisiä. (Loukola 2001, 93.)

Muotopuristeen valmistus alkoi leikkaamalla viilut halutun kokoisiksi arkeiksi. Tässä tapauksessa sopiva koko oli 500 x 500 mm, koska tällöin puristeeseen jäi riittävä leikkuvuvara myöhempää muotoon jyrsintää varten. Leikkauksen jälkeen viilujen pintaan levitettiin ureahartsiliima ja viilut ladottiin ristikkäin nippuun. Ureahartsiliima (UF) on yleisesti suurtuotannossa käytetty liima sen edullisen hinnan ja nopean kuivumisajan

ansiosta. Se on tarkoitettu sisäkäyttöön ja sopi hyvin tähän tarkoitukseen. (Puuproffa 2013). Liiman levityksen jälkeen viilunippu asteltiin muotin väliin ja muotti puristettiin kovalla paineella kiinni kuumapuristimessa. Tämän jälkeen puristeen annettiin kuivua ennen muotista poistamista.

Muotopuristeen valmistus onnistui odotusarvoon nähden hyvin. Suunnitellussa muodossa oli suhteellisen paljon kaksoiskaarevuutta, mutta tästä huolimatta puristeesta tuli yhtenäinen ja tukeva kokonaisuus. Halkeilua ja viilujen repeilyä tapahtui jonkin verran, mutta se ei kuitenkaan vaikuttanut istuimen kestävyys. Liitteessä 10 on esitetty kuvamateriaalein muotopuristeen valmistus.

Muotopuristeen valmistuksen jälkeen työvaiheista jäljellä oli 3D-mallin mukainen muodon jyrshintä. Muodon jyrshintä sovittiin Davidin tuotekehitysinsinöörin kanssa suoritettavaksi siten, että istuimen takareuna jätettäisiin leikkaamatta, jotta se voitaisiin mitoitaa kokeilemalla sopivaksi laitteessa paikoillaan.

Muotopuristetun kappaleen jyrshintään tarvitaan yleensä jigi, jolla kappale saadaan pysymään jyrsimen työstöpöydässä. Sarjatuotannossa jigistä tehdään sellainen, että kappaleen vaihto on helppoa ja nopeaa. Tällöin kysymykseen tulee yleensä kappaleen kiinnitys jigisiin alipaineella. (Loukola 2001, 104–105) Tehtäessä yksittäisiä kappaleita ei suuren työn vaativan jigin valmistaminen ole yleensä järkevää tai tarpeellista. Tässä tapauksessa päädyttiin ratkaisuun, jossa muotopuristemuottia käytettiin jiginä muodon jyrshintä. Kappale kiinnitettiin jigisiin erikoisvahvalla kaksipuoleisella teipillä sekä kahdella ruuvilla istuimen pohjasta. Liitteessä 11 on esitetty muodon jyrshintä kuvamateriaalein.

## 5 VALMIIT OSAT

Muotoiluprojektin päätyttyä huhtikuun 2012 alussa, oli suojalevyt ja koppa sekä as-teikkolevyt saatu kehitettyä tuotantovalmiiksi ja osa vaati vielä kehitystä tai valmistajan kanssa neuvottelua. Kehitystä vaatineet osat tuotekehitystiimi vei tuotantoon soveltuviksi kevään ja kesän 2013 aikana siten, että muotoilija ei ollut mukana prosessissa. Seuraavissa kappaleissa on esitetty lopulliset osat ja se, mitä keskeneräisille osille on tehty muotoiluprojektin päätyttyä.

## 5.1 Suojakotelointi

Suojalevyt ja koppa saatiin tuotteistettua muotoiluprojektin aikana tuotantovalmiiksi ja ne menivät tuotantoon sellaisenaan. Etulevyn painopakan uran taakse jouduttiin laittamaan metalliputkesta vahvike, joka estää levyn vääntymisen sisäänpäin. Vahvike kiinnitetään kaksipuoleisella teipillä ja on suhteellisen nopea asentaa. Projektin tuloksena syntyivät 3D-mallit, joiden perusteella osat ja niihin tarvittavat työkalut valmistettiin.



Kuva 33. Valmiit 3D-mallit

Kuvassa 33 on esitetty suojalevyt ja koppa renderöityinä kuvina. Vasemmassa reunassa on takalevy, keskellä koppa ja oikeassa reunassa etulevy. Generation Line-malliston lanseerauksen jälkeen suojalevyt otettiin tuotantoon. Kuvassa 34 on uudet laitteet David Health Solutions Oy:n pääkonttorin yhteydessä olevalla kuntosalilla.

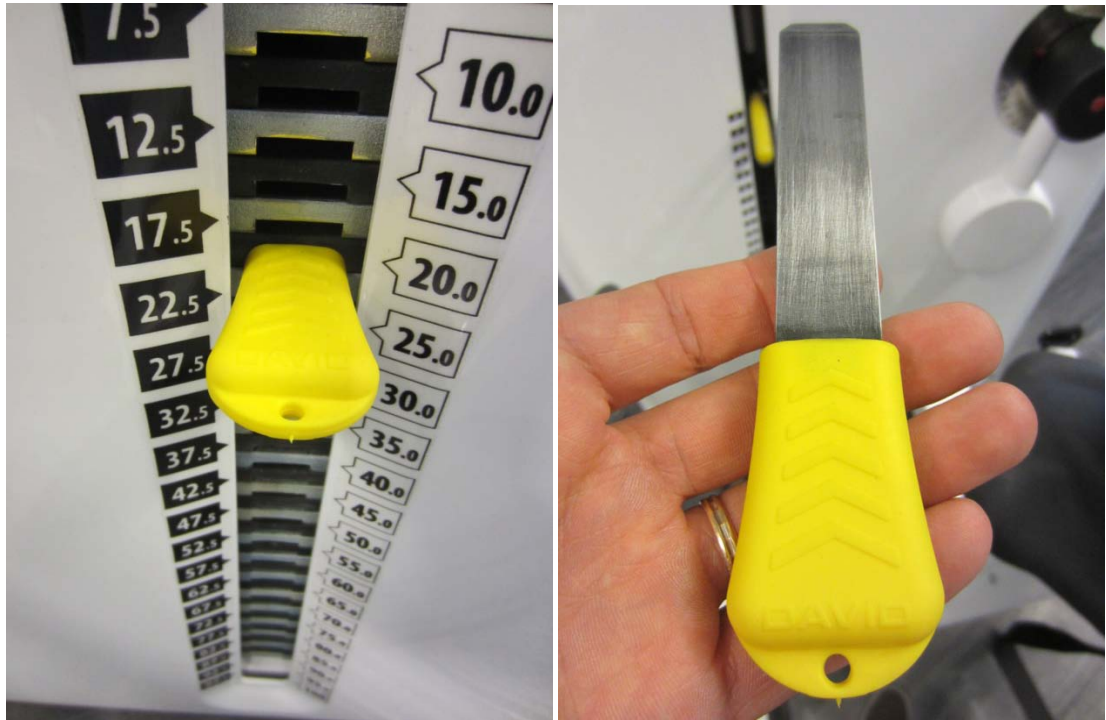


Kuva 34. Generation Line-laitteet. (Parviainen 2013)

Takalevyyn tehtyyn muuntajakotelon kanteen teht

## 5.2 Vastuksen valitsimen nuppi

Vastuksen valitsimen nupin kohdalla päästiin muotoiluprojektin aikana tilanteeseen, jossa siitä tehtiin protomallit FIBO-messuille. Selvitettäviä asioita olivat sokan toiminta laitteessa siten, että sen osat eivät osuisi etulevyyn missään vaiheessa harjoiteltaessa sekä valmistusmenetelmä ja -materiaali. Projektin päättymisen jälkeen valmistusmenetelmäksi valittiin injektiovalu ja materiaaliksi suhteellisen kova elastomeeri. Näillä valinnoilla päästiin kustannustehokkaaseen ratkaisuun. Protomallien testauksessa todettiin myös, että valittua painoa osoittavat indikaattorit oli syytä jättää pois, koska olisi suuri riski, että ne osuisivat suojalevyyn.



Kuva 35. Valmis vastuksen valitsimen nuppi

Kuvassa 35 on valmis vastuksen valitsimen nuppi. Vaikka indikaattorit jouduttiin poistamaan nupista, saatiin vastuksen valinnasta selkeä painoasteikkoon tehtyjen nuolien avulla. Nuolet osoittavat aukkoon, johon sokka tulee laittaa ja se on helppo hahmottaa myös yliviistosta. David -logo toteutettiin alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen kohoumalla syvennyksen sijaan.

### 5.3 Liikevarren navansuoja ja asteikkolevy

Liikevarren navansuojasta tehtiin muotoiluprojektin aikana niin ikään protomallit FI-BO-messuilla olleisiin laitteisiin. Projektin aikana valmistusmenetelmäksi osalle kaa-  
vailtiin injektiovalua ja se valittiinkin myöhemmin. Materiaaliksi valikoitui elastomeeri vastuksen valitsimen nupin tapaan. Muotin pintaan tehtiin kipinätyöstöjälki, jolla pinnan epätasaisuuksia ja mahdollisia pieniä väri vaihteluita voitiin ehkäistä. Asennus tapahtuu suunnitellulla tavalla eli pujottamalla suojan helmat liikevarsien yli ja liimaamalla helmat takaisin kiinni. Ratkaisu on kokoonpanon kannalta hieman haastava, mutta kuitenkin toimiva. Astekulman ilmaisevan viisarin kiinnitys toteutettiin myös suunnitellulla tavalla. Kiinnitys ei ole aivan niin tukeva kuin voisi toivoa, mutta sekin kuitenkin toimiva.



Yhdestä suunnitellusta asteikkolevymallista tehtiin omat versiot kaikkiin laitteisiin. Levyjen astekulmat ja numeroinnit muutettiin vastaamaan jokaisen laiteet vaatimusten mukaisiksi. Kuvassa 36 on tuotantoversiot liikevarren navansuojasta sekä asteikkolevystä.



Kuva 36. Liikevarren navansuojan ja asteikkolevyn tuotantoversiot. (Parviainen 2013)

#### 5.4 Istuin G140-laitteeseen

G140-laitteeseen tehtiin istuimen protomalli FIBO-messuille. Messujen jälkeisessä kehitystyössä todettiin kuitenkin, että muotoiluprojektin aikana suunniteltu istuimen runko on liian haastava ja kallis valmistaa. Istuin olisi myös vaatinut lisää kehitystyötä ergonomian kannalta, jotta se olisi voitu ottaa tuotantoon. Oman istuimen sijaan päädyttiin ostamaan istuin komponenttina yrityksen ulkopuolelta. Salli Systemsin kanssa tehdyn sopimuksen ansiosta laitteissa käytetään Salli satulatuolin runkoa, johon on tehty G140-laitteeseen soveltuva kiinnitysmekanismi. Tällä ratkaisulla istuin saatiin toteutettua kustannustehokkaasti ja vaivattomasti. Kuvassa 37 on G140-laite valitulla salli-istuimella.



Kuva 37. Valittu Salli Solutionsin istuin G140-laitteessa

## 6 LOPPUSANAT

Opinnäytetyön aihe järjestyi KymiDesign&Businessin kautta hieman yllättäen. Ajankohta oli liian varhainen ajatellen omaa opintosuunnitelmaani, mutta en epäröinyt hetkeäkään työn vastaanottamista. Aihe oli kuin minulle luotu, koska pääsisin projektin aikana hyödyntämään monia osa-alueita, joissa koen olevani vahvimmillani ja joihin haluan keskittyä myös valmistuttuani. Toisaalta siinä oli myös muotoilun osa-alueita, joissa koen tarvitsevani enemmän harjoitusta. Projektissa sain käydä läpi koko muotoiluprojektin aina taustatutkimuksesta ja konseptoinnista tuotteen kehittämiseen tuotantokelpoiseksi asti. Projekti oli jo etukäteen ajateltuna vaativa sekä laaja ja sitä se oli myös käytännössä.

Projekti eteni hyvin johdonmukaisesti ja varmasti Davidin laatiman aikataulun mukaisesti. Tämän ansiosta työskentely oli toisaalta helppoa selkeiden aikamääreiden johdosta, mutta toisaalta myös stressaavaa samasta syystä. Luovaa prosessia ei voi pakottaa ja usein hyvät ideat vaativat pitkänkin kypsytelyajan. Kypsytelyvaiheen aikana tulisi olla mahdollisuus jopa haudata ongelma mielen syövereihin ja keskittyä johonkin aivan muuhun. (Uusikylä 2012, 119–120) Tämä on lähes poikkeuksetta mahdotonta kiivasrytmisissä tuotekehitysprojekteissa, joten suunnittelijan on hyvä tiedostaa luovan prosessin vaiheet ja harjoitella se nopeuttamista. Siitä huolimatta kuningaside-

aa ei aina synny vaaditussa ajassa, joten tällöin on pystyttävä viemään kehitystyötä eteenpäin niillä eväillä mitä on ja hyväksyttävä se.

Projekti oli mielestäni kokonaisuudessaan onnistunut. Sille asetetut tavoitteet täyttyivät ja pystyin toimimaan asiakasyrityksen kanssa ammattimaisesti ja tehokkaasti. Erityisesti olen tyytyväinen tuotteistamisvaiheeseen, jossa ilokseni huomasin, että tietoni ja taitoni riittävät yrityksen insinöörien kanssa kommunikointiin. Parannettavaa näen muotoiluprosessin alkupäässä, tutkimuksessa ja erityisesti konseptoinnissa. Luonnosteluvaiheessa täytyy saada tuotettua enemmän ideoita ja piirroksia, jotta niistä voi keskustella muiden kanssa. Toisaalta paperiluonnosten vähyys ei kuitenkaan todista sitä, että ettei vaihtoehtoja olisi ollut. Työskentelen yleensä luonnosteluvaiheessakin tietokoneella piirtäen, ja kun mallinnusohjelma on hyvin hallussa voi sillä tehdä hyvin nopeasti erilaisia vaihtoehtoja. Esimerkiksi yhtä kaarta voi muokata loputtomasti yhden luonnoksen sisällä. Näin ollen jo yhdestä luonnoksesta voi olla käyty läpi kymmeniä erilaisia vaihtoehtoja. Toki tietokoneen ruudulla tehdyt kokeilut eivät kaikki dokumentoidu mikä vaikeuttaa niistä keskustelemista toisten kanssa. Enkä myöskään väheksy käden, silmän ja aivojen yhteistyötä piirrettäessä. Toisaalta samat kehot osat työskentelevät myös tietokoneella piirrettäessä, joten ehkäpä tässä tapahtuu ajan myötä jonkinlaista evoluutiota. Joka tapauksessa luonnosteluvaihe on asia, johon minun tulee kiinnittää tulevaisuudessa huomiota ja kehittää siinä itseäni.

Projektista opin käytännössä tuotekehitysprojektissa toimimista ja opin myös ymmärtämään, kuinka monta asiaa on otettava huomioon sen aikana. Opin myös paljon tyhjiömuovauksesta sekä erilaisista muovinvalutekniikoista. Tärkein anti oli kuitenkin it-seluottamuksen paraneminen, kun huomasin pystyväni toimimaan muotoilijana vaativassa tuotekehitysprojektissa.

Opinnäytetyön kirjallisesta osuudesta tuli hieman liian pintaa raapaiseva kokonaisuus. Halusin kertoa kaikki tärkeimmät osa-alueet, koska mielestäni olisi ollut sääli rajata hyvä kokonaisuus johonkin tiettyyn osaan. Laajasta rajauksesta huolimatta raportista jäi pois monia pienempiä kokonaisuuksia, joiden parissa työskentelin projektin aikana. Myös raportoiduista osa-alueista jäi paljon pois ongelmia, joita kohdattiin ja ratkottiin. Raportti onkin enemmän kuvaus siitä, mihin lopputuloksiin päädyttiin.

Yhteistyö yrityksen kanssa sujui mutkattomasti ja se oli erittäin antoisaa. Sähköinen projektinhallintatyökalu mahdollisti nopean keskusteluyhteyden ja oli varmasti yksi avaintekijä onnistuneelle projektille. Toisaalta tämä aiheutti myös sen, että työhön jäi aika pahoin koukkuun ja välillä oli todella vaikea keskittyä muihin projekteihin. Lähes yöaikaan käydyt keskustelut jonkin osan suunnittelusta eivät välttämättä pidemmän päälle ole terveellisiä ja on opeteltava myös vetämään raja työn ja vapaa-ajan välille. Toisaalta muotoilijan työ on projektiluontoista ja työtä on tehtävä silloin, kun sitä on. Tällöin tulee muistaa levätä aina projektin päätyttyä. On opeteltava myös tunnistamaan itselle sopivat työajat eli milloin on tehokkain aika tehdä työtä. Itselleni tuo aika on hyvin usein juuri tuo myöhäisilta ja alkuyö, jolloin voi päästä jopa flow-tilaan, jossa toiminta on hyvin automaattista, vaivatonta, ja miellyttävää.

Siispä kohti uusia haasteellisia projekteja ja flow-kokemuksia!

## LÄHTEET

Anttila, Pirkko 1996. Tutkimisen taito ja tiedonhankinta. Taito-, taide- ja muotoilualojen tutkimuksen työvälineet. Helsinki: Akatiimi Oy.

Auvinen, Seppo; Osimäki, Olavi; Koponen, Hannu; Saimovaara, Juhani; Tiainen, Jouko; Tiainen, Juha & Tolvanen, Paavo 2008. Puusepänteollisuus 3. Helsinki: Opetushallitus.

Keinonen, Tuukka & Jääskö, Vesa 2003. Tuotekonseptointi. Helsinki: Teknologiateollisuus Ry.

Kempainen, Mikko 2012: David Health Solutions Oy:n Future Line-kuntolaitteiden käytettävyys ja muotoilu. Seminaarityö. Kouvola. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Painamaton lähde.

Kokkonen, Ville; Kuuva, Markku; Leppimäki, Sami; Lähteinen, Ville; Meristö, Tarja; Piira, Sampsa & Sääskilähti Mikko 2005. Visoiva tuotekonseptointi. Työkalu tutkimus- ja kehitystoiminnan ohjaamiseen. Helsinki: Teknologiateollisuus Ry.

Kettunen, Ilkka 2000. Muodon palapeli. Helsinki: Werner Söderström Osakeyhtiö.

Kurri, Veijo; Mälén, Timo; Sandell & Virtanen, Matti 1999. Muovitekniikan perusteet. Helsinki: Opetushallitus.

Lehtinen, Markku 1994. Teollinen muotoilu. Tuotekehityksen ja markkinoinnin tuki. Helsinki: Opetushallitus.

Loukola, Sakari 2001. Puusta pitkään. Puutuotteiden suunnittelu ja valmistus. Helsinki: WSOY.

Parantainen, Jari 2007. Tuotteistaminen. Rakenna palvelusta tuote 10 päivässä. Helsinki: Talentum Media Oy

Sounio, Liisa 2010. Brändikäs. Helsinki: Talentum Media Oy

Tuomi, Jouni; Sarajärvi, Anneli 2002. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Ulrich, Karl T. & Eppinger, Steven D. 2012. Product Design and Development. New York: McGraw-Hill Companies Inc.

Uusikylä, Kari 2012. Luovuus kuuluu kaikille. Jyväskylä: PS-kustannus.

Voutilainen, Matti; Isomäki, Olavi; Jussila, Ari; Lampinen, Timo E; Lindeman, Keijo; Mäkinen, Kalevi; Osara, Olavi; Peltonen, Aarne; Sahinoja, Tapio; Taskinen, Leo; Vanhatalo, Aki; Varonen, Unto; Virolainen, Sakari & Welling, Irma 2002. Puuteollisuus 1. Tekniset ja taloudelliset perusteet. Helsinki: Opetushallitus.

Vuokko, Pirjo 1997. Avaimena asiakaslähtöisyys. Helsinki: Oy Edita Ab.

### **Internet-lähteet**

David Health Solutions Oy 2013a. Spine Concept. Saatavissa:  
<http://www.david.fi/en/medical-concepts/spine-concept> [Viitattu 10.9.2013]

David Health Solutions Oy 2013b. Spine Concept. Saatavissa:  
<http://www.david.fi/en/medical-concepts/spine-concept> [Viitattu 10.9.2013]

David Health Solutions Oy 2013c. Introduction. Saatavissa:  
<http://www.david.fi/en/company-info/introduction/> [Viitattu 15.9.2013]

David Health Solutions Oy 2013d. History. Saatavissa:  
<http://www.david.fi/en/company-info/history/> [Viitattu 15.9.2013]

Jokinen, Tapani. Tuotekehitys 2010. Saatavissa:  
<http://lib.tkk.fi/Reports/2010/isbn9789526033204.pdf> [Viitattu 28.9.2013]

Muovimuotoilu 2013. Uretaanimenetelmät, RIM. Saatavissa:  
<http://www.muovimuotoilu.fi/content/view/49/82/> [Viitattu 30.9.2013]

Puuproffa 2013. Viilutus. Saatavissa  
[http://www.puuproffa.fi/proffin/index.php?option=com\\_content&task=view&id=156  
&Itemid=232](http://www.puuproffa.fi/proffin/index.php?option=com_content&task=view&id=156&Itemid=232) [Viitattu 17.9.2013]

Simula, Jussi; Lehtimäki, Tuula & Salo, Jari 2008. Re-thinking the product – from innovative technology to productized offering. Saatavissa:  
[http://scholar.google.fi/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=fi&user=HNgX6j8AAAJ  
&citation\\_for\\_view=HNgX6j8AAAJ:9yKSN-GCB0IC](http://scholar.google.fi/citations?view_op=view_citation&hl=fi&user=HNgX6j8AAAJ&citation_for_view=HNgX6j8AAAJ:9yKSN-GCB0IC) [Viitattu 1.10.2013]

### **Suulliset lähteet**

Haapanen, Ari 17.12.2012. Projektipäällikkö, Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.  
Kouvola.

Parviainen, Arno 5.9.2012. Toimitusjohtaja, David Health Solutions Oy. Outokumpu

## KUVALUETTELO

Kuva 1. Viitekehys

Kuva 2. G110-laitteen runko.

Kuva 3. Suojalevyjen työversiot.

Kuva 4. Liikevarren sekä liikevarren navan sijainti.

Kuva 5. Vanha ja uusi vastuksen valitsin.

Kuva 6. Kaarevalinjainen konsepti.

Kuva 7. Pyöreälinjainen konsepti.

Kuva 8. Suoralinjainen konsepti.

Kuva 9. Koteloinnin osat.

Kuva 10. Muottien päästävyys.

Kuva 11. Yhdenmukaistetut pyöritykset. Yläprojektio laitteen rungosta.

Kuva 12. Suojalevyä rajoittavat tekniset ratkaisut. Yläprojektio laitteen rungosta.

Kuva 13. Kaksi eri koppaversiota sekä kopan olake.

Kuva 14. Päätyprofiilin kehitys.

Kuva 15. Takalevyn suurin mahdollinen kaarevuus, kun rungon ja levyn reunojen säteen rajoitukset on otettu huomioon.

Kuva 16. Suojalevyjen kiinnitysvaihtoehdot.



Kuva 17. Päätyprofiilin muutos.

Kuva 18. Suojalevyjen kiinnitys.

Kuva 19. Kopan sovitus paikoilleen.

Kuva 20. Painopakan ura sekä kehitysversiot.

Kuva 21. Pakanuran kynte.

Kuva 22. Muuntajakotelon rakenne.

Kuva 23. Logon lopullinen sijainti takalevyssä.

Kuva 24. Tekstin upotuskokeilu.

Kuva 25. Levyihin tehdyt aukotukset.

Kuva 26. Valitsinsokan muutokset.

Kuva 27. Navan suojan asennustapa.

Kuva 28. Navan suojan kiinnitys.

Kuva 29. Valmis asteikkolevymalli.

Kuva 30. Asteikkolevyn asemointitapa suojalevyyn.

Kuva 31. Cavity-työkalun hyödyntäminen muotopuristusmuotin mallintamisessa.

Kuva 32. Muotopuristusmuotin alaosan työstöradioitus MasterCam-ohjelmalla.

Kuva 33. Valmiit 3D-mallit.

Kuva 34. Generation Line-laitteet.

Kuva 35. Valmis vastuksen valitsimen nuppi.

Kuva 36. Liikevarren navansuojan ja asteikkolevyn tuotantoversiot. (Kuva: Arno Parviainen, David Health Solutions Oy 2013)

Kuva 37. Lopullinen istuin G140-laitteessa.

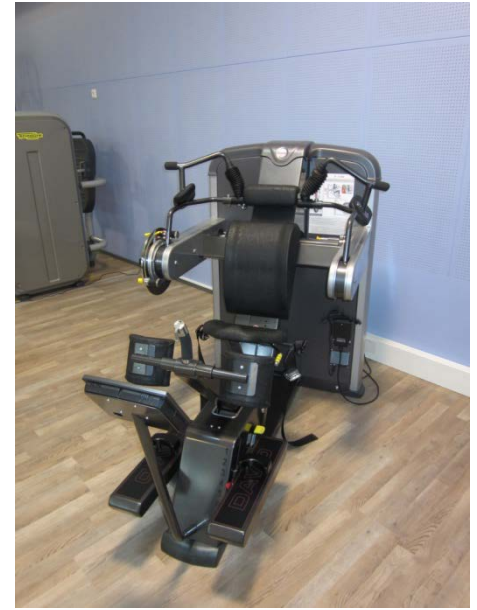
Kaikki kuvamateriaalit, joissa ei muuta mainintaa: Kemppainen Mikko, 2013



F110



F120



F130



F140



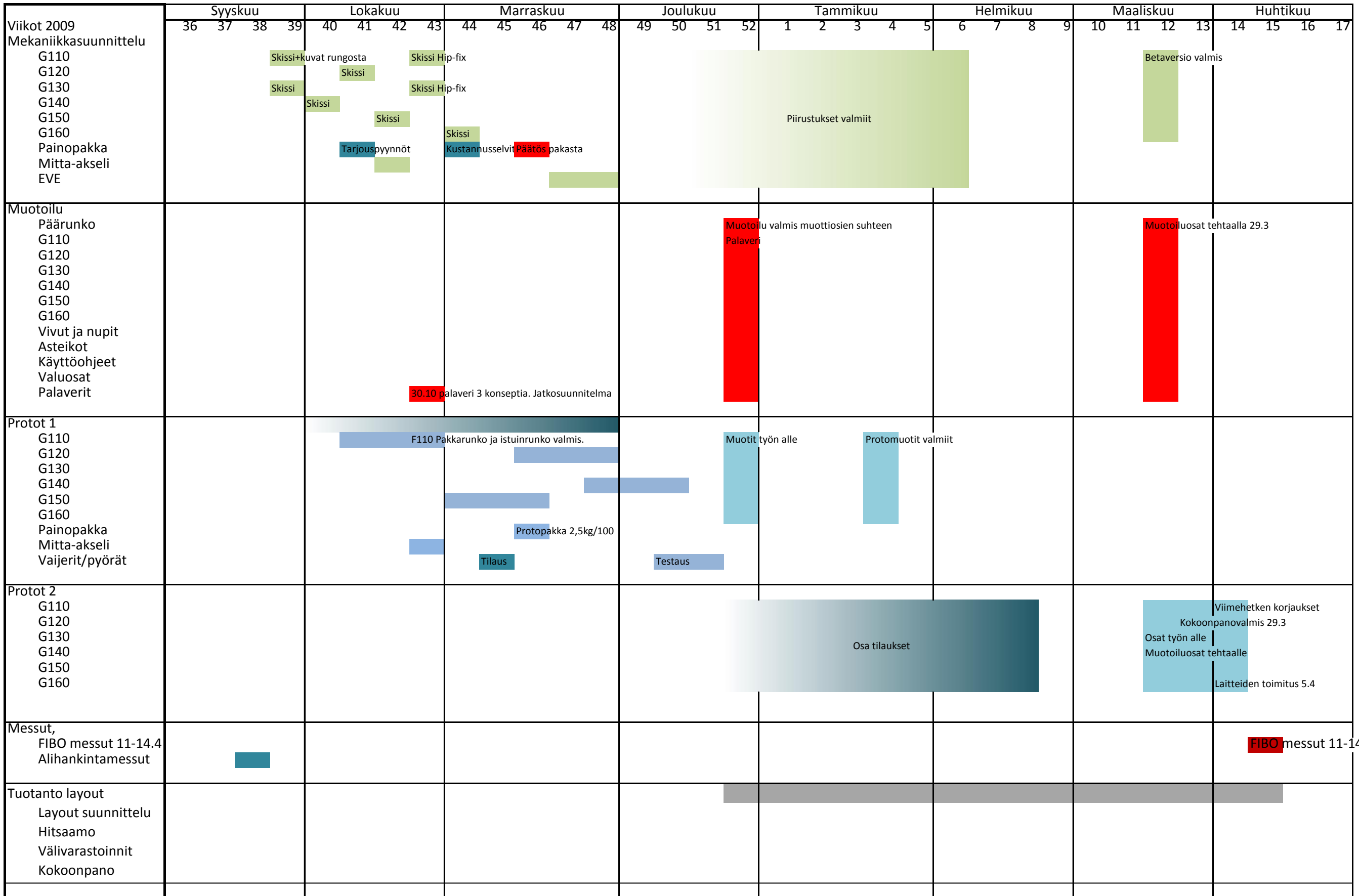
F150



Infokioski

G-line aikataulu

Jaakko Iikka Ari Tuotanto Yhteiset Kymi D Raimo







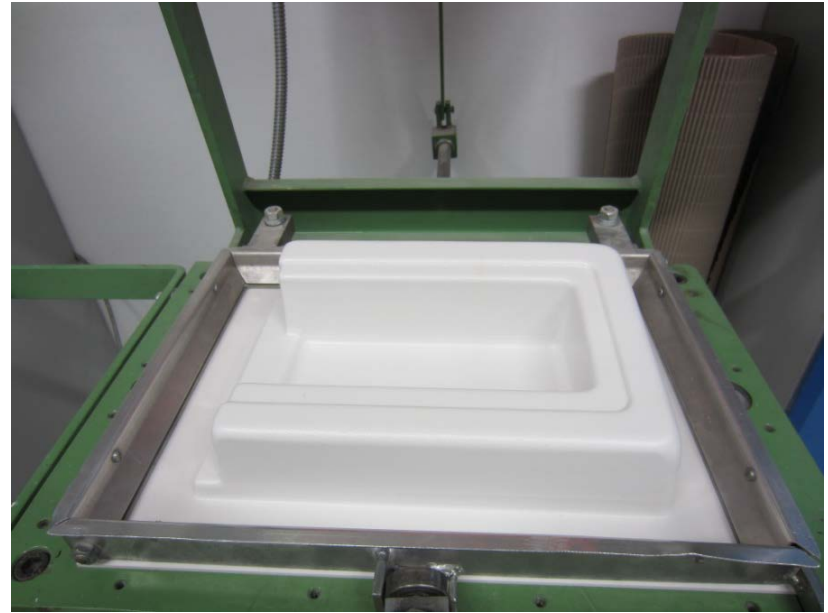








Tyhjiömuovauskone, jolla protomalli valmistettiin



Tyhjiömuovattu muuntajakotelo



Muuntajakotelon kannen pohjan muoto

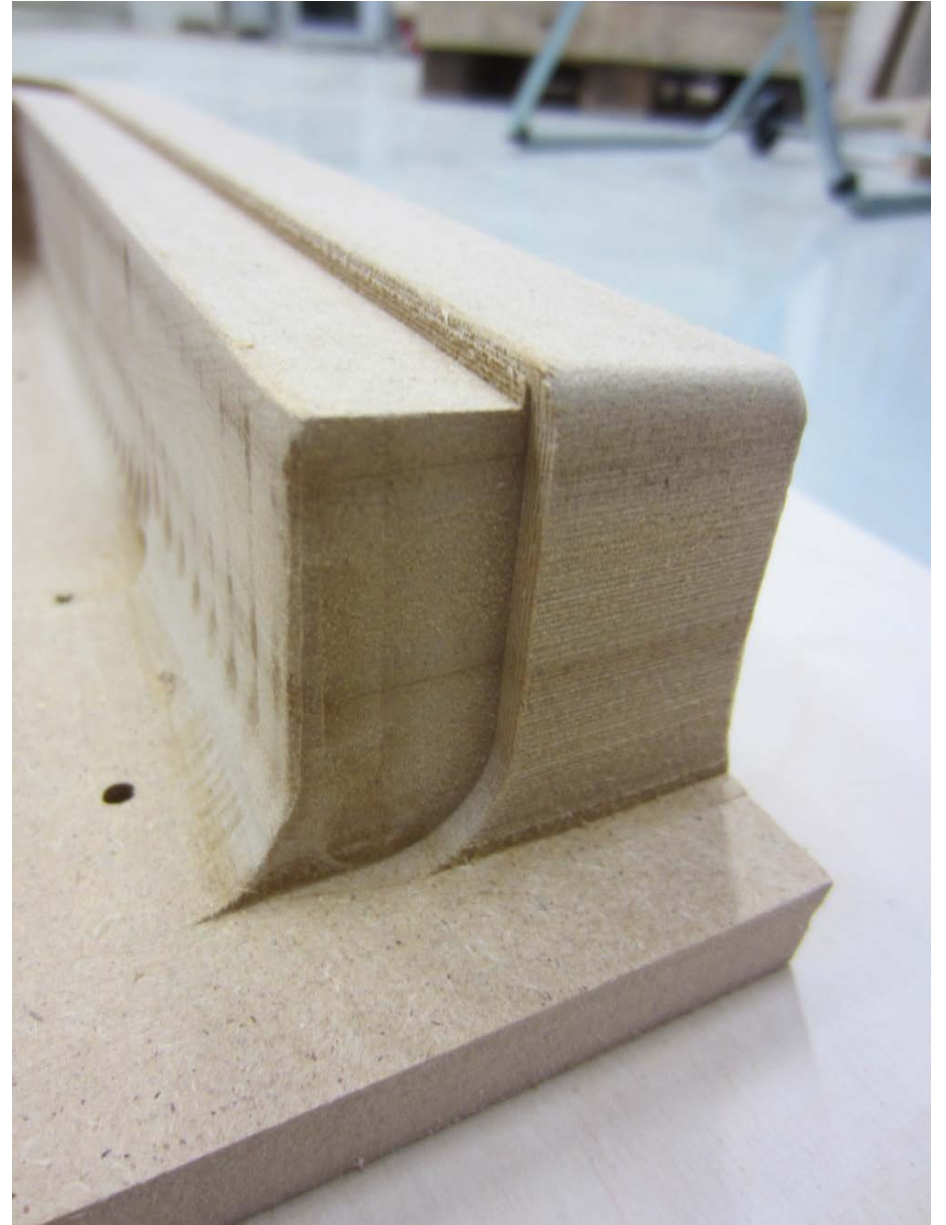
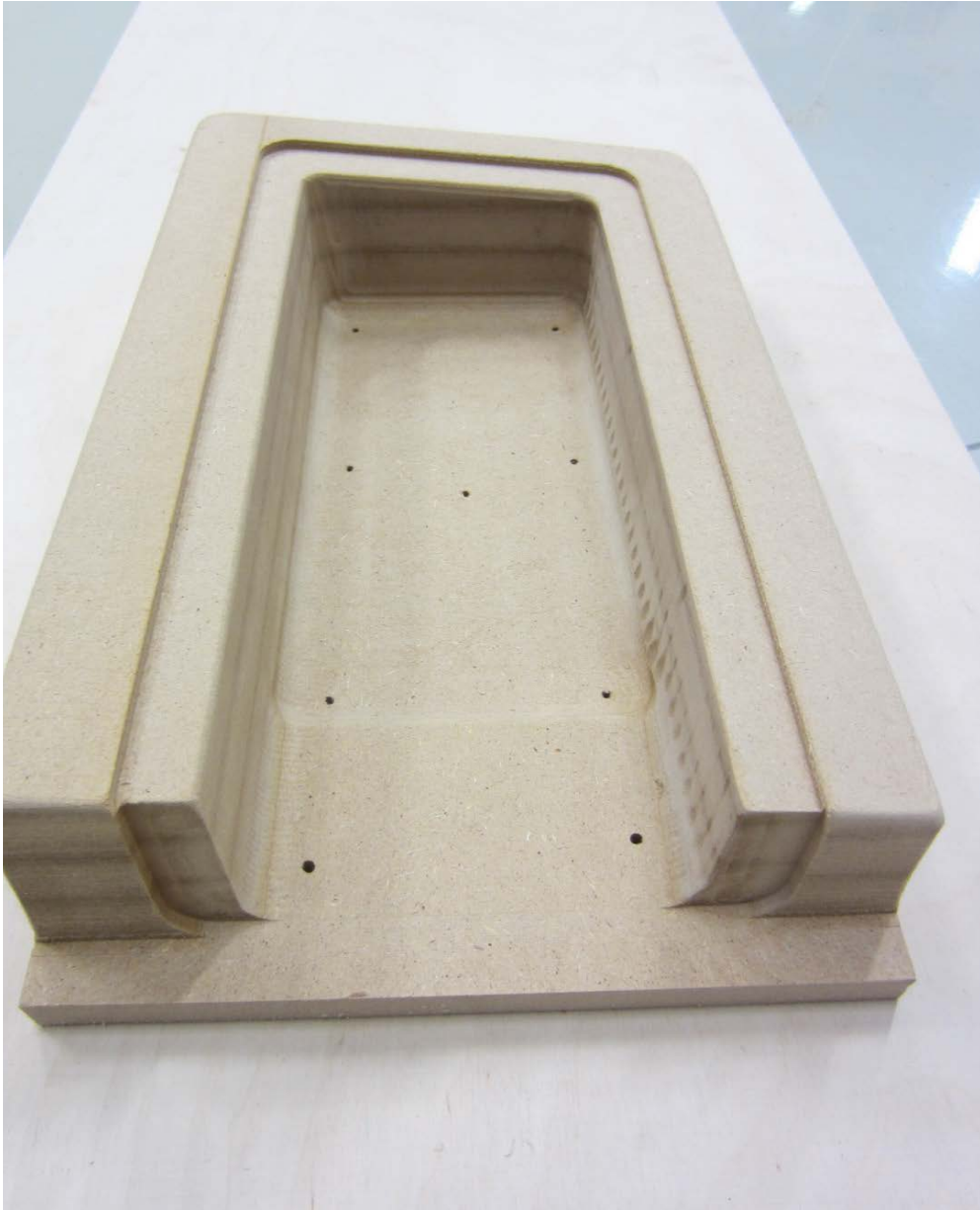




Valmis muuntajakotelo magneettikiinnityksellä



Valmis muuntajakotelo kansi paikoillaan



CNC-koneella koneistettu tyhjiömuovausmuotti





Ensimmäinen protokappale etulevystä



Ensimmäinen protokappale takalevystä





Jigi muodon koneistusta varten



Muodon jyrsintä käynnissä



Koneistettu suojalevy



Koneistettu suojalevy



Ensimmäinen pikamalli



Pikamalli testimaalauksen jälkeen



Prototomallit heti tulostuksen jälkeen



Tukimateriaalin mekaaninen poisto

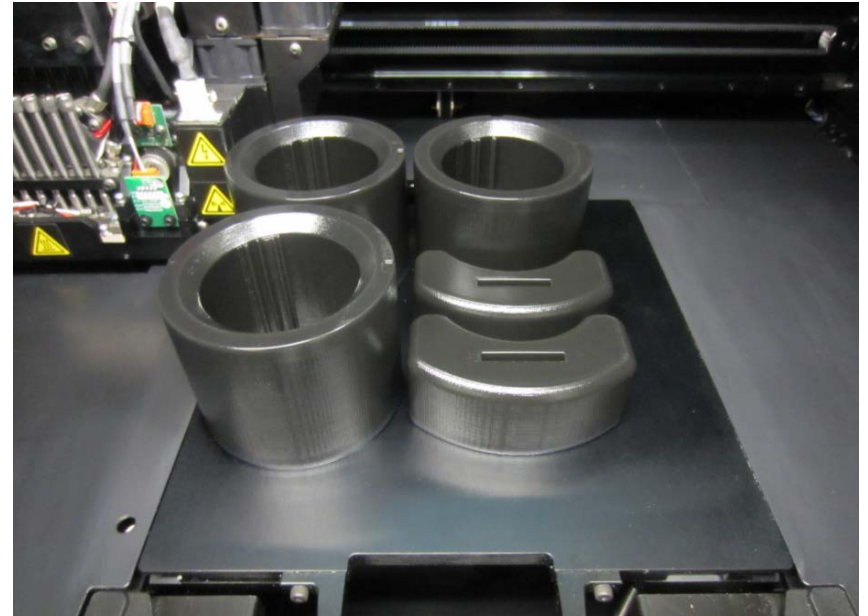




Protomalli sokasta



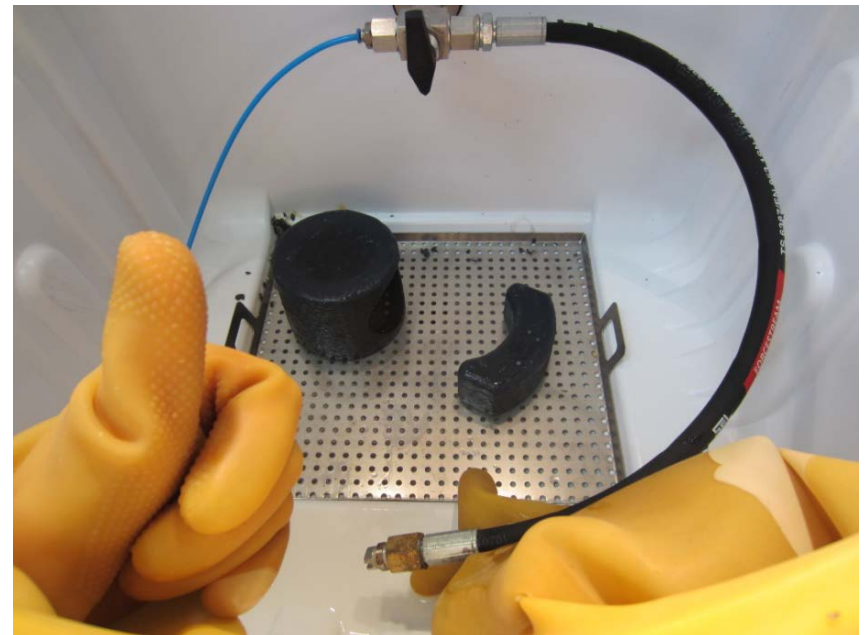
Suojasta tehtiin ensin malli ½ mittakaavassa



Valmiit pikamallit 3D-tulostimessa



Pikamalli mekaanisen tukiaineen poiston jälkeen

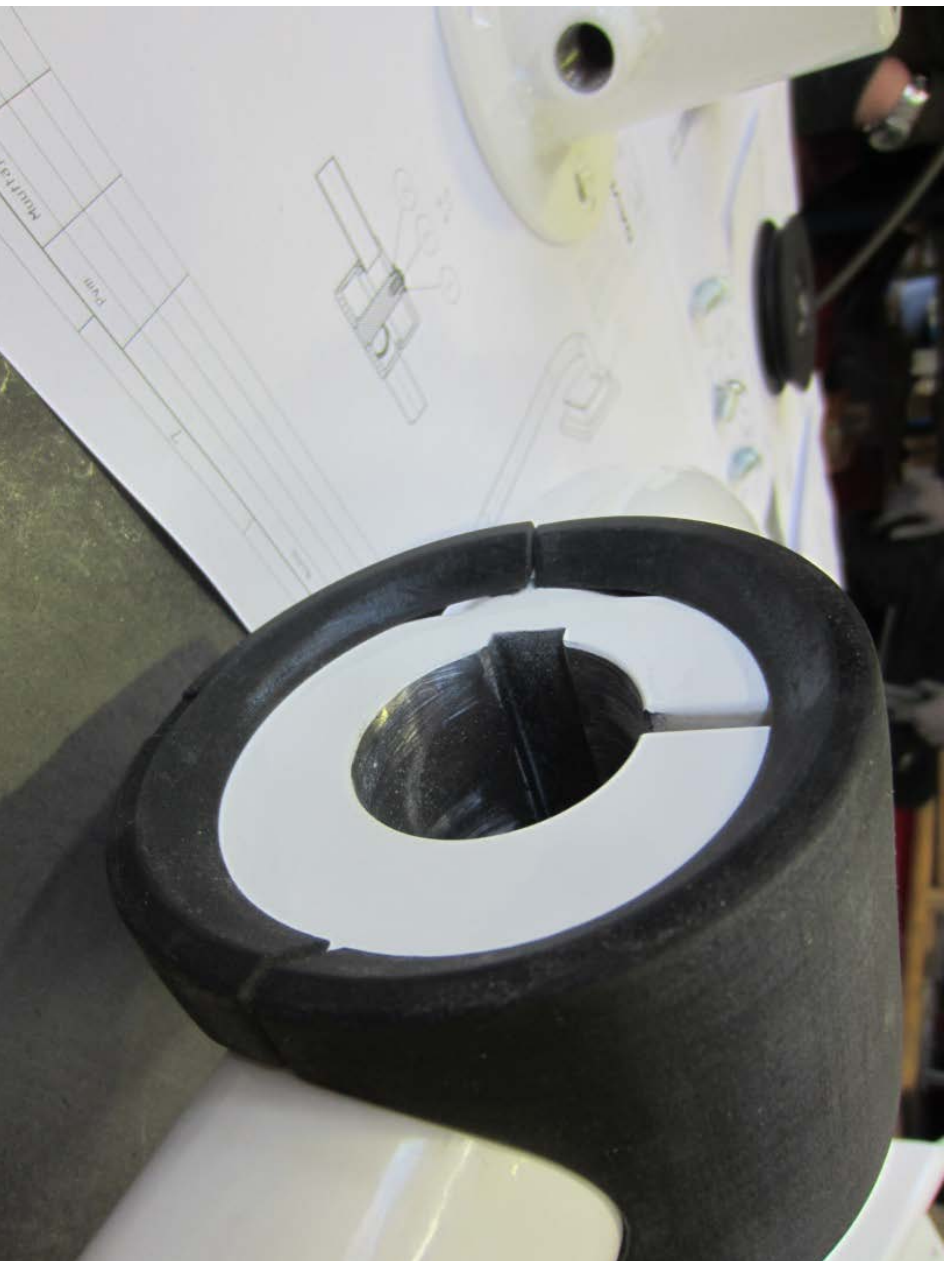


Malli pesurissa





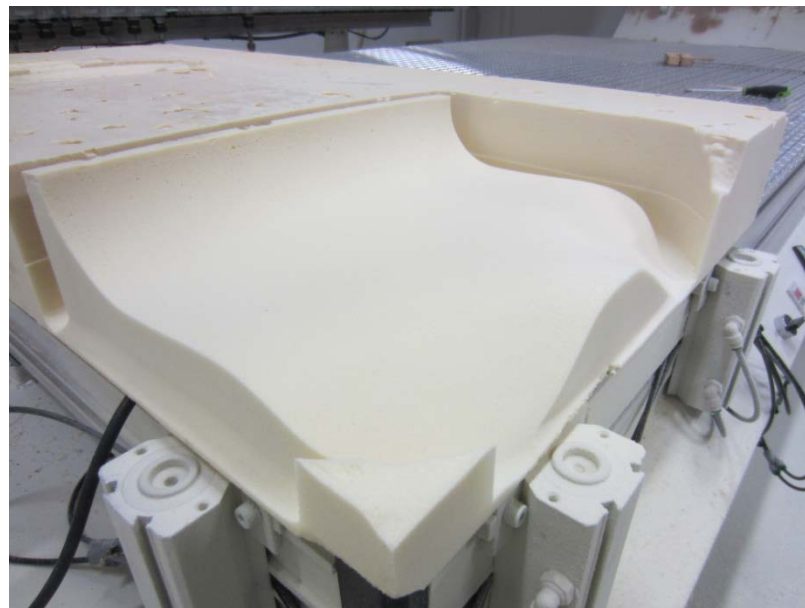
Valmis protomalli



Valmis protomalli irrallaan olevassa liikevarressa



Ensimmäinen ergonomiamalli



Toinen ergonomiamalli

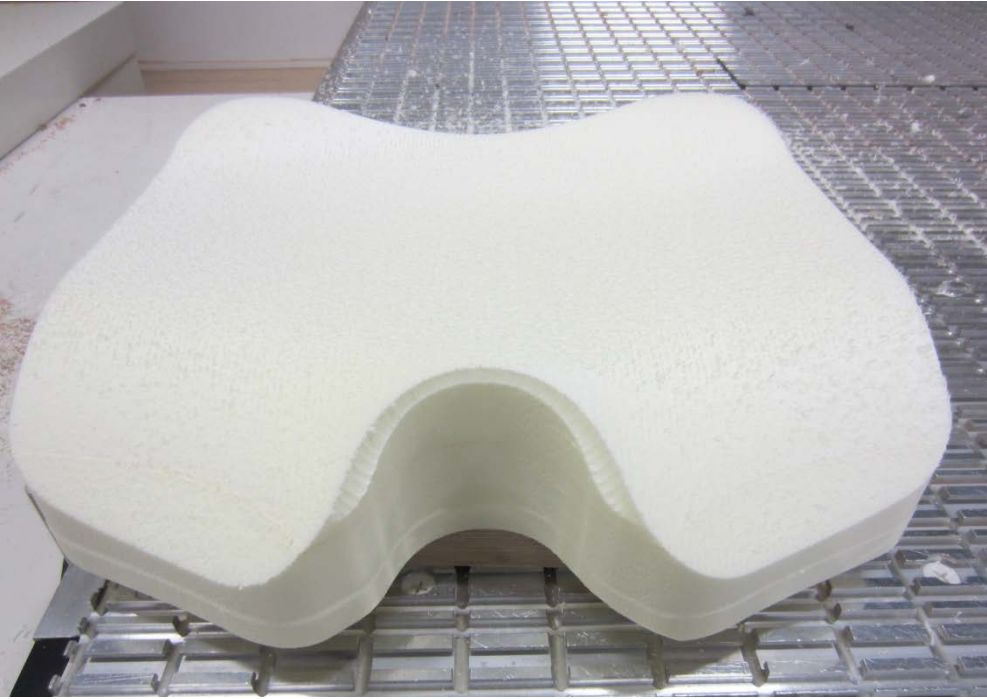


Kolmas ergonomiamalli



Neljäs ergonomiamalli





Viides ergonomiamalli





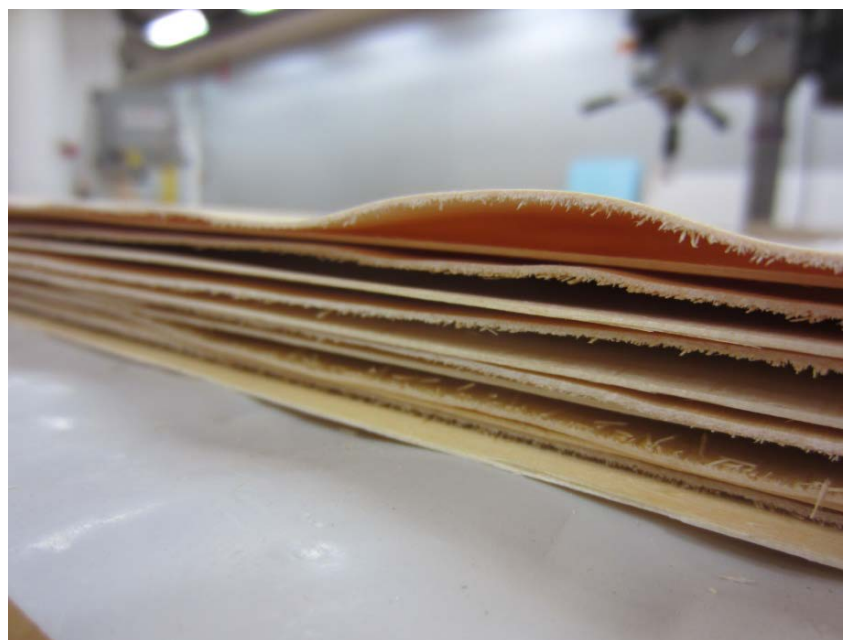
Muotti ylä- ja alapuoli erillään



Muotti kiinni ilman viiluja



Ureahartsiliiman levitys



Ristiin ladotut ja liimatut viilut valmiina puritusta varten





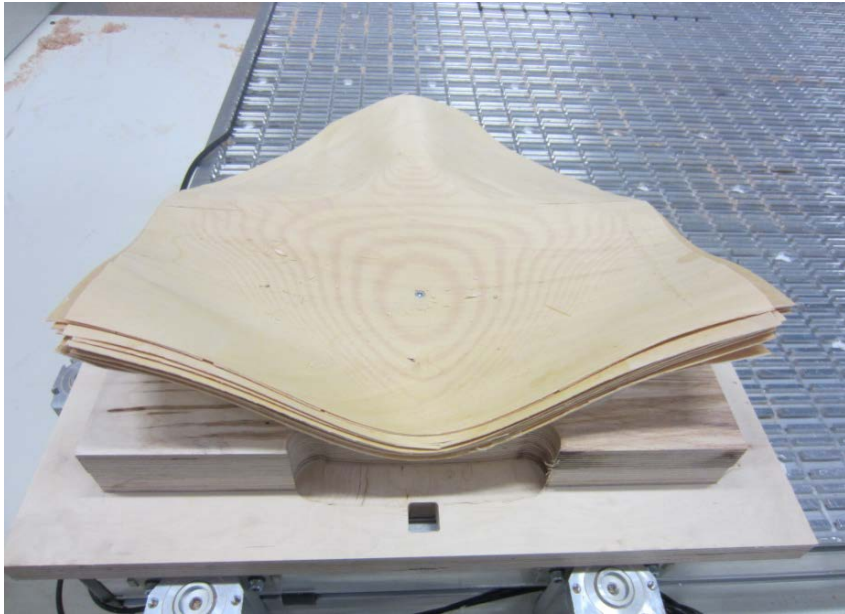
Muotopuriste kuumapuristimessa



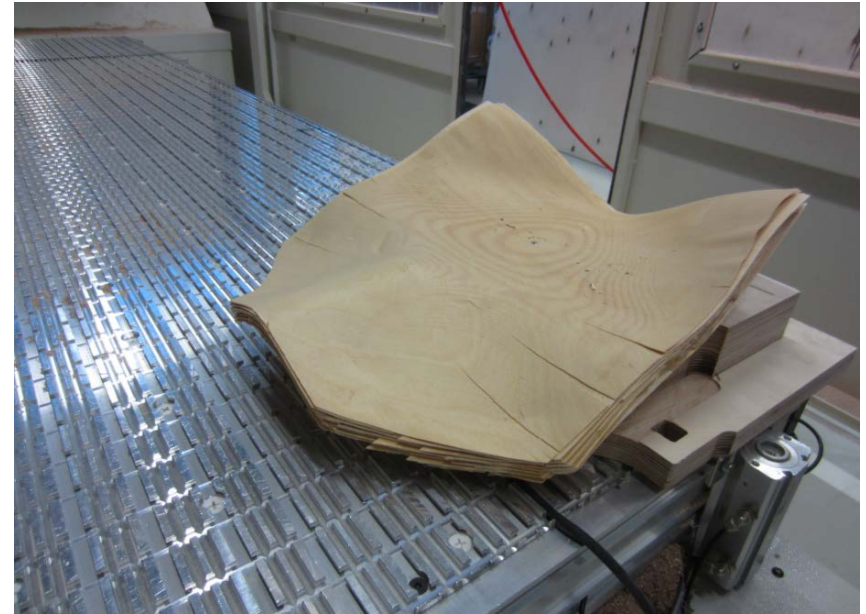
Valmis muotopuriste yläpuolelta



Valmis muotopuriste alapuolelta



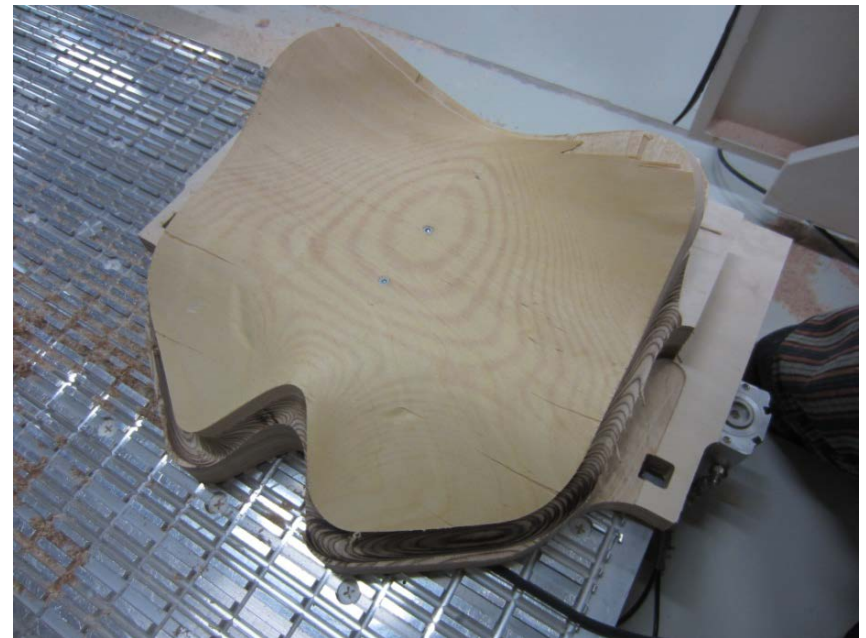
Muotopuriste kiinnitetty muotin avulla imupöytään



Muotopuriste kiinnitettiin muottiin ruuveilla ja teipillä



Muotoon jysitty istuimen runko



Muotoon jysitty istuimen runko