



# Yleiskäyttöisen infokioskin suunnittelu

Santeri Moisio

OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2020

Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Älykkäät koneet

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Älykkäät Koneet

MOISIO, SANTERI:  
Yleiskäyttöisen infokioskin suunnittelu

Opinnäytetyö 59 sivua  
Toukokuu 2020

---

Opinnäytetyössä suunniteltiin Elkome Installaatiot Oy:lle yleiskäyttöinen infokioski, jossa on kolme erilaista asennustapaa ja mahdollisuus käyttää eri valmistajien laitteita. Suunnittelu keskittyi infokioskin osien ja kokoonpanojen valmistettavuuteen ja kokoonpantavuuteen.

Opinnäytetyössä perehdytään valmistettavuuteen ja kokoonpantavuuteen vaikuttaviin tekijöihin sekä ohutlevyn valmistusmenetelmiin ja suunnittelusääntöihin. Työssä perehdytään myös ohutlevyosan mallinnuksen työvaiheisiin.

Suunnittelutyö aloitettiin mitoittamalla ja sijoittamalla työssä käytetyt laitteet yhteen osakokoonpanoon, jota kutsutaan tässä työssä päämoduuliksi. Tämän jälkeen suunniteltiin eri asennustapojen osakokoonpanot ja päämoduulin kiinnitys niihin. Suunnittelu ja piirustukset tehtiin Solidworks 2019 -suunnitteluohjelmistolla ja rakenneosien analysoinnissa käytettiin Autodesk Fusion 360 -suunnitteluohjelmiston simulointiominaisuuksia.

Opinnäytetyön lopputuloksena syntyi yleiskäyttöisen infokioskin osien ja kokoonpanojen 3D-mallinnusten lisäksi tuotantovalmiit valmistuspiirustukset ja kokoonpano-ohjeet prototyypille. Tuotteesta saatiin projektin alussa määriteltyjen kriteerien mukaisesti valmistettava kokonaisuus. Edullisella ja yleiskäyttöisellä infokioskilla on kolme erilaista asennustapaa, ja sen suunnittelu toteutettiin valmistettavuuden ja kokoonpantavuuden näkökulmasta ohutlevyn suunnittelusääntöjä noudattaen. Valmistuspiirustusten ja kokoonpano-ohjeiden avulla Elkome Installaatiot Oy voi valmistaa tuotteesta testattavan prototyypin jatkokehitystä varten.

---

Asiasanat: tuotesuunnittelu, ohutlevy, valmistettavuus, kokoonpantavuus

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical Engineering  
Intelligent Machines

MOISIO, SANTERI:  
Designing a General-Purpose Information Kiosk

Bachelor's thesis 59 pages  
May 2020

---

This thesis was commissioned by Elkome Installaatiot Oy and the purpose was to design an information kiosk which has three different installation options and capability to use devices from different manufacturers. The design focused mainly on manufacturability and assemblability of parts and assemblies.

In this study, the focus was on factors that affect manufacturability and assemblability of products. Moreover, design rules and 3D modelling of sheet metal parts were investigated.

The work was initiated by dimensioning and positioning all the devices used in the information kiosk into a single subassembly, referred to as the main module in this study. After that, the subassemblies of the different installation methods and their attachment to the main module were designed. Designing and drawings were made with Solidworks 2019, and analysis of structural parts was conducted using the simulation features of Autodesk Fusion 360.

As a result of this thesis, complete drawings, assembly instructions, and 3D models for a general-purpose information kiosk prototype were created. The product was designed successfully according to the criteria defined at the beginning of the project. The inexpensive and general-purpose information kiosk has three different installation methods. The design process was carried out from the point of view of manufacturability and assemblability in accordance with sheet metal design rules. With the complete drawings and assembly instructions, Elkome Installaatiot Oy is able to manufacture a prototype for further testing and improvement of the product.

---

Key words: product design, sheet metal, manufacturability, assemblability

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
1.1	Elkome Installaatiot Oy.....	5
1.2	Infokioski .....	5
1.3	Työn tavoite ja tarkoitus .....	6
2	TUOTTEEN VAATIMUKSET JA SUUNNITTELUPERIAATTEET .....	7
2.1	Tuotteen vaatimusten määrittely .....	7
2.2	DFMA-suunnittelu .....	8
2.2.1	DFM.....	9
2.2.2	DFA .....	10
3	OHUTLEVY.....	14
3.1	Ohutlevyn leikkaaminen .....	15
3.1.1	Leikkaamisen suunnittelusäännöt.....	17
3.2	Ohutlevyn taivuttaminen.....	20
3.2.1	Taivuttamisen suunnittelusäännöt .....	21
4	SOLIDWORKS.....	25
4.1	Osa, kokoonpano ja valmistuspiirustus .....	25
4.2	Ohutlevyn mallintaminen .....	29
5	SUUNNITTELUN PÄÄVAIHEET .....	34
5.1	Infokioskin laitteet.....	34
5.2	Kokoonpantavuus ja asennustavat .....	37
5.3	Osien valmistettavuus .....	43
5.4	Osien ja kokoonpanojen analysointi .....	45
5.5	Ulkonäköön liittyvät tekijät.....	49
5.6	Piirustukset, kokoonpano-ohjeet ja markkinointikuvat.....	52
6	POHDINTA .....	55
6.1	Projektin eteneminen .....	55
6.2	Prototyyppi .....	56
6.3	Jatkokehitys .....	57
	LÄHTEET .....	59

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Elkome Installaatiot Oy

Elkome Installaatiot Oy on yksi Elkome-konsernin yhtiöistä. Elkome Installaatiot Oy suunnittelee sekä valmistaa muun muassa sähkökeskuksia, testausjärjestelmiä ja infokioskeja.

Elkome Installaatiot Oy on vuonna 1993 perustettu yhtiö ja sen liikevaihto vuonna 2018 oli noin 4 miljoonaa euroa. Elkome Installaatiot Oy:n päätoimiala on automaatio ja toimipaikka sijaitsee Hyvinkäällä. (Finder n.d.). Elkome Installaatiot Oy koostuu pääasiassa suunnittelijoista ja asentajista. Hyvinkäällä sijaitsevassa toimipaikassa on toimistotila sekä halli, jossa Elkomen valmistamia tuotteita kasaataan ja asennetaan. Osien valmistus tilataan alihankkijoilta. Elkomelle myönnettiin vuonna 2020 ISO 9001:2015 -laatujärjestelmäsertifikaatti, joka osoittaa asiakslähtöistä ja järjestelmällistä laadun kehittämistä (Elkome n.d.).

Työskentelin Elkome Installaatiot Oy:llä mekaniikkasuunnittelijaharjoittelijana kesällä 2019, jonka jälkeen jäin firmaan osa-aikaiseksi työntekijäksi. Syksyllä 2019 sain opinnäytetyön aiheeksi yleiskäyttöisen infokioskin suunnittelun, jonka tekemisen aloitin 2020 tammikuussa. Aikaisemmat Elkomen valmistamat infokioskit olivat asiakkaan tarpeiden mukaisesti tiettyihin kohteisiin ja tarkoituksiin suunniteltuja infokioskeja. Näiden lisäksi Elkomen tuotevalikoimaan haluttiin nyt yksinkertainen, yleiskäyttöinen ja edullinen vaihtoehto, jota voi käyttää monessa eri käyttötarkoituksessa.

## 1.2 Infokioski

Infokioski tai itsepalvelupääte on yleensä lattiajalustallinen kosketusnäyttö, jossa on käyttötarkoituksen mukaan lisätarvikkeita kuten tulostin, viivakoodinlukija, RFID-lukija tai maksupääte. Infokioskeja käytetään muun muassa sisäänkirjautumis-, jonotus- tai maksuautomaatteina. Infokioskin ulkonäkö ja koko vaihtelevat

hyvin paljon käyttökohteen mukaan ja jalusta voi olla lattiamallin sijaan myös pöytämalli tai seinäkiinnitysmalli.

### **1.3 Työn tavoite ja tarkoitus**

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella yleiskäyttöinen infokioski käyttäen kustannustehokkaita osia ja helposti koottavia kokoonpanoja. Työn tavoitteena oli tutkia valmistettavuuteen ja kokoonpantavuuteen vaikuttavia tekijöitä sekä hyödyntää ohutlevyn mahdollisuuksia osien valmistus- ja kokoonpanovaiheessa.

Tarkoituksena opinnäytetyössä suunnitellulla infokioskillä oli vähentää kokoonpanoon käytettävää aikaa ja tehdä tuotannosta tehokkaampaa, mutta samalla käyttää yksinkertaisia ja edullisia osia. Opinnäytetyön lopputuloksena oli tarkoitus olla perustuote, jota voi asiakkaan tarpeen mukaan helposti muokata ja valmistaa pitäen suunnitteluun käytettävä aika minimissään.

Infokioskin kriteerien määrittely oli ensimmäinen vaihe opinnäytetyön tekemisessä, jonka jälkeen alkoi suunnitteluvaihe. Suunnittelu keskittyi osien valmistettavuuteen sekä osakokoonpanojen kokoonpantavuuteen ja yhteensopivuuteen.

## 2 TUOTTEEN VAATIMUKSET JA SUUNNITTELUPERIAATTEET

### 2.1 Tuotteen vaatimusten määrittely

Tuotteen suunnittelun ensimmäisenä työvaiheena oli määritellä mitä asiakas odotti tuotteelta. Opinnäytetyönä tehtävälle infokioskille tärkeimmät kriteerit olivat edullinen valmistus, yksinkertainen kokoonpano sekä yleiskäyttöisyys. Pitäen mielessä nämä kriteerit, tuotteesta piti suunnitella myös siistin näköisen.

Yleiskäyttöisyydellä tarkoitetaan, että infokioskilla on useampi eri asennustapa sekä mahdollisuus erikokoisille ja eri valmistajien komponenteille. Suunniteltavalla infokioskilla oli tarkoitus olla kolme eri käyttötapaa: pöydällä, lattialla tai seinällä.

Infokioskit ovat yleensä melko kalliita. Tässä työssä suunniteltavan infokioskin yksi kriteereistä oli olla yksinkertainen ja edullinen. Infokioskin hinta koostuu lähinnä osien valmistus- ja kokoonpanokustannuksista. Valmistuskustannuksia on mahdollista saada pienemmäksi suunnittelemalla yksinkertaisia osia ja pitämällä osien lukumäärän alhaisena. Mahdollisimman moni osa on myös hyvä valmistaa samalla valmistusmenetelmällä ja samasta materiaalista. Kokoonpano, joka koostuu vain muutamasta yksinkertaisesta osasta, on edullinen myös kasausvaiheessa. Yksi suunnittelussa huomioon otettavista seikoista oli päästä eroon ylimääräisistä keskenään erilaisista ruuveista ja muttereista, joita varten asentajalla pitää olla monta eri työkalua sekä aikaa kiinnittämiseen. Selkeät ohjeet ja itsestään kiinnittyvät osat myös helpottavat ja nopeuttavat kokoonpanoa.

Infokioskeja käytetään yleensä esimerkiksi kassa- tai kirjautumispäätteenä tai jonotusautomaatteina, joten tärkeimpiä laitteita ovat näyttö ja tulostin. Näiden lisäksi myös RFID- ja viivakoodinlukija ovat yleisiä komponentteja infokioskeissa. Tässä työssä suunniteltavalla infokioskilla oli kriteerinä mahdollisuus 10–24 tuumakoon näyttöjen kiinnitykselle. Tulostimilla ei ollut muita kriteereitä kuin ulkomitat ja tulostettavan paperin leveys. Monella näyttövalmistajalla on näytöissä jo

valmiiksi kiinnitysmahdollisuus lisätarvikkeille kuten RFID-lukijalla, viivakoodinlukijalla ja maksulaitteelle, mutta suunniteltavaan jalustaan tuli olla myös mahdollisuus asentaa näitä tarvikkeita tavallisten näyttöjen kanssa. Erilliselle tietokoneelle ei ollut tarvetta tässä projektissa.

Infokioskit ovat yleensä sijoitettuina näkyvillä paikoilla kuten yritysten auloissa, joten kaikkien muiden kriteerien lisäksi infokioskin tuli olla myös siistin ja edustavan näköinen. Tämä tarkoitti käytännössä, että johdot, ruuvit, liitoskohdat ja muut epäsiistit kohdat piti saada mahdollisimman paljon piiloon. Ulkonäköön vaikuttavat myös materiaalivalinnat ja rakenteiden muotoilut.

## 2.2 DFMA-suunnittelu

Infokioskin pääkriteereitä olivat yksinkertainen ja kustannustehokas valmistus ja kokoonpano. Nämä kriteerit ovat yleisiä tuotesuunnittelussa ja niitä varten on kehitetty DFMA-suunnitteluperiaate, jota noudattamalla tuotteiden koko elinkaaresta saadaan tehokkaampaa ja laadukkaampaa. DFMA tulee sanoista Design for manufacturability and assembly. DFMA koostuu DFM:stä ja DFA:sta, joita voi tarkastella eri suunnitteluperiaatteina. Vaikka ne ovat kaksi eri suunnitteluperiaatetta, niissä on paljon yhtäläisyyksiä ja niitä voi hyödyntää tuotteen suunnittelussa samanaikaisesti.

Geoffrey Boothroyd, Peter Dewhurst ja Winston A. Knight (2011, 1) kertovat kirjassaan *Product Design for Manufacture and Assembly*, että DFMA:lla on kolme pääominaisuutta:

- ohjeistaa yksinkertaistamaan tuotteen rakennetta
- toimii kilpailijoiden tuotteiden vertailutyökaluna
- toimii kustannuskontrollintyökaluna toimittajien ja alihankkijoiden kanssa neuvottelussa

Kirjassaan *Hyvin suunniteltu – puoliksi valmistettu* DI Juhani Lempiäinen ja TkL Jari Savolainen (2003, 15, 69) kertovat, että DFM avustaa alkumetreillä konseptisuunnittelussa ja DFA:ta käytetään yksittäisten osien suunnittelussa.

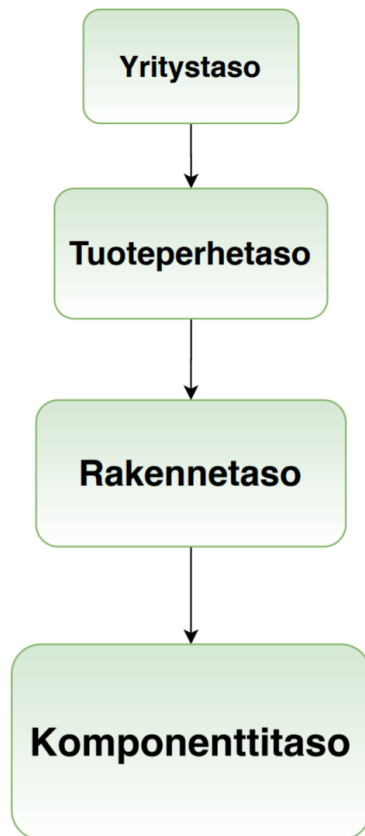


### 2.2.1 DFM

DFM, Design for manufacturability, sisältää kaikki menetelmät ja järjestelyt, jotka tekevät tuotteen valmistamisesta yksinkertaisemman ja edullisemman. DFM apuvälineet kuten tarkistuslistat, peruseriaatteet ja peukalosäännöt auttavat suunnittelussa edullisempaan valmistukseen. DFM apuvälineitä hyödyntämällä oikein tuote on myös toimivampi, luotettavampi, helpommin huollettava sekä ulkonäöltään siistimpi. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 13.)

Tuotekonsepti koostuu tuotteen suunnittelu-, valmistus-, markkinointi-, jakelu- ja huoltomenetelmistä. DFM on oleellinen menetelmä juuri konseptisuunnittelussa, koska siinä valitaan tuotteen osien valmistusmenetelmät. Yksittäisten osien suunnittelu tapahtuu vasta myöhemmässä vaiheessa. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 15.)

Lempiäisen ja Savolaisen mukaan DFM:ssä tärkeää on tuotesuunnittelijoiden ja osien valmistajien välinen yhteistyö. Tuotesuunnittelun ja valmistuksen välinen yhteys voidaan ajatella neljällä eri tasolla (kuva 1). Yritystasolla vertaillaan suunniteltavaa tuotetta yrityksen muihin tuotteisiin ja pyritään hyödyntämään samoja teknisiä ratkaisuja. Yritystasolla myös varmistetaan, ettei samanlaisia ratkaisuja kehitetä monessa eri tuotteessa samaan aikaan. Tuoteperhetasolla tutkitaan tuotteiden välistä yhteyttä toisiinsa ja miten niitä markkinoidaan. Uusia tuotteita voidaan toteuttaa esimerkiksi suurentamalla tai parantamalla vanhempaa tuotetta. Rakennetasolla pyritään sovittamaan tuotteen rakennetta tuotantolaitteisiin sopivaksi. Rakennetasolla keskitytään tehostamaan valmistusprosessia etsimällä prosessista kohtia, joita ei olla vielä optimoitu ja jotka vaikuttavat tuotteen hintaan eniten. Valmistusprosessin vaiheita ovat muun muassa osien valmistus, kokoonpano, testaus ja pakkaus. Muiden valmistajien samankaltaisten tuotteiden vertailu on tehokas keino löytää epäkohtia omasta suunnittelusta. Alin taso on komponenttitaso, jossa mietitään kriittisimpien osien kehittämideoita. Usein suunnittelijat keskittyvät liikaa ja liian aikaisin tähän tasoon, vaikka ylemmät tasot ovat tuotekehityksen kannalta tehokkaampia. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 16–17.)



KUVA 1. DFM-ideoinnin neljä eri tasoa. Ideoita syntyy helpoiten komponenttitasolla. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 17)

Lempiäisen ja Savolaisen (2003, 20–21) mukaan valmistettavuus voidaan määrittellä tuotantokustannusten lisäksi monella muullakin kriteerillä. Näistä kriteereistä tärkeimpiä ovat laatu, joustavuus, riski, läpimenoaika, tehokkuus ja ympäristövaikutukset.

### 2.2.2 DFA

DFA, Design for assembly, eli tuotteiden kokoonpantavuus on menetelmä, jonka tavoitteena on kokoonpanotyön yksinkertaistaminen. Käytännössä tämä tarkoittaa osien toimintojen yhdistämistä ja osien lukumäärän vähentämistä tuotteen suunnittelussa. DFA:n sivuvaikutuksina tuote on myös monella tapaa laadukkaampi. Osien yhdistämisen ja vähentämisen seurauksena rikkimeneviä ja huollettavia osia on vähemmän ja tuote on myös siistimmän näköinen. Tuote on lisäksi helpommin muokattavissa asiakkaan tarpeen mukaan. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 69.)

Tuotteen kokoonpantavuuteen liittyviä tavoitteita DFA-periaate saavuttaa neljällä päämetodilla. Heti suunnittelun alussa suunnittelija keskittyy tuotteen kokonaiskuvaan eikä pelkästään osien yksittäisiin toimintoihin ja näin ollen pystyy pitämään tuotteen yksinkertaisena. DFA toimii myös työkaluna yksinkertaistaessa tuotetta vähentäen samalla kokonaiskustannuksia. Kolmas metodi on DFA:n tapa kiteyttää suunnittelun pääasiat, jotka auttavat vähemmän kokeneita suunnittelijoita suunnittelutiedon ja -sääntöjen sisäistämisessä. Viimeisenä metodina DFA luo tietokannan, joka sisältää kokoonpanoaikoja ja kustannuskertoimia eri suunnittelutilanteisiin. (Boothroyd, Dewhurst & Knight 2011, 73.)

Lempiäisen ja Savolaisen mukaan DFA:lla on suurempi merkitys kuin DFM:llä tuotekokonaisuutta tarkastellessa, koska kokoonpano on enemmän työvoimaa vaativa työvaihe kuin osien valmistus. Osien lukumäärä vaikuttaa kokoonpanovaiheen lisäksi moneen muuhun asiaan kuten tuotteen kiinteisiin kustannuksiin, mikä tekee tuotteen kokoonpantavuudesta merkittävän menetelmän suunnittelussa. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 70.)

Osien vähentäminen on yksi DFA-menetelmän tärkeimmistä seikoista. Lempiäisen ja Savolaisen mukaan kokoonpanosta poisjätetyllä osalla on vaikutuksia kokoonpantavuuteen, koska kyseistä osaa ei silloin tarvitse

- suunnitella
- testata prototyyppiä
- valmistaa tuotetta
- valvoa tuotteen saapumista
- varastoida
- kierrättää ja lopulta hävittää
- ostaa ja kuljettaa

Tuotteen osien vähentämisessä voi kuitenkin mennä liian pitkälle. Esimerkiksi jos monta osaa täytyy kiinnittää yhdellä kiinnikkeellä samanaikaisesti tai jos kaksi osaa kiinnitetään samanaikaisesti toista osaa näkemättä. Näissä tapauksissa auttaa, jos osien ulkopinnoissa on asennusta helpottavia ohjaustappeja, sokkia, olakkeita, viisteitä tai reikiä. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 71–75.)

Professori Geoffrey Boothroyd mukaan uuden osan välttämättömyydelle kokoonpanossa on olemassa kolme syytä. Osa pitää olla viereisten osien kanssa eri materiaalia kuten esimerkiksi eristysosa, osa liikkuu erillään muista osista tai tuotteen purkaminen vaatii erillisen osan. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 70.)

Kokoonpanoindeksi  $E_{ma}$  voidaan laskea seuraavalla kaavalla,

$$E_{ma} = \frac{N_{min} t_a}{t_{ma}} \quad (1)$$

jossa  $N_{min}$  on teoreettinen osien minimimäärä,  $t_a$  yleinen kokoonpanoaika yhdelle osalle ja  $t_{ma}$  tuotteen arvioitu kokoonpanoaika. Yleinen kokoonpanoaika yhdelle osalle ilman ongelmia on noin 3 sekuntia. (Boothroyd & Dewhurst & Knight 2011, 82.) On olemassa myös Boothroydin ja Abbatiellon huollettavuusindeksi,

$$\eta_{Huollettavuus} = \frac{900 \cdot N_m}{T_d + T_r} \quad (2)$$

jossa  $N_m$  on teoreettinen pienin irrotettavien osien määrä,  $T_d$  on purkuaika ja  $T_r$  on uudelleen kokoonpanoaika. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 70–71.)

Kokoonpanoa tarkastellaan yleensä neljästä eri näkökulmasta: osien kokoonpanosuunnat, osien käsiteltävyys, liitosten toteutus ja kokoonpanotyön suorituksen laatu. Ihmiselle luontaisin kokoonpanosuunta on ylhäältä alaspäin suuntautuva suora liike. Eri kokoonpanosuunnat johtavat tuotteen ylimääräiseen kääntelyyn ja vaatii asentajalta yleensä kahta kättä, mikä voi tehdä kokoonpanoautomaation käytön mahdottomaksi. Suuremmilla kokoonpanoilla kokoonpanosuunta on erityisen tärkeä. Osien käsiteltävyydellä tarkoitetaan likaisten, joustavien, särkyvien, kuumien ja erityisen pienten osien välttämistä. Osien käsittelyssä auttaa myös helposti tunnistettavissa paikallaan oleva runko-osa. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 70–72.)

Kokoonpantavuutta voi mitata monella tavalla ja on olemassa erilaisia sääntöjä, joiden avulla sitä voidaan parantaa. Yksi näistä arviointimenetelmistä on Rudolf

Bässlerin suunnittelusääntöihin perustuva Bässlerin menetelmä. Bässlerin menetelmässä suunnittelusäännöt jaetaan kolmeen luokkaan niiden tärkeyden mukaan. Tärkeimmän sääntöluokan sääntöjä ovat muun muassa

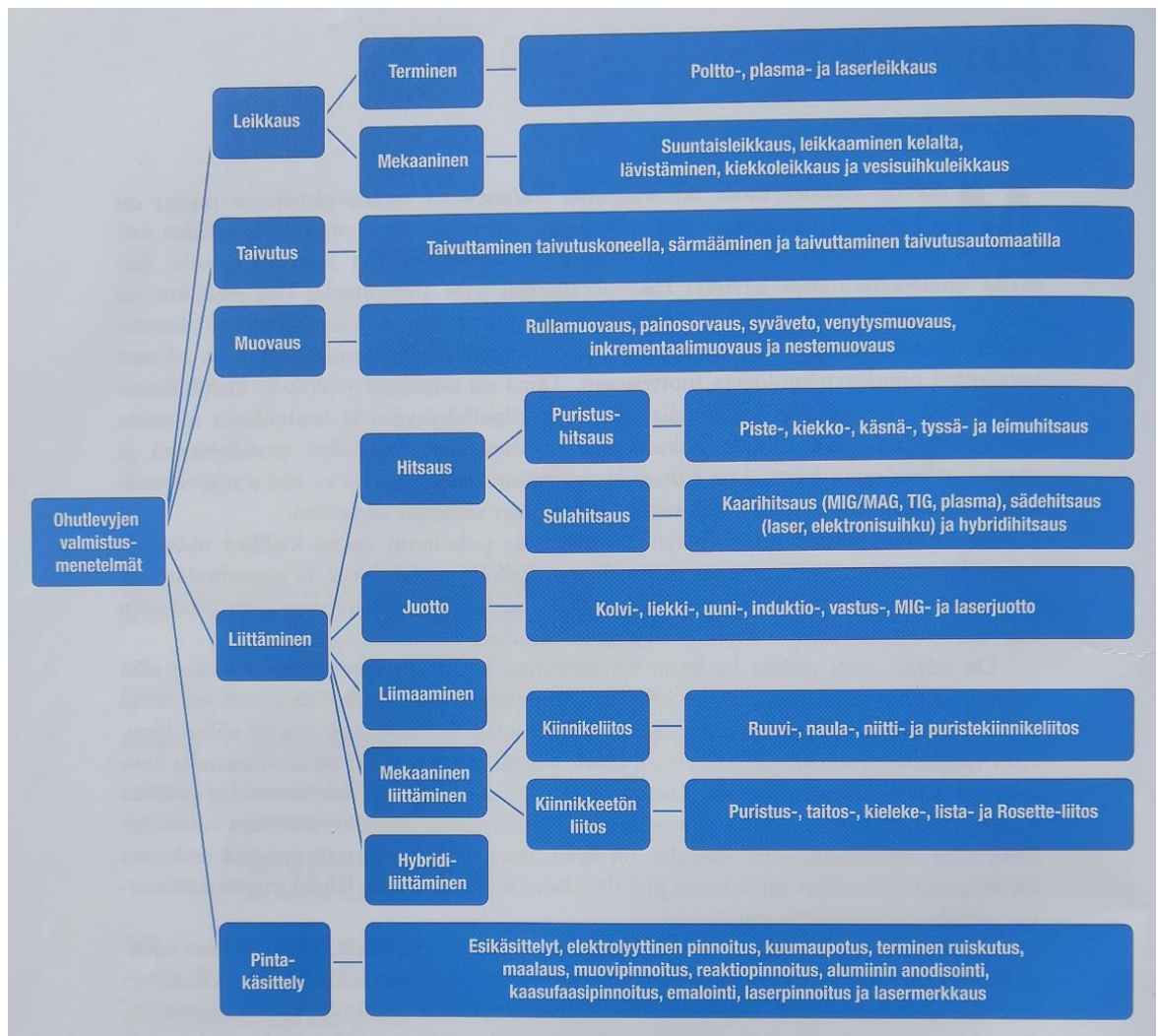
- liitososien minimointi ja yhdistäminen
- suorien liitosliikkeiden suunnittelu
- liitospintojen suunnitteleminen osakokoonpanon samalle puolelle
- alta tehtävän liitostyön välttäminen
- erikoisten liitostekniikoiden välttäminen (Lempiäinen & Savolainen, 2003 152–153.)

Vaikka tuote olisi tarkoitettu kokoonpantavaksi manuaalisesti kannattaa silti käyttää automaation kokoonpanosääntöjä. Automaation kokoonpanosäännöt pätevät manuaalisessakin kokoonpanossa ja lisäksi ne helpottavat aikanaan automaatioon siirtymistä. Yhteenvedona Lapinleimu, Kauppinen ja Torvinen ovat luetelleet millä tavoin kokoonpantavuutta voi edistää tuotesuunnitteluvaiheessa kirjassaan Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Automaation kokoonpano edellyttää osien määrän minimoimista mahdollisesti osia yhdistämällä. Moduulien eli osakokoonpanojen käyttö kokoonpanossa on myös suositeltavaa. Moduulien käyttö nopeuttaa räätälöintiä ja loppukokoonpanon valmistamista. Moduulien tulisi olla kokonaisuuksia, jotka voi kasata ja testata erikseen. Muita yhteenvedossa lueteltuja asioita ovat muun muassa komponenttien ja liitosten määrän sekä osien asettelun, käsittelyn ja kuljetuksen määrän vähentäminen. Osien suunnitteluun liittyvistä asioista tärkeinä pidetään muun muassa osien asemoinnin ja käsiteltävyyden helppoutta sekä selkeää pääkappaletta, johon muut osat liitetään. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 47–48, 80–81.)

### 3 OHUTLEVY

DFM-periaatteen mukaisesti tuotesuunnittelun alkuvaiheessa on tärkeää valita valmistusmenetelmät ja materiaalit, jotta suunnittelusäännöt olisivat heti selvillä. Ohutlevyn valitseminen työssä suunniteltavan infokioskin raaka-aineeksi oli helppo valinta tässä luvussa mainittujen hyötyjen vuoksi. Myös useimmat Elkomen valmistamat tuotteet ovat ohutlevystä valmistettuja. Tietoa oli helposti saatavilla, koska Elkomella oli paljon ohutlevytuotteisiin liittyvää kokemusta ja osaamista.

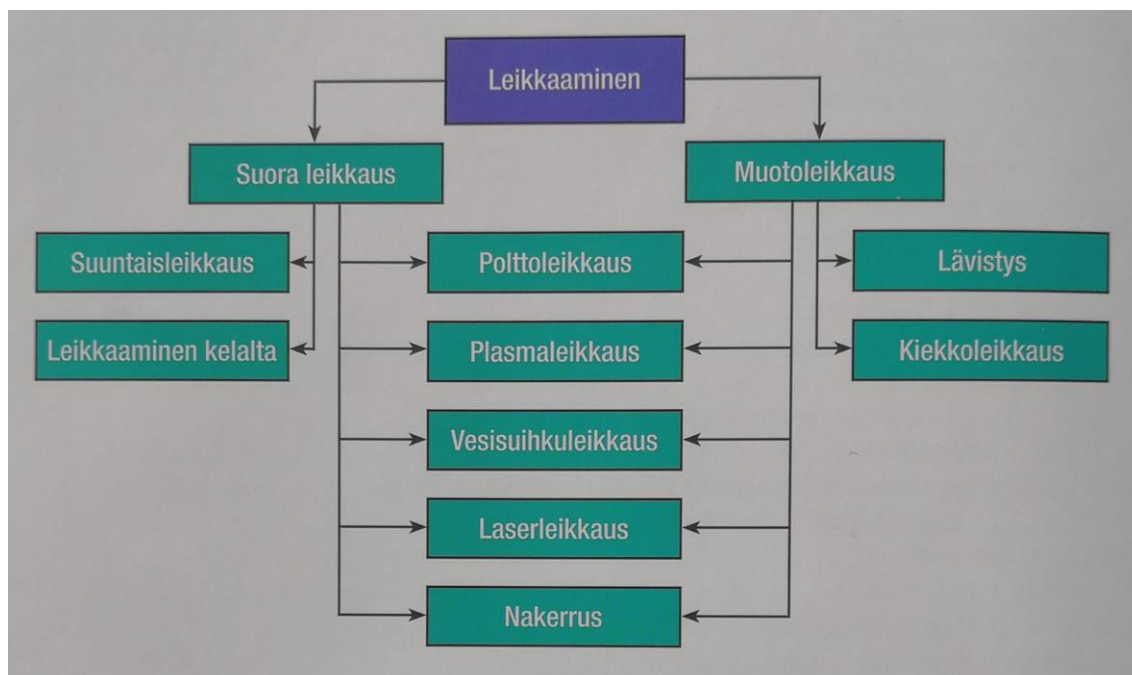
Jorma Matilainen (2011, 3) kertoo kirjan Ohutlevytuotteiden suunnittelijan käsikirjan johdannossa, että ohutlevykäsitteellä on perinteisesti tarkoitettu noin 3-4 millimetrin paksuista levyä, mutta nykyään valmistusmenetelmät soveltuvat paksummillekin levyille. Ohutlevylle tehtäviä valmistusmenetelmiä ovat muun muassa leikkaus ja taivutus, joita käsitellään tässä opinnäytetyössä, sekä muovaus, liittäminen ja pintakäsittely (kuva 2). Ohutlevytuotteet ovat tyypillisesti kenno- tai kotelorakenteisia, jonka ansiosta ne ovat kevyitä ja jäykkiä. Ohutlevyosan valmistus on materiaalia säästävää tuottaen kuitenkin laadukkaita kokoonpanoja, mistä johtuu ohutlevytuotteiden kustannustehokkuus. (Matilainen 2011, 3.)



KUVA 2. Ohutlevyjen valmistusmenetelmät (Matilainen, Parviainen, Havas, Hiihtelä & Hultin 2011, 4)

### 3.1 Ohutlevyn leikkaaminen

Leikkaaminen on yleensä ensimmäinen vaihe ohutlevyosan valmistuksessa. Kirjassa Ohutlevy tuotteiden suunnittelijan käsikirja Miikka Parviainen ja Taru Havas (2010, 142) kertovat, että leikkaus jaotellaan usein leikkausjäljen perusteella suoraan ja muotoiltuun leikkaukseen, mikä on yksi tekijä leikkausmenetelmän valinnassa (kuva 3). Erilaiset leikkausmenetelmät jaetaan termisiin ja mekaanisiin menetelmiin. Termisessä leikkauksessa materiaalia kuumennetaan, kunnes se leikkaantuu lämmön vaikutuksesta joko palamalla, sulamalla tai höyrystymällä. Mekaaninen leikkaus voidaan tehdä vesisuihkulla tai erilaisilla terillä, ja leikkaus tapahtuu mekaanisesti tuotetulla voimalla (Parviainen & Havas 2011, 169).



KUVA 3. Leikkausmenetelmät jaoteltuna leikkausjäljen mukaan (Parviainen & Havas 2011, 142)

Termisiä leikkausmenetelmiä ovat poltto-, plasma ja laserleikkaus. Suoraviivaisessa leikkauksessa terminen leikkaus on yleensä edullisempi vaihtoehto mekaanisiin leikkausmenetelmiin verrattuna. Ohutlevyä leikattaessa termisten leikkausmenetelmien etuina on leikkausmuotojen vapaus ja laadukas leikkausjälki. (Parviainen & Havas 2011, 142.)

Ulkonäkö oli yksi infokioskin kriteereistä, joten leikkausjäljen laadukkuus oli tärkeä ominaisuus leikkausmenetelmää valittaessa. Kokoonpanon muodostavat osat olivat keskenään hyvin erilaisia ja osien leikkauradat olivat melko pitkiä. Nämä asiat huomioon ottaen terminen leikkausmenetelmä oli mekaaniseen leikkausmenetelmään verrattuna parempi vaihtoehto.

Polttoleikkaus on yleisesti käytetty paksujen terästen leikkausmenetelmä. Polttoleikkauksen jälki on melko karkeaa ja prosessin aikana varsinkin ohuet levyt kärsivät usein muodonmuutoksista lämmön takia. Plasmaleikkaus eroaa polttoleikkauksesta lähinnä leikkausjäljen perusteella. Polttoleikkauksessa leikkausjälki syntyy hapen polttaessa materiaalia, kun taas plasmaleikkauksessa materiaali vain sulaa ja sulanut aine poistuu plasman liikkeen mukana. Plasmaleikkausmenetelmällä pystyy leikkaamaan materiaaleja, joihin polttoleikkaus ei kykene kuten



ruostumatonta terästä ja alumiinia. Laserleikkaus on erittäin tarkka leikkausmenetelmä. Jäljen laadukkuuden ja prosessin nopeuden lisäksi laserleikkausmenetelmän etuna on, että sillä voi leikata monia materiaaleja. Laserleikkausjälki voidaan toteuttaa polttamalla, sulattamalla, höyrystämällä tai näiden yhdistelmänä. Laserleikkauksen haittapuolia ovat muun muassa sen suuret laitekustannukset ja suojavaarusteiden tarve. Laserleikkausmenetelmällä voi helposti tulla ylilaatua, jolloin plasmaleikkaus voisi olla parempi vaihtoehto. (Parviainen & Havas 2011, 143, 148, 158, 169.)

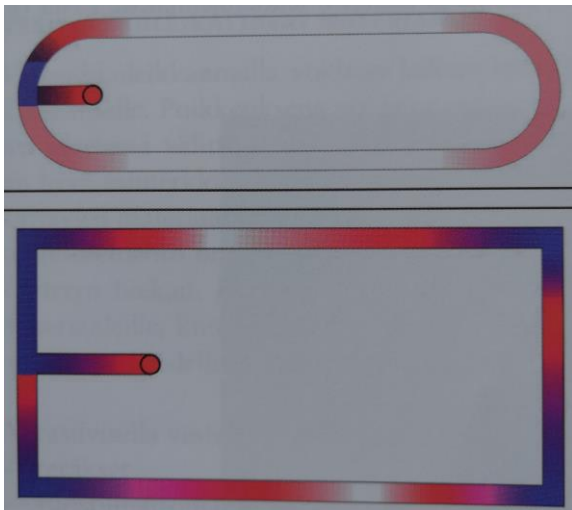
Infokioskin ulkonäköön vaikuttaa osien materiaali ja pintakäsittely. S355 teräs on yleisesti käytetty ohutlevytuotteiden rakenneteräs. Teräs kuitenkin vaatii esimerkiksi maalipinnoitteen ruostumisen estämiseksi ja tässä työssä haluttiin nimenomaan pintaosien materiaaliksi harjattu teräs. Näin ollen osien materiaaliksi valittiin ruostumaton teräs ja polttoleikkaus oli suljettava pois vertailusta. Useimmat tässä työssä valmistettavat osat ovat ohutlevyosiksikin melko ohuita, noin 1,5 – 2 mm paksuisesta levystä leikattuja, ja sisältävät tarkkoja yksityiskohtia kuten lovia ja ulokkeita, jonka vuoksi laserleikkaus oli tähän työhön termisistä leikkausmenetelmistä paras.

### **3.1.1 Leikkaamisen suunnittelusäännöt**

Ennen osien suunnittelun aloittamista on tärkeää tietää valmistusmenetelmien säännöt, jotka rajoittavat suunnittelua. Näin ei tule suunniteltua osiin valmistuksessa ilmeneviä turhia virheitä. Rajoitukset myös helpottavat suunnittelua, koska ne luovat suunnittelulle tietynlaisen rakenteen eikä suunnittelija käytä aikaansa mahdottomien osien suunnitteluun.

Laserleikkaus on menetelmänä melko vapaa, mutta on olemassa kuitenkin muutamia asioita, joita pitää ottaa suunnittelussa huomioon. Laserleikkausradan muodolla ei ole niinkään väliä, ja tuotteen mitatkin ovat vapaampia kuin monella muulla leikkausmenetelmällä. Leikkauskustannusten kannalta tärkeimpiä asioita ovat leikkausradan pituus, materiaalin paksuus, reikien lukumäärä ja käytettävä leikkauskaasu. (Parviainen & Havas 2011, 164–165.)

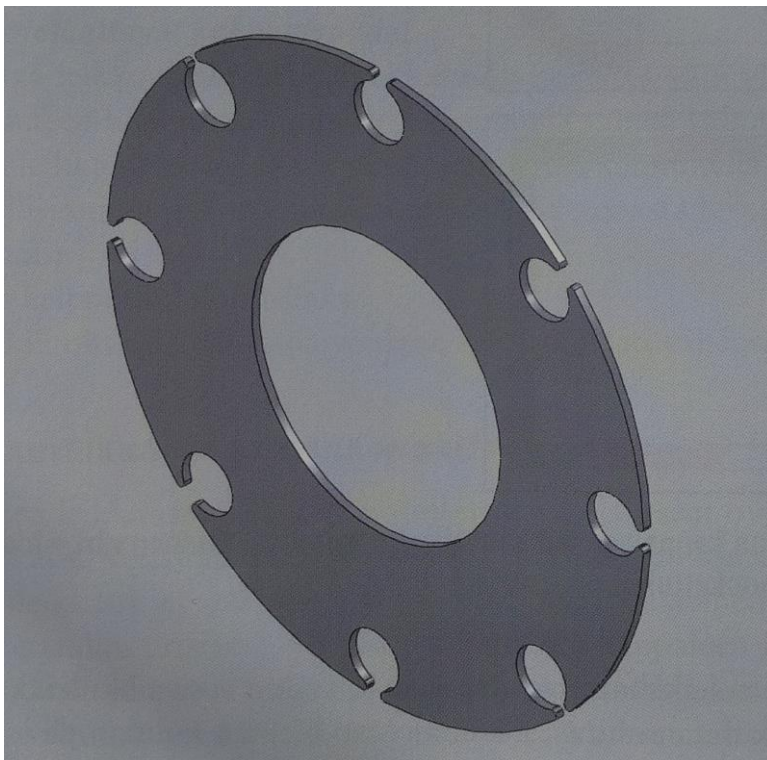
Laserleikkaukuskustannukset tulevat lähinnä leikkausajan pituudesta. Leikkausaika ei ole välttämättä suoraan verrannollinen leikkausradan pituuteen. Esimerkiksi vesisuihkuleikkauksella teräviä kulmia tulisi välttää, koska ne ovat hitaampia kuin pyöristetyt (kuva 4). (Parviainen & Havas 2011, 198.)



KUVA 4. Teräviä kulmia sisältävä leikkausrata on hitaampi kuin pyöreitä muotoja sisältävä (Parviainen & Havas 2011, 198)

Levynpaksuus kasvattaa eksponentiaalisesti leikkausaikaa, minkä takia laserleikattu osa kannattaa suunnitella mahdollisimman ohuesta levystä valmistettavaksi. On edullisempaa valita paksun levyn sijaan kaksi ohutta levyä tai lujempaa materiaalia. (Parviainen & Havas 2011, 167.)

Parvianen ja Havaksen (2011, 165) mukaan uuden leikkausradan aloittaminen vie aina aikaa, joten paljon reikiä sisältävä osa on usein taloudellisempaa suunnitella leikattavaksi laserleikkauksen sijaan mekaanisella leikkausmenetelmällä. Lähellä reunaa olevat reiät voi myös yhdistää reunan kanssa samaksi leikkausradaksi (kuva 5). (Parviainen & Havas 2011, 197.)



KUVA 5. Reunan lähellä olevat reiät yhdistettynä leikkausrataan (Parviainen & Havas 2011, 197)

Laserleikkausradan muodon vapaus tulee hyödylliseksi suunniteltaessa kokoonpanoon itsestään paikoittavia tai kiinnittyviä osia. Osiin voi tehdä ulokkeita ja koljoja, jotka vähentävät irtokiinnikkeiden tarvetta tai helpottavat muuten kasausta. Ohutlevyillä ulokkeen ja kolon sopiva sovitevälys on noin 0,2 mm. (Parviainen & Havas 2011, 164.)

Suuria sarjoja valmistettaessa osien nestattavuus on myös hyvä ottaa huomioon. Nestattavuudella tarkoitetaan suunnittelua, joka mahdollistaa osien asettelun liittämättä leikattavalle levyarkille materiaalin säästämiseksi. Laserleikkauksella on myös mahdollista yhdistää osien leikkausääri viivoja, mikä nopeuttaa leikkausajaa huomattavasti. (Parviainen & Havas 2011, 168.)

### 3.2 Ohutlevyn taivuttaminen

Taivutus on yleinen työvaihe ohutlevyosalle ja melkein kaikissa tämänkin työn osissa on taivutettavia sivuja. Taivuttamisessa syntyy erilaisia ilmiötä, jotka pitää ottaa huomioon suunnittelussa. Myös monet taivutussäännöt pitää olla tiedossa ennen suunnittelua.

Taivutusprosessi voidaan ajatella kolmivaiheiseksi. Alkuvaihetta kutsutaan elastiseksi taivutukseksi, jossa ei ylitetä materiaalin myötörajaa vaan taivutus on vielä pelkästään elastista. Tämän jälkeen on elastisplastinen taivutus, jossa ylitetään materiaalin myötölujuus ja pintaan alkaa tapahtua muodonmuutosta. Tässä vaiheessa taivutuksen pysäyttäessä levyn pinnassa on jo pysyviä venymiä toisin kuin ensimmäisessä vaiheessa, mutta taivutus ei kuitenkaan täysin pysy muodossaan. Viimeisessä vaiheessa taivutussäde on suurin piirtein levyn paksuinen ja levyn muodonmuutos on täysin plastista. (Parviainen & Havas 2011, 239.)

Taivutus voidaan tehdä esimerkiksi taivutuskoneella, särmäyspuristimella tai taivutusautomaatilla. Taivutuskone on näistä yksinkertaisin ja osille hellävaraisin laite. Taivutuskonetta käytettäessä levy puristetaan paikoilleen ja erillinen taivutuspalkki suorittaa taivutuksen. (Parviainen & Havas 2010, 239.)

Teknisessä tiedotteessaan Jani Mäki-Mantila kertoo, että särmäyspuristin on yleisin kone ohutlevyteollisuudessa. Särmäyskone voi toimia pneumaattisesti, hydraulisesti tai mekaanisesti, joista yleisimpiä ovat hydrauliset. Särmäyspuristimet ovat yleensä manuaalikoneita, mutta särmäyspuristimia on myös jonkun verran robotisoitu korvaamaan työntekijä. (Mäki-Mantila 2001, 6.)

Särmäyspuristimien puristusvoimat vaihtelevat paljon riippuen särmättävän ohutlevyn paksuudesta ja materiaalista. Yleisimmät särmäysmenetelmät ovat vapaa-  
taivutus tai pohjaaniskutaivutus. Vapaataivutuksessa levyä ei paineta alatyökalun v-aukon pohjaan kuten pohjaaniskutaivutuksessa. Vapaataivutuksessa on helppo vaikuttaa taivutuskulmaan säätämällä, kuinka lähelle ylätyökalu tulee alatyökalun pohjaa. Näin ollen samalla työkalulla saadaan erilaisia taivutuksia aikaiseksi. Pohjaaniskutaivutuksessa nimensä mukaisesti ylätyökalu säädetään

painautumaan täysin alatyökaluun kiinni, jolloin taivutettava levy muotoutuu täysin työkalujen muotojen mukaan. (Parviainen & Havas 2010, 239-241.)

Taivutusautomaatilla voidaan taivuttaa monimutkaisia sekä suuria kappaleita, koska taivutusautomaatilla voidaan taivuttaa sekä ylös että alas, ja muu osa levystä lepää pöydällä taivutuksen aikana. (Parviainen & Havas 2010, 244–245.)

### 3.2.1 Taivuttamisen suunnittelusäännöt

Suunnittelijan tulee ottaa huomioon monia seikkoja suunnitellessa valmistuksessa taivutettavaa ohutlevyosaa. Kirjassa Ohutlevytuotteiden suunnittelija käsikirja Miikka Parviainen ja Taru Havas kertovat yleisimmistä suunnittelussa huomioitavista asioista, jotka ovat välttämättömiä tai tekevät osasta valmistettavaman. Yleisimpiä suunnitteluvirheitä ovat liian lyhyt tai pitkä taivutettava reuna sekä reikien ja lovien liian lyhyt etäisyys taivutuslinjasta. Näistä suunnitteluvirheistä aiheutuu osan toiminnallisuuteen ja valmistettavuuteen vaikuttavia ongelmia.

Yksi oleellisimmista suunnittelusäännöistä on taivutettavan reunan eli laipan minimi- ja maksimikorkeus. Mahdolliset laipan korkeudet määrittelevät pitkälle tuotteen kokonaismittoja. Pienin mahdollinen laippakorkeus saadaan kaavasta,

$$b = r + 2s \quad (3)$$

jossa  $r$  on sisäsäde ja  $s$  levyn paksuus. Esimerkiksi 1,5 mm paksulle ohutlevylle minimilaippakorkeus on 4,5 mm. (Parviainen & Havas 2011, 249.)

Suunniteltaessa on huomioitava, ettei taivutettava laippa ole liian korkeakaan. Liian korkea seinämä hankaloittaa taivutusprosessia merkittävästi. Taivutusprosessin mahdollisuudet riippuvat käytetyistä taivutuslaitteistoista sekä työkaluista. Nyrkkisääntönä voidaan kuitenkin pitää, että katsoessa kappaletta ulkopuolelta 45 asteen kulmassa, sisäpuolella oleva taivutus täytyy olla vielä nähtävissä. (Parviainen & Havas 2011, 258.)

Yleisimmät taivutuskulmat ovat 45, 90 ja 135, eli kaikki 45:llä jaolliset luvut. Alle 45 asteen taivutuskulma vaatii vakiotyökaluasetusten muuttamista, jonka takia pitää olla toiminnallinen tai ulkonäöllinen peruste tehdä näin. 45-179 asteen kulmat tehdään vapaataivutuksessa samalla työkaluparilla tai vaihtamalla vain ylätyökalua. Suuremmalla sarjatuotannolla työkalun vaihtamisen ongelmallisuus vähenee. Yli 90 asteen kulmissa tarkkojen taivutusten tekeminen on ongelmallista takaisinjouston takia. (Parviainen & Havas 2011, 258.)

Taivutusjärjestyksellä voidaan vaikuttaa siihen missä särmäyksen paikoitusmenetelmästä johtuvat välttämättömät mittavirheet ilmenevät. Suunnittelija voi valmistuspiirustuksissa kertoa mihin kohtaan kappaletta mittavirheet voi jättää ja missä niitä ei tulisi olla. Valmistaja ei välttämättä tiedä mitkä ovat yksittäisen osan kiinnityskohdat kokoonpanossa. (Parviainen & Havas 2011, 256.)

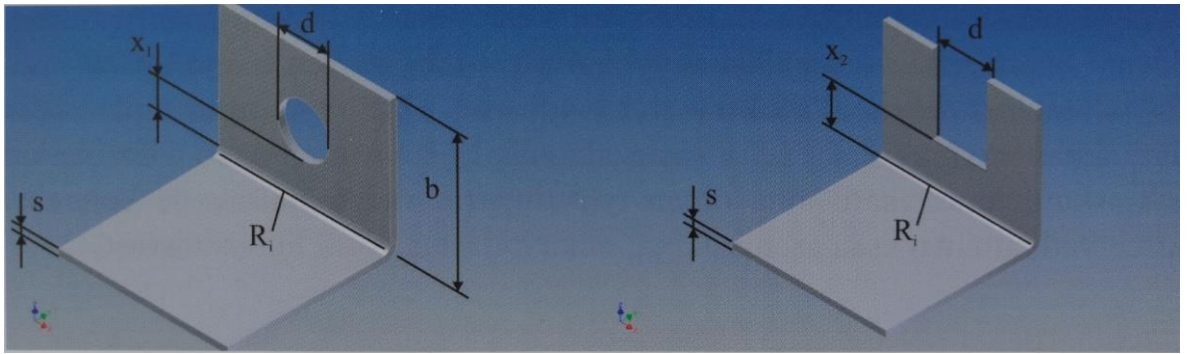
Taivutettavien sivujen pituudet tulisivat olla mahdollisimman samanpituisia, koska särmäyspuristimen työkaluasetusta ei tarvitse taivutusten välillä vaihtaa, jos yläpalkkiin mahtuvat kaikki kappaleen taivutukseen tarvittavat työkalut. Taivutuskulmat ovat myös sitä tarkempia mitä lähempänä taivutettavien sivujen pituudet ovat. (Parviainen & Havas 2011, 262.)

Reikien muoto ja sijainti muuttuvat niiden ollessa liian lähellä taivutuslinjaa, koska materiaali venyy taivutuksen ulkolinjalla ja puristuu sisälinjalla. Tästä syystä reikien ja lovien paikoitusta pitää miettiä myös taivutuksen kannalta. Kuvan 6 esimerkissä minimietäisyys lasketaan kaavoilla,

$$x_1 = \sqrt{d \cdot s} + 0,8R_1 \cdot \sqrt{\frac{b}{d}} \quad (4)$$

$$x_2 = 1,1\sqrt{d \cdot s} + 0,8R_1 \cdot \sqrt{\frac{b}{d}} \quad (5)$$

joissa  $d$  on loven leveys tai reiän halkaisija,  $s$  on levyn paksuus,  $R_1$  on taivutuksen sisäsäde ja  $b$  on sivun pituus. (Parviainen & Havas 2011, 258.)




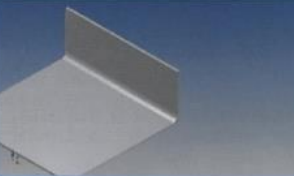
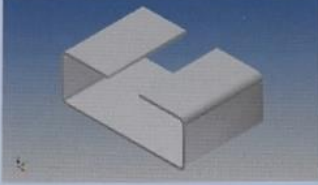
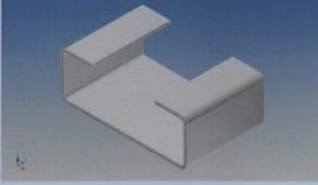


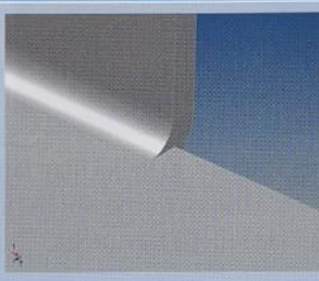
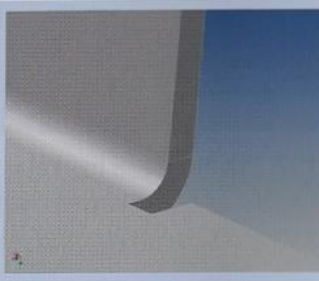
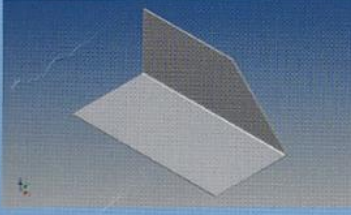

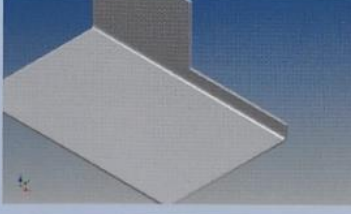
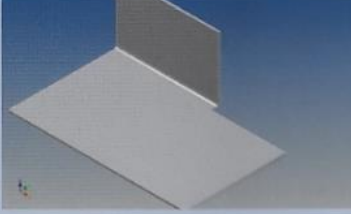
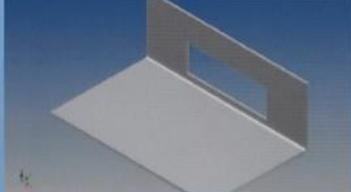
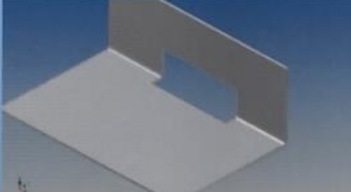
KUVA 6. Reikien ja lovien minimietäisyys taivutuslinjasta (Parviainen & Havas 2011, 258)

Ohutlevytuotteiden suunnittelijan käsikirjassa on kerätty taulukkoon yleisimmät taivutukseen liittyvät suunnitteluvirheet (kuva 7; kuva 8) (Parviainen & Havas 2011, 264-265). Näitä sääntöjä noudattamalla vältetään osien valmistuksessa ilmeneviltä ongelmilta.

Huomio	Epäedullinen muoto	Edullinen muoto
Yleensä konstruktiot on mahdollista suunnitella siten, että taivutussäteiden ei tarvitse olla tarkkoja. Useissa levyosissa toiminnalliset ehdot täyttyvät likimääräisillä pyöristyksillä. Tällöin voidaan käyttää vapaata taivutusta ja erikoistyökaluja ei tarvita.		
Liian terävien kulmien taivuttaminen aiheuttaa murtumisvaaran. Terävän kulman taivuttaminen on tehtävä pohjaaniskutyökalulla.		
Murtumisvaara on ilmeinen, kun levyn kyljet painetaan yhteen 180° taivutuksessa. Taive on hyvä jättää hieman avoimeksi, jolloin taivutussäde jää suuremmaksi.		
Takaisinjousto on voimakkaampaa yli 90° kulmilla. Liian suuret säteet lisäävät takaisinjousto.		
Suurille taivutussäteille taivuttavat ohuet levyosat jäävät lerpuiiksi. Suoriksi jäävät tasot voidaan jäykistää vako- ja ura muodoilla.		

KUVA 7. Ohutlevyn taivutuksen suunnittelusääntöjä (Parviainen & Havas 2011, 264)



<p>Taivutettavan levynreunan pituus on valittava riittävän suureksi.</p>		
<p>Kotelomaisissa rakenteissa on auki jäävä väli jätettävä riittävän suureksi, jotta taivuttaminen on yleensä mahdollista ja välitytään erikoistyökalujen käytöltä.</p>		
<p>Reunojen profiilit on pyrittävä suunnittelemaan samanlaisiksi (symmetrisiksi), jotta taivutus voidaan suorittaa samoilla työkaluilla ja samalla työkaluasetuksella.</p>		
<p>Taivutukset eivät saa muuttaa kulmia tai muita liittymäkohtia levyaihion muihin sivuihin. Muuten materiaali venyy tai puristuu taivutuslinjojen läheisyydessä, mikä voi johtaa repeämiseen. Helpotuksina toimivien pykälysten ja lovien mitoitus <math>x = 1,5 * s</math>, missä <math>s</math> = levynpaksuus.</p>		
<p>Sivujen liittymä kohdat on suunniteltava kohtisuoriksi toisiaan vasten, vaikka taivutettavan sivun reuna olisi vino. Liittymävara taivutusviivoihin <math>L_{min} = 0,5W + s</math>, missä <math>W</math> = alatyökalun leveys ja <math>s</math> = levynpaksuus.</p>		
<p>Lyhyttä laipankorkeutta (<math>y</math>) on vältettävä ja levyn reuna on suunniteltava mieluummin taivutuslinjan toiselle puolelle. <math>X_{min} = (1 \text{ tai } 1,5) * s</math>, missä <math>s</math> = levynpaksuus.</p>		
<p>Lyhyttä laipankorkeutta (<math>y</math>) on vältettävä ja reiät ja aukot on suunniteltava taivutuskohdan ympärille. <math>X_{min} = (1 \text{ tai } 1,5) * s</math>, missä <math>s</math> = levynpaksuus.</p>		

KUVA 8. Ohutlevyn taivutuksen suunnittelusääntöjä (Parviainen & Havas 2011, 265)

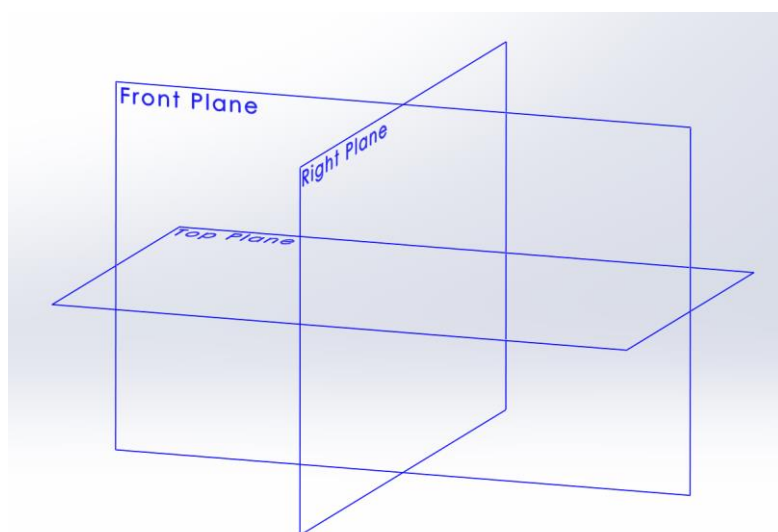


## 4 SOLIDWORKS

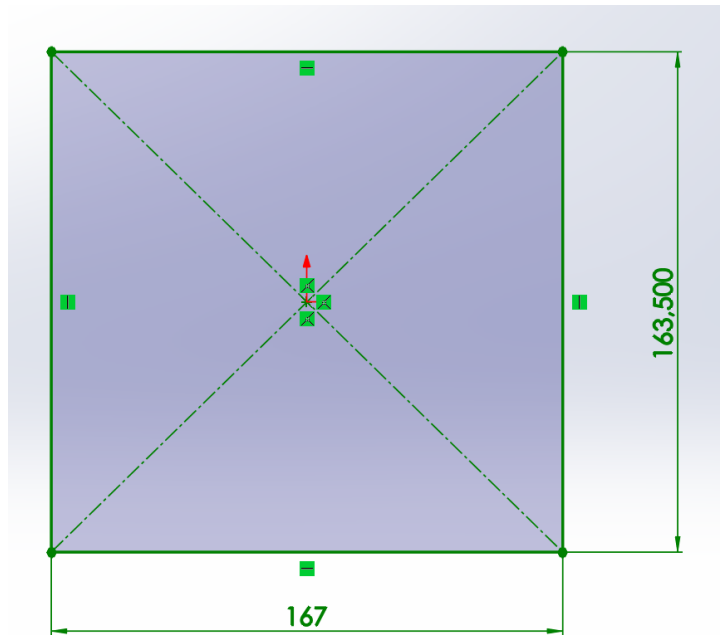
Solidworks on ranskalaisen Dassault Systemesin valmistama CAD-suunnitte-  
luohjelmisto. Solidworksilla, kuten useimmilla CAD-ohjelmistoilla, tehdään osia,  
kokoonpanoja ja valmistuspiirustuksia. Mallinnettavasta osasta tehdään yleensä  
ensin kaksiulotteinen ”sketsi”, joka laajennetaan kolmiulotteiseksi kappaleeksi.  
Osia yhdistelemällä yhdeksi kokonaisuudeksi saadaan kokoonpanoja. Yleensä  
suunnittelussa viimeisimpänä vaiheena tehdään osista ja kokoonpanoista kaksi-  
ulotteiset piirustukset. Osapiirustusten avulla valmistaja pystyy tekemään osan  
koneistamalla, 3D-tulostamalla tai ohutlevystä leikkaamalla ja taivuttamalla. Ko-  
koonpanopiirustukset ohjeistavat valmistajaa tekemään tarvittavat hitsaukset ja  
muut liitokset, ja asentajia kasaamaan osista kokonaisen tuotteen.

### 4.1 Osa, kokoonpano ja valmistuspiirustus

Osan tekeminen aloitetaan yleensä yhdelle tasolle piirrettävästä sketsistä (kuva  
9). Sketsi sisältää yksinkertaisimmillaan osan yhden sivun ääriviivat ja mitat (kuva  
10). Sketsiin voi tehdä myös esimerkiksi reikiä tai lovia, mutta ne ovat suositelta-  
vaa tehdä myöhemmässä vaiheessa omina toimintoina muokattavuuden ja hal-  
littavuuden takia.

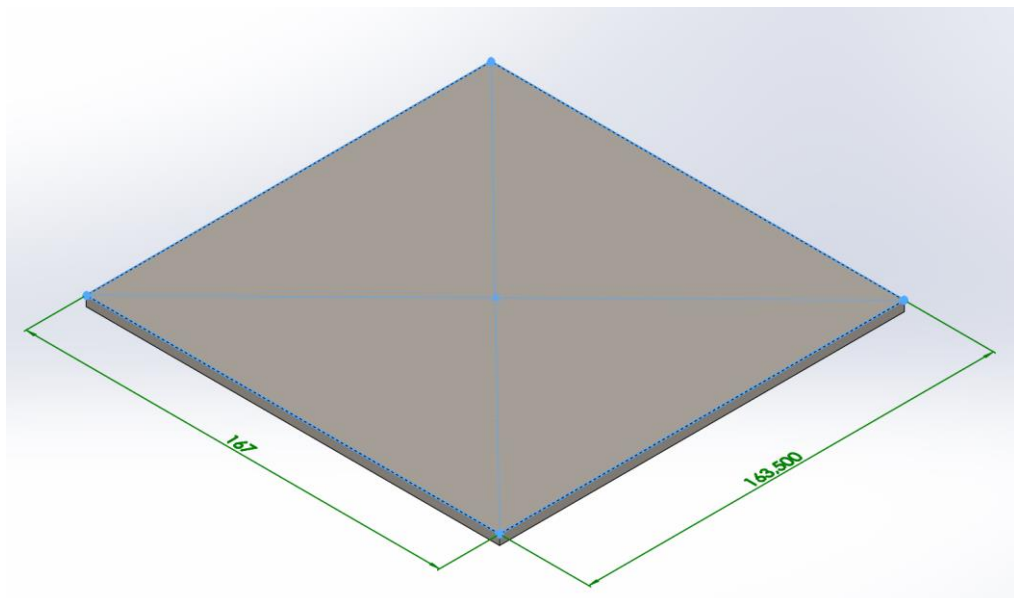


KUVA 9. Osan ensimmäinen sketsi tehdään yhdelle kolmesta alkuperäisestä tasosta



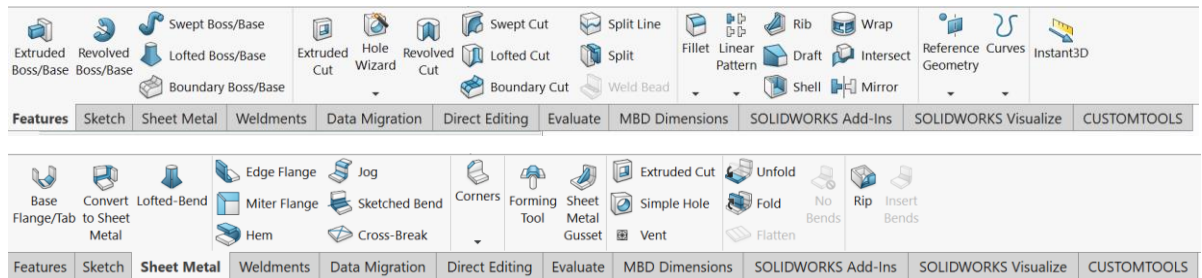
KUVA 10. Sketsi sisältää osan ääri viivat ja mitat. Vihreä väri sketsissä tarkoittaa, että se on täysin määritelty. Sketsi on keskitetty origoon eli keskelle avaruutta.

Osasta tehdään kolmiulotteinen laajentamalla se sketsistä uudelle tasolle, jolloin sillä on kolme eri mittaa (kuva 11). Laajentaminen tehdään yleensä Extruded Boss tai Base Flange -toiminnoilla. Extruded Boss-toimintoa käytetään koneistettavalle tai 3D-tulostettavalle osalle ja Base Flange -toimintoa ohutlevyosalle.

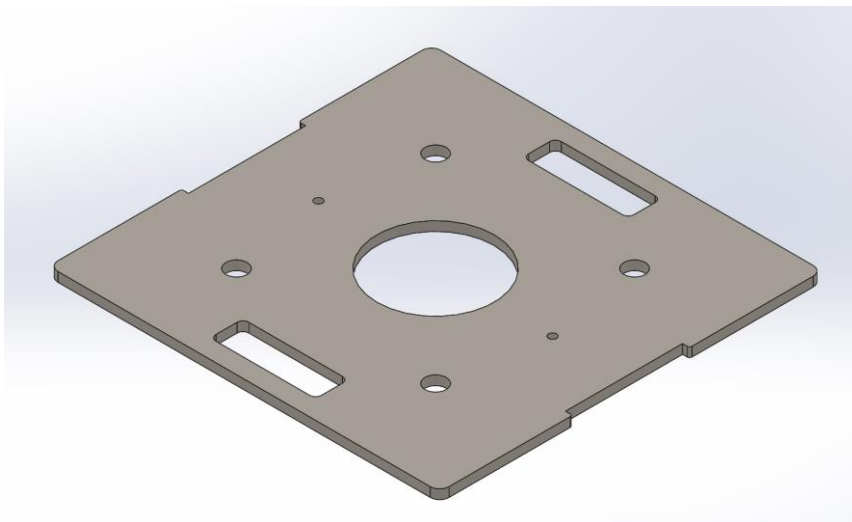


KUVA 11. Kolmiulotteinen kappale

Kun tämä vaihe on tehty, voidaan kappaleelle tehdä muita toimintoja kuten reikiä, lovia ja ohutlevyosille taitoksia (kuva 12). Valmistettavuuden ja asennettavuuden kannalta kannattaa yleensä tehdä symmetrisiä osia (kuva 13), mikä tekee Mirror ja Pattern -toiminnoista erittäin hyödyllisiä. Näiden avulla on myös helppo muokata sketsiä jälkeen päin. Esimerkiksi symmetrisessä levyssä, jossa on kaksi reikää peilikuvana toisistaan, voidaan helposti muuttaa molempien reikien halkaisijoita muuttamalla vain toisen reiän halkaisijan mitta.



KUVA 12. Features ja Sheet metal -välillehtien toimintoja

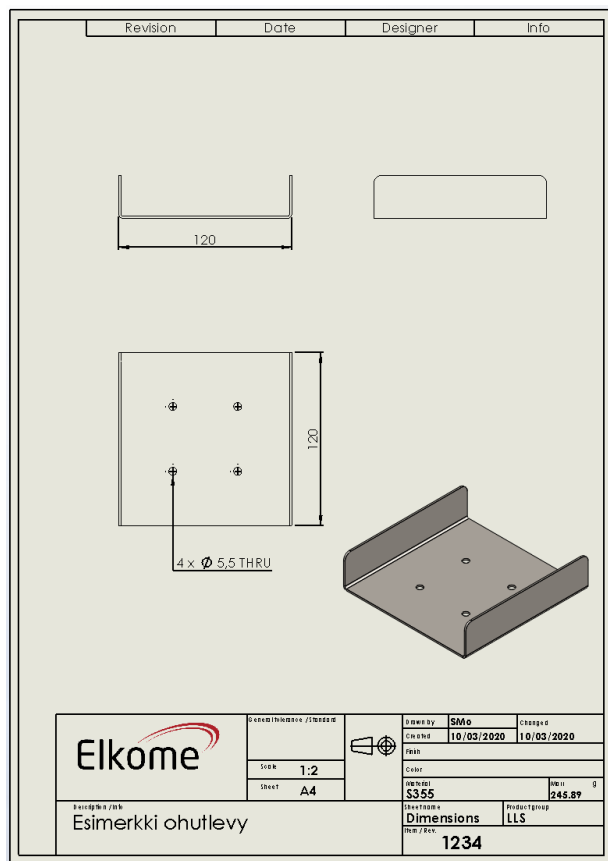


KUVA 13. Valmis mallinnus symmetrisestä osasta

Kokoonpano koostuu useammasta yksittäisestä osasta, jotka on yhdistetty erilaisilla liitosmenetelmillä yhteen. Tällaisia liitosmenetelmiä ovat esimerkiksi hitsaus, niittaus tai ruuviliitos. Kiinnityksessä voi olla apuna paikoitusnastoja, jolloin edellä mainittujen liitosmenetelmien tarve vähenee. Paikoitusnastojen käytöllä tarkoitetaan ulokkeiden ja kolojen tekemistä osiin, jotta osien asemointi helpottuu (Parvianen & Havas 2011, 164).

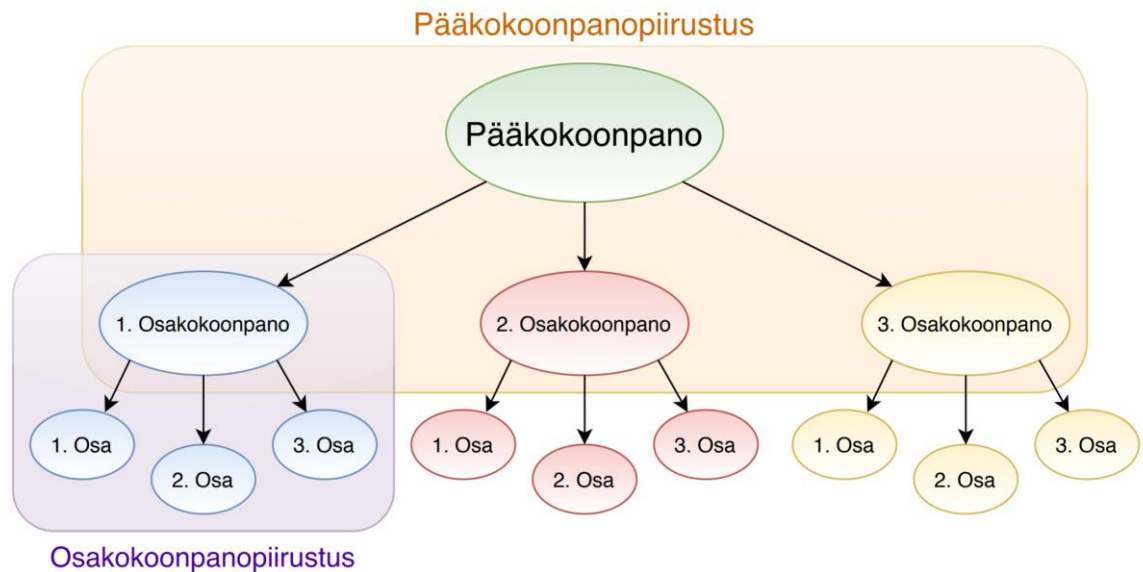
Kokoonpanossa on yleisesti olemassa kaksi eri suunnittelutapaa. Ensimmäinen on bottom-up, jossa osat suunnitellaan erikseen ja valmiit osat yhdistetään kokoonpanossa valmiiksi kokoonpanoksi. Toinen tapa on top-down, joka tarkoittaa, että osat suunnitellaan kokoonpanon sisällä. Tämä tapa tekee suunnittelusta yleensä tehokkaampaa, koska suunniteltavan osan paikka kokoonpanossa on koko ajan näkyvillä kuten kaikkien muidenkin osien mitat ja paikat.

Piirustusten tekeminen on tärkeä vaihe osien ja kokoonpanojen valmistuksessa. Osapiirustuksissa (kuva 14) tulee näkyä kaikki oleelliset mitat, taitokset, liitokset, reiät ja leikkausmuodot. Myös valmistuksen ja kasauksen kannalta tärkeät huomiot tulee olla piirustuksissa. Tällaisia huomioita osapiirustuksissa voisi olla taivutettavan osan taivutusjärjestys tai lopputuotteessa näkyvällä paikalla olevan osan pinnan laadun huomioiminen. Mahdolliset revisiomuutokset tarkkoine selityksineen tulee myös näkyä piirustuksissa. Solidworksiin saatavilla oleva lisäosa CustomTools luo automaattisesti osapiirustuksiin näkyviin osan tietoja kuten tuotekoodin ja nimen, painon, materiaalin, toleranssiluokan sekä värin ja pintakäsittelyn.



KUVA 14. Osapiirustusnäkö Solidworksissa

Kokoonpanopiirustuksista on olemassa osa- ja pääkokoonpanopiirustuksia. Osakokoonpanopiirustuksessa on esitettyä kokoonpanon ulkomitat sekä räjähdyskuva ja osaluettelo, joista tulee selville kaikki kokoonpanossa käytetyt osat ja niiden sijainnit. Pääkokoonpano koostuu yleensä useammasta osakokoonpanosta, joten pääkokoonpanopiirustukseen tehdään räjähdyskuva ja luettelo käytetyistä kokoonpanoista (kuva 15).



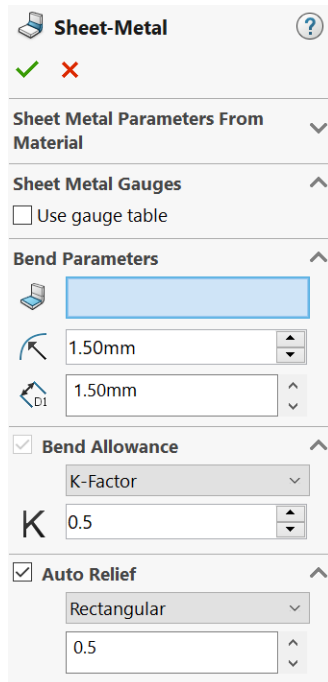
KUVA 15. Kolmesta osakokoonpanosta koostuvasta pääkokoonpanosta tehdään yksi pääkokoonpanopiirustus ja kolme osakokoonpanopiirustusta

## 4.2 Ohutlevyn mallintaminen

Suurin osa tässä opinnäytetyössä suunnitelluista osista oli ohutlevystä valmistettavia. Solidworksissa on edistyneet ohutlevytoiminnot, jotka helpottavat mallintamista ja valmistuskuvien tekemistä.

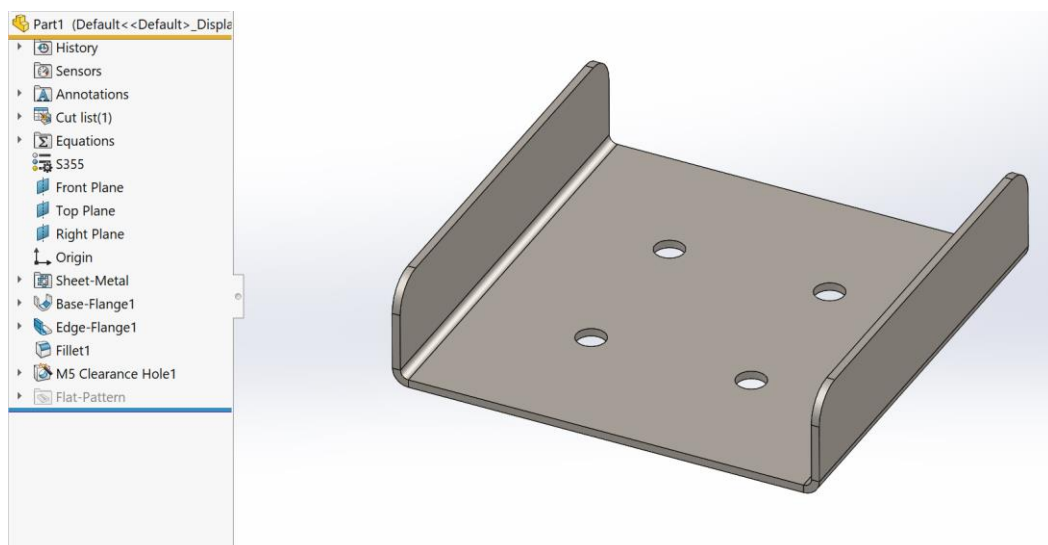
Ohutlevyosan mallinnuksessa ensimmäinen vaihe on sketsin piirtäminen ja sketsin laajentaminen kolmiulotteiseksi kappaleeksi käyttäen Base Flange -toimintoa. Toiminnossa valitaan ohutlevylle paksuus, taivutuksen neutraalitaso ja helpotus. Näitä arvoja pystyy helposti muuttamaan missä tahansa mallinnuksen vaiheessa. Ohutlevyn arvot näkyvät Sheet-Metal -toiminnossa (kuva 16), jossa pystyy myös valitsemaan taivutuksen sisäsäteet. Yleissääntönä on, että sisäsäteet tulisi olla sama

kuin levyn paksuus. Taivutuksen neutraalitason k-arvo riippuu materiaalista ja levyn paksuudesta.



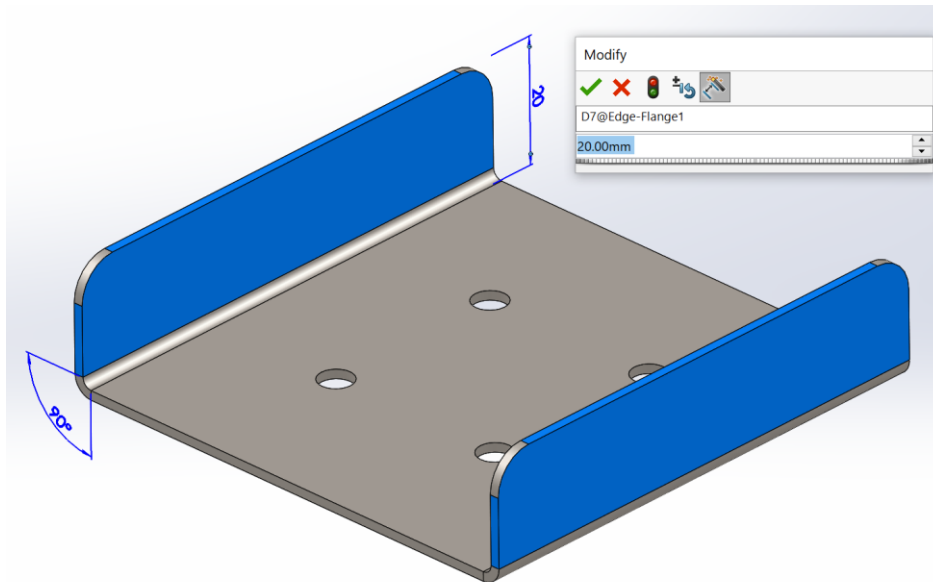
KUVA 16. Ohutlevyn arvot

Yleisimpiä toimintoja, joita ohutlevylle tehdään ovat muun muassa taivutukset ja reiät. Varsinkin laserleikatulle osalle kulmien pyöristykset ovat myös yleisiä. Solidworksissa jokainen toiminto näkyy erillisenä toimintona, joita voi tarkastella ja muuttaa sekä peittää ja lukita (kuva 17). Toiminnot voi myös nimetä uudelleen, mikä helpottaa työskentelyä, kun osalla on kymmeniä eri toimintoja.



KUVA 17. Osan toiminnot lueteltuna

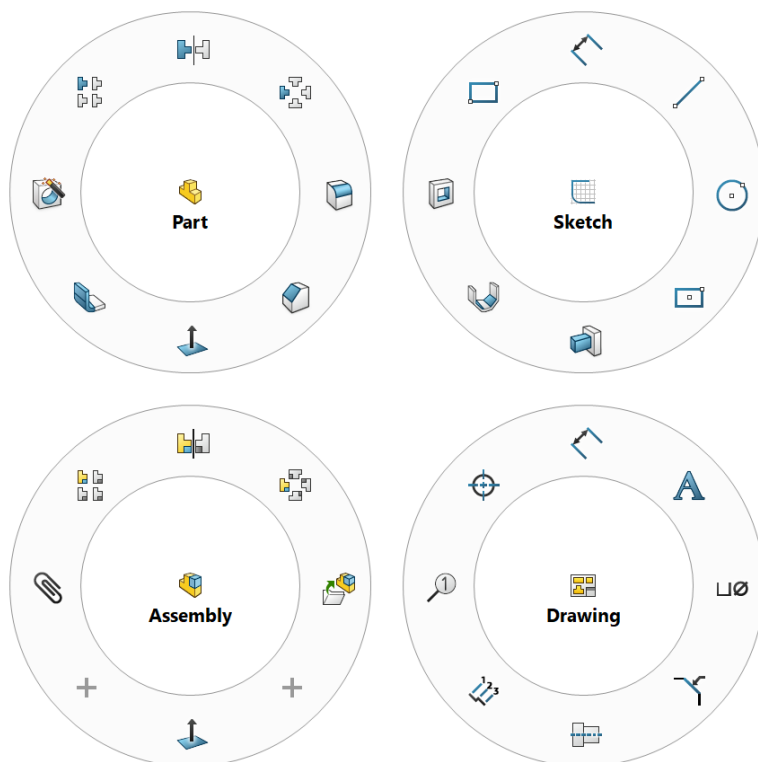
Solidworksilla on helppo muuttaa toimintojen arvoja vain kaksoispainalluksella esimerkiksi taivutetusta reunasta, jolloin taivutuksen mitat tulevat heti näkyviin ja muutettavaksi (kuva 18).



KUVA 18. Toiminnon arvon muuttaminen

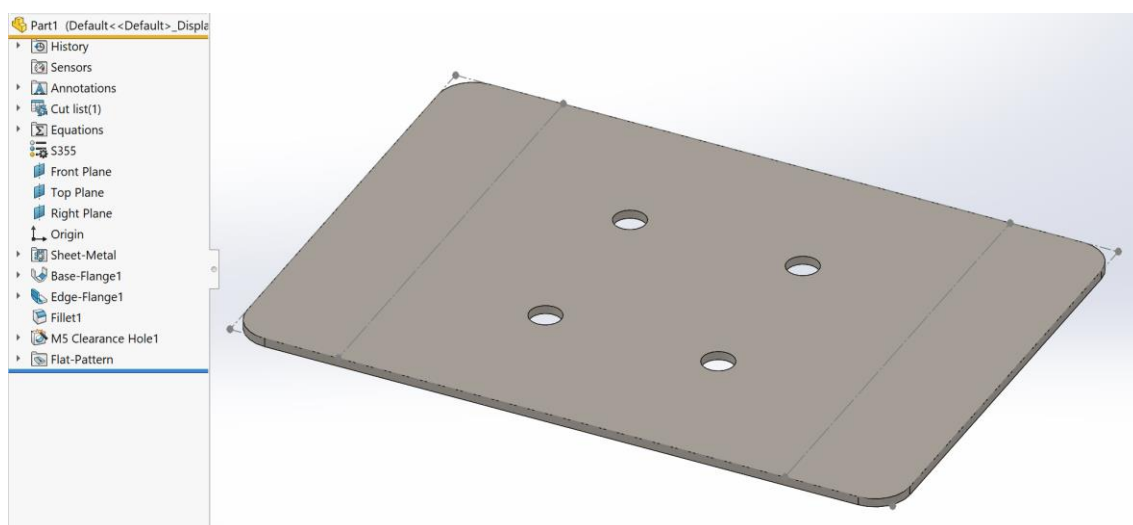
Uusien toimintojen tekemistä on nopeutettu Mouse Gesture -lisäominaisuudella (kuva 19). Siinä toiminto valitaan pitämällä hiiren oikeaa näppäintä pohjassa ja viemällä kursori toiminnon päälle. Valittavat toiminnot ja eri toimintojen määrän valintakiekossa saa valita itse. Toimintojen sijainnit kiekossa oppii ulkoa nopeasti, jolloin toimintojen valinta helpottuu huomattavasti. Jokaisella osan valmistuksen työvaiheella on oma valintakiekko.

## Mouse Gesture Guide



KUVA 19. Toimintojen valintaa nopeuttava lisäominaisuus

Ohutlevyosalle tulee Solidworksissa automaattisesti Flat-Pattern -toiminto, jolla voi tarkastella miltä osa näyttää ennen taivutuksia suorana levynä (kuva 20). Flat-Pattern osoittaa leikattavan levyn suuruuden ja leikkausradan pituuden. On myös mahdollista mallintaa osa, jonka taitokset eivät ole fyysisesti mahdollisia tehdä yhdestä levystä. Flat-Pattern -toiminto paljastaa esimerkiksi, jos taivutettavat reunat menisivät toistensa päälle levyn suorana ollessa.



KUVA 20. Flat-Pattern



Solidworksin lisäosa CustomTools tehostaa ohutlevyn valmistuspiirustusten tekemistä. CustomTools luo automaattisesti kappaleelle taivutuskuvan sekä leikkauskuvan, mikä nopeuttaa piirustusten tekemistä. Taivutuskuvassa näkyvät taivutusten kohdat, mitat ja taivutuskulmat. Leikkauskuvasta tulee DXF-tiedostomuotoinen, jonka osan valmistaja voi laittaa suoraan laserleikkauskoneeseen. Molemmissa kuvissa näkyvät kappaleen materiaali, paino ja leikkausradan pituus.

## 5 SUUNNITTELUN PÄÄVAIHEET

Ensimmäisessä koko työryhmää koskevassa palaverissa tammikuussa käytiin läpi opinnäytetyönä suunniteltavan infokioskin tarpeita ja vaatimuksia. Vaatimusten pohjalta alettiin suunnitella laitteiden kiinnitystä runkoon, runkojen rakenteita ja eri asennustapojen yhteensopivuutta. Suunniteltavan infokioskin tuli olla yleiskäyttöinen, joten kaikista infokioskissa käytettävistä laitteista ei ollut tarkkaa tuotemallia selvillä vaan ne tullaan valitsemaan aina käyttötarkoituksen mukaan. Laitteilla oli kuitenkin olemassa tarpeeksi rajoituksia suunnittelun tekemiseksi.

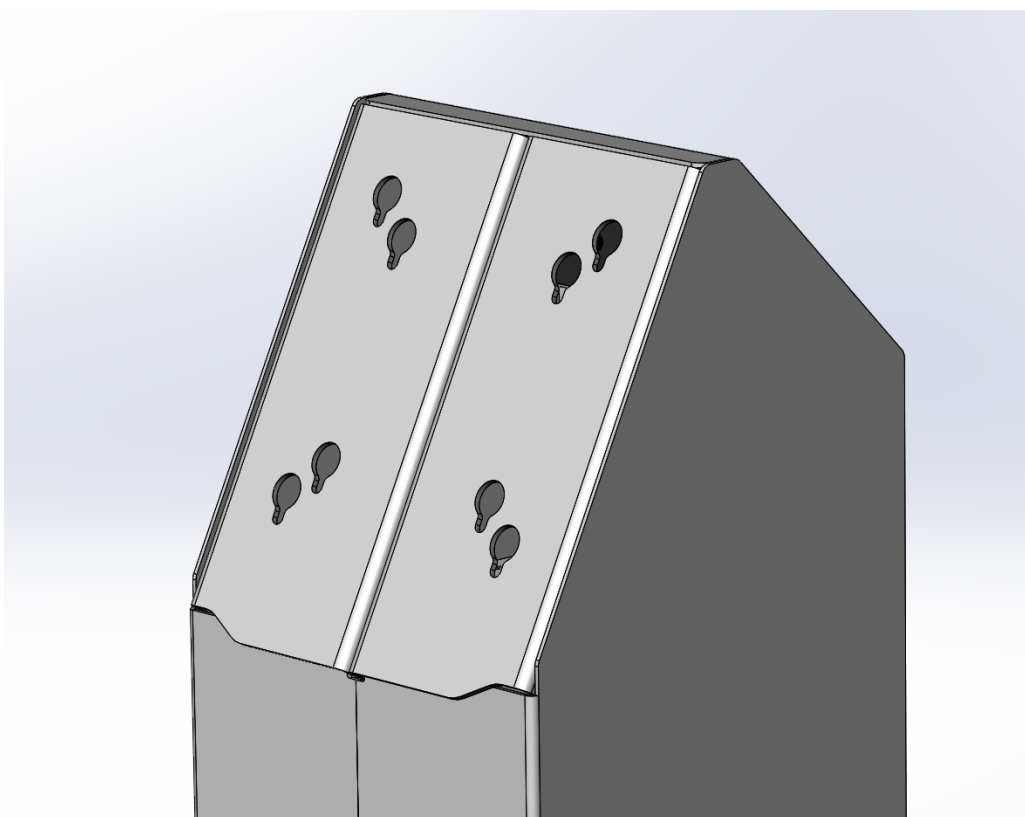
Tärkeimpien komponenttien ja niiden sijaintien ollessa selvillä alettiin suunnitella runkoa niiden ympärille. Infokioskin tuli voida asentaa pöydälle, lattialle tai seinälle. Rungon suunnittelu aloitettiin päämoduulista, joka toimii pöytämallina ja jonka voi kiinnittää mahdollisimman helposti lattiajalustaan tai seinätelineelle. Runkoa suunniteltaessa oleellisimpia huomioon otettavia asioita olivat kokoonpantavuus, valmistettavuus, yleiskäyttöisyys, kustannus ja ulkonäkö.

### 5.1 Infokioskin laitteet

Infokioskin suunnittelutyö alkoi käytettävien laitteiden kiinnitysten ja sijaintien suunnittelulla. Tärkeimpiä komponentteja suunniteltavassa infokioskissa olivat näyttö, tulostin sekä asiakkaan tarpeen mukaan lisätarvikkeita kuten RFID-lukija, viivakoodinlukija tai maksulaite. Kun näiden laitteiden tekniset vaatimukset ja esimerkkikomponentit olivat selvillä, alettiin suunnitella niiden sijaintia ja kiinnitystä runkoon. Infokioskin yleiskäyttöisyys vaati kaikkien laitteiden suunnittelua yhteen osakokoonpanoon, jonka voi kiinnittää eri jalustoihin kiinni.

Tässä projektissa käytettävät näytöt olivat niin sanottuja paneeli-PC:itä eli tietokoneellisia näyttöjä, joten erilliselle PC:lle ei ollut tarvetta järjestää tilaa. Eri kokoisia ja eri valmistajien valmistamia näyttöjä voi asentaa runkoon kiinni VESA-kiinnitysstandardin mukaisesti neljällä ruuvilla (kuva 21). VESA, Video Electronics Standards Association, on kansainvälinen voittoa tavoittelematon yhtiö, joka tukee ja asettaa tietokone- ja elektroniikkateollisuudelle standardeja (VESA n.d.).

Tässä työssä ja myös yleisesti tietokoneiden näytöissä on käytössä VESA 75 x 75 ja VESA 100 x 100 -standardit, joissa numerot kertovat kuinka kaukana neljä ruuvia ovat toisistaan. Eri kiinnitystavat mahdollistavat eri kokoisten näyttöjen asentamisen runkoon kiinni ja kiinnitysruuvien symmetrinen kuvio sallii näytön asentamisen joko vaaka- tai pystyasentoon. Molemmissa edellä mainituissa standardeissa on ruuvikokona M4. Painavat Paneeli-PC:t voivat painaa jopa 10 kilogrammaa, mikä tekee näytön asennuksesta yksin tehtynä hankalaa. Toisella kädellä pitäisi kannatella näyttöä ja toisella ruuvata ruuvit kiinni. Asennuksen helpottamiseksi näyttöön ruuvataan ruuvit kiinni ennen runkoon kiinnitystä ja nämä ruuvit toimivat asennusta helpottavina asemointinastoina. Näytön kaltevuuskulma tai korkeus eivät ole tässä infokioskissa säädettävissä, joten samat säädöt tulee sopia eripituisille käyttäjille. Kaltevuuskulman ja korkeuden suunnittelussa hyödynnettiin muiden valmistajien ja Elkomen omien infokioskien näyttöjen kaltevuuskulmia sekä ihmisten keskipituutta. Keskimääräisen pöydän korkeus otettiin myös huomioon, jotta pöytä- ja lattiamallien näytöt olisivat samalla korkeudella.



KUVA 21. Näytön kiinnitys runkoon VESA-kiinnitysstandardien mukaisesti

Tulostimen yksi kriteereistä oli, että sen saa halutessaan lukittua runkoon kiinni, mutta se voi olla myös avoin malli. Infokioskin runkoon piti järjestää paikka, johon voi asettaa tietyn kokoisia tulostimia. Tulostimen ulkomitat vaikuttivat näin ollen koko infokioskin rungon kokoon. Kyseessä on yleiskäyttöinen infokioski, joten siihen piti käydä eri valmistajien tulostimia. Suunnittelussa käytettiin malleina Epsonin, Star Micronics:n sekä Bixolonin tulostimia, jotka kaikki ovat teknisiltä tiedoilta saman tyyliisiä ja samankokoisia. Tulostimen saa lukittua lukollisella luukulla tai se voi olla myös ilman sitä (kuva 22). Luukku ei vaikuta tulostimen toimintaan.



KUVA 22. Tulostimen voi lukita luukulla rungon sisälle

Luukkujen lukoiksi valikoitui Dirak Quarter-Turn with Cylinder L13.5 (kuva 23), sen helpon asennuksen ja pienen koon takia. Lukon asennuksessa ei tarvitse käyttää työkaluja, vaan lukon mukana tulee kiinnityspidike, joka painaa lukon levyä vasten.



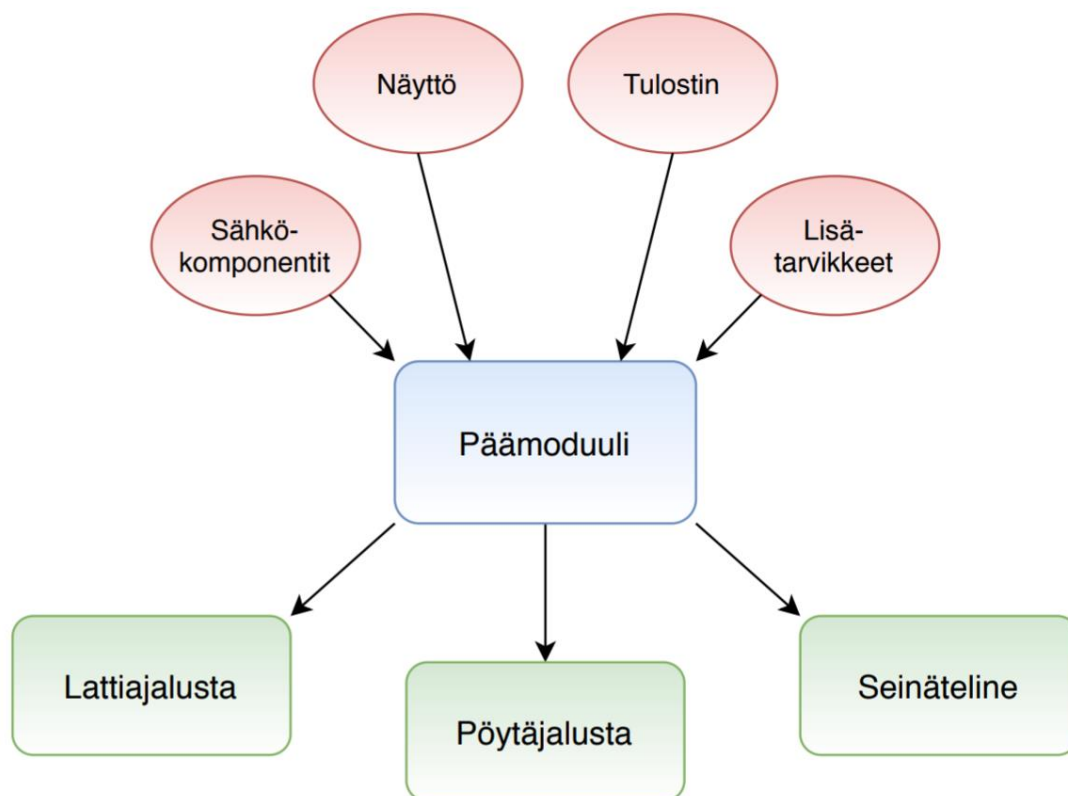
KUVA 23. Dirak Quarter-Turn with Cylinder L13.5 (Dirak n.d.)

Näytön ja tulostimen lisäksi infokioskissa on usein myös muita tarvikkeita riippuen infokioskin tarkoituksesta. Kaupoissa ja pikaruokaravintoloissa on nykyään käytössä infokioskeja ostosten maksamista tai ruuan tilaamista varten. Tällaisia käyttökohteita varten infokioskissa tulee olla esimerkiksi maksulaite tai viivakoodinlukija. Kortinlukutoimintoa tarvitaan myös monessa käyttökohteessa esimerkiksi kirjautumista varten. Jotkut näytönvalmistajat, kuten Elo Touch Solutions tai Advantech tarjoavat näyttöihinsä lisätarvikkeina muun muassa edelle mainittuja komponentteja. Tavallisten näyttöjen käyttöä varten suunniteltiin telineet RFID- ja viivakoodinlukijalle, jotka ovat yleisimpiä infokioskeissa käytettyjä lisätarvikkeita.

## **5.2 Kokoonpantavuus ja asennustavat**

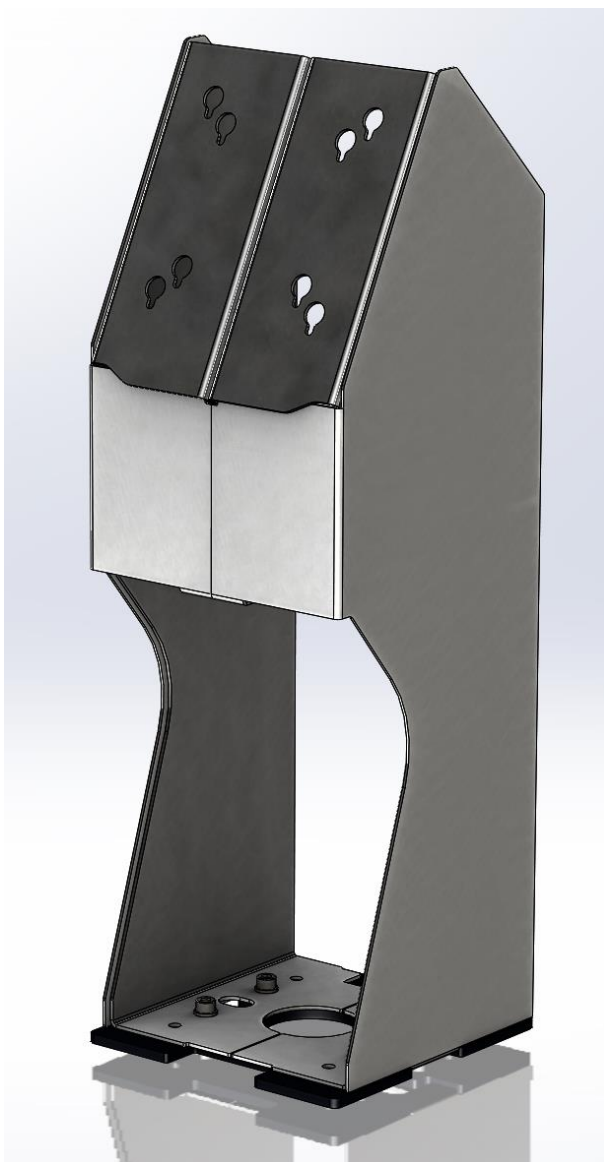
Kun päämoduuliin tulevien laitteiden sijainnit ja kiinnitystavat olivat selvillä, alettiin suunnitella eri moduulien kokoonpanoja ja asennustapoja. Asennustapojen suunnittelussa kokoonpantavuus oli tärkeä kriteeri, jotta osakokoonpanojen käsittely olisi mahdollisimman helppoa. Kokoonpantavuus vaikuttaa merkittävästi tuotteen kokonaiskustannuksiin. Käytännössä hyvä kokoonpantavuus tarkoittaa selkeän ja nopean kasauksen lisäksi turhien osien minimoimista ja kokoonpantavien osien helppoa käsiteltävyyttä.

Rungon suunnittelu aloitettiin päämoduulista, joka sisältää itsessään tärkeimmät komponentit ja jota voidaan käyttää jokaisessa eri asennustavassa. Päämoduuliin tulee kiinni näyttö, tulostin, sähkökomponentit ja lisätarvikkeet. Päämoduuliin kiinnitettäessä pohjalevy saadaan pöytämalli valmiiksi. Muut mallit saadaan kiinnittämällä päämoduuli seinässä kiinni olevaan telineeseen tai lattialla seisovaan lattiajalustaan (kuva 24).



KUVA 24. Infokioskin rakenne

Päämoduuli (kuva 25) on yksi osakokoonpanoista, jonka voi kasata ja varastoida erikseen muista kokoonpanoista. Päämoduuli koostuu toisilleen peilikuvina olevista runko- ja kotelo-osista sekä näitä yhdistävästä kiinnityslevystä, luukuista ja lisätarvikkeiden telineistä. Kaikkien moduulien runko-osat ja kotelo-osat suunniteltiin aluksi valmistettavaksi yhtenäisistä kappaleista, mutta valmistajan kanssa keskustellessa selvisi, että se vaatisi erikoistyökalujen käyttöä, joten runko- ja kotelo-osat päätettiin jakaa puoliksi. Osat ovat kuitenkin toisilleen peilikuvia, joten osien valmistuksessa voidaan käyttää jokseenkin samoja valmistuskuvia. Osien symmetrisyys kokoonpanossa helpottaa myös asentajan työtä, koska osista näkee helpommin niiden kokoonpanoasennon.



KUVA 25. Päämoduuli

Päämoduulin runko-osat kiinnitetään ensin toisiinsa kiinni, minkä jälkeen kotelo-osat kiinnitetään runkoon kiinni. Kokoonpano lukitaan pohjaan kiinnitettävällä kiinnityslevyllä, jota käytetään myöhemmin eri jalustojen kiinnittämiseen. Kiinnityslevyn ruuvit toimivat pohjalevyn kiinnityksen asemointinastoina. Kiinnitettäessä pohjalevyt päämoduuliin saadaan infokioskin pöytämalli valmiiksi. Pohjalevyjä oli myös aluksi tarkoitus olla vain yksi, mutta käytännöllisyyden ja valmistettavuuden takia niitä oli lopulta kaksi. Pohjalevyn suurin mahdollinen paksuus oli viisi millimetriä käytettävien ruuvien vuoksi, joten kokoonpanon painopisteen pitäminen matalalla olisi vaatinut suurta pohjalevyn pinta-alaa. Kustannusta ajatellen kaksi ohuempaa levyä on parempi kuin yksi paksu levy, koska ohuempi levy on raaka-aineena edullisempää. Sen leikkaaminenkin on nopeampaa, mikä tekee sen työstämisestä halvempää.

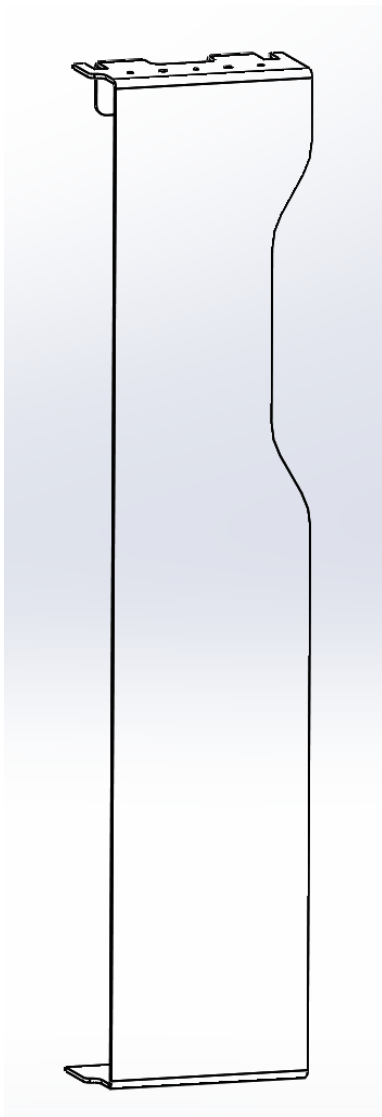
Monet osista ovat symmetrisiä tai selvästi epäsymmetrisiä, jotta asentajan ei tarvitse käyttää aikaa osan asennussuunnan selvittämiseen. Päämoduulin runko koostuu keskenään symmetrisistä osista ja lattiajalustan (kuva 26) rakenne muistuttaa hyvin paljon päämoduulin rakennetta. Lattiajalusta koostuu päämoduulin tavoin kaksista toisilleen peilikuvina olevista runko- ja kotelo-osista. Nämä osat yhdistetään pöytäjalustan tapaan pohjalevyyn ruuveilla kiinni ja takaluukut toimivat molemmissa jalustoissa samalla tavalla. Seinäteline koostuu myös keskenään symmetrisistä osista, jotka kiinnitetään päämoduulin pohjaan ja seinään kiinni.



KUVA 26. Lattiajalusta



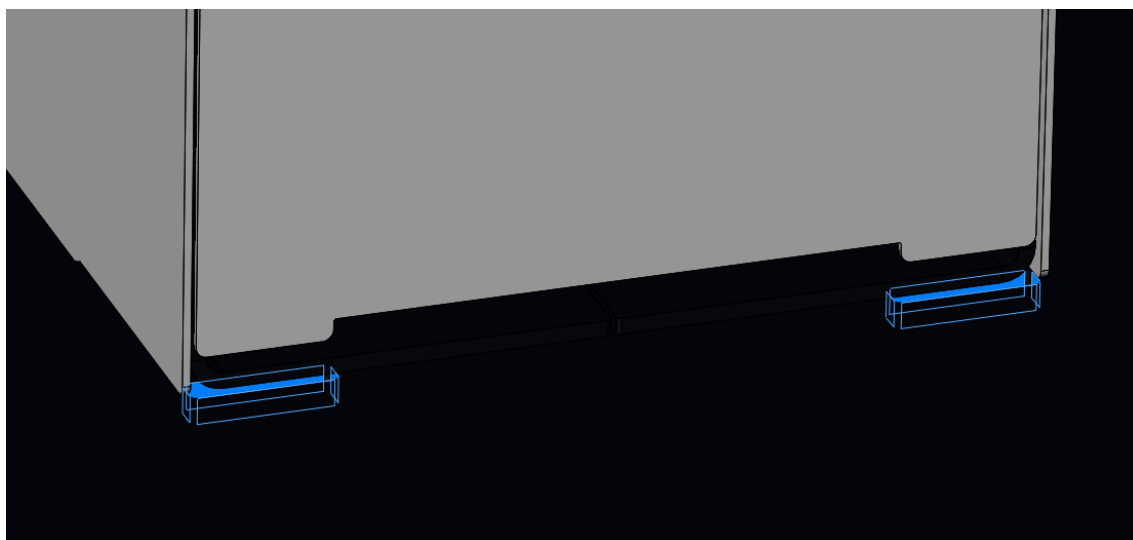
Yleensä osilla ja osien ominaisuuksilla tulisi olla useampi eri käyttötarkoitus. Epäsymmetrisyyttä lisäävillä ominaisuuksilla tämä sääntö pätee myös ja on melko helppo toteuttaa. Kuvassa 27 näkyvään osaan suunniteltiin epäsymmetrisyyttä lisäävä ominaisuus kokoonpanon helpottamiseksi. Osa olisi muuten melko samannäköinen joka asennossa ja asentaja joutuisi tarkastella ja pyöritellä osaa kädessä oikean asennon löytämiseksi. Epäsymmetrisen loven avulla asentaja hahmottaa kokoonpanoasennon nopeammin. Lovi jonkin verran keventää osan yläosaa ja näin myös madaltaa kokoonpanon painopistettä. Asentaja saa lovesta myös paremman otteen kuin suorasta pinnasta, jolloin osan käsiteltävyys on parempi. Loven tekeminen osaan ei vaikeuta tai hidasta juurikaan osan valmistusta laserleikkausmenetelmällä.



KUVA 27. Epäsymmetrisyyttä lisäävä piirre osan käsittelyn helpottamiseksi

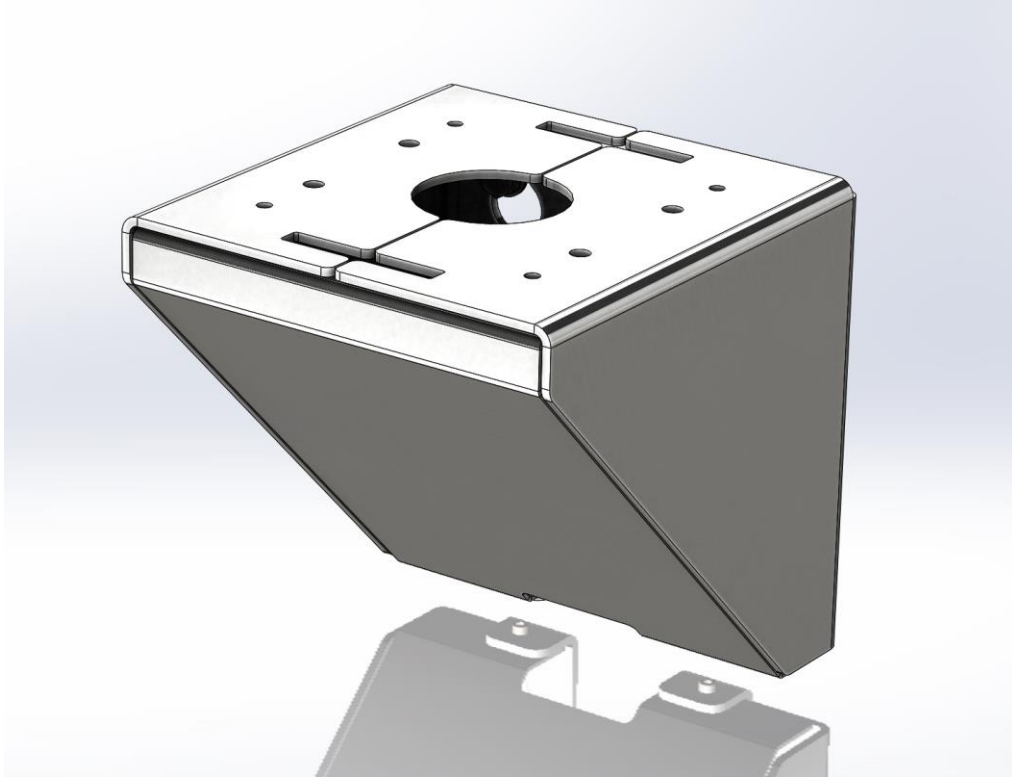
Kaikissa rungon pääkokoontamisissa ja useissa osakokoontamisissa on yksi kokoonpanosuunta ylhäältä alas. Suurin osa runkojen kasauksessa käytetyistä ruuveista ruuvataan ylhäältä alaspäin alta tehtävän liitostyön välttämiseksi. Osiin suunniteltiin myös lovia ja ulokkeita ruuvien määrän minimoimiseksi ja osien ase-  
moinnin helpottamiseksi. Jokaisen eri asennustavan osakokoontamon kiinnitys päämoduuliin tapahtuu samoilla ruuveilla, jotka kiinnitetään päämoduulin pohjan kautta. Kaikki rungon kasaukseen käytettävät ruuvit ovat kuusiokoloruuveja, joten seinäkiinnityksen isompia pultteja lukuun ottamatta, asentaja ei tarvitse muita työkaluja kuin kuusiokoloavainsarjan ja jakoavaimen. Lähes kaikki ruuvit kiinnitetään levyissä oleviin kierteityksiin muttereiden määrän vähentämiseksi.

Usein kaappien ja koteloiden luukut ovat kiinnitettyinä joko saranalla tai ruuveilla. Nämä kiinnitystavat kuitenkin vaatisivat monia uusia osia hidastaen kokoonpanoa ja DFA-periaatteen mukaan toisivat mukanaan myös muita ongelmia. Tässä työssä käytettävät luukut suunniteltiin valmistettavaksi yhtenäisistä ohutlevyosista, joissa on asemointia helpottavia ulokkeita. Rungossa on paikat jokaiselle luukulle ja kolot, joihin luukun ulokkeet sopivat (kuva 28).



KUVA 28. Lattiamoduulin luukku liu'utetaan pohjalevyyn kiinni asemointinastojen avulla

Päämoduulin ja lattiajalustan voi kasata ja varastoida erikseen, ja myöhemmin kiinnittää yhteen yhdeksi kokonaisuudeksi. Seinätelineen (kuva 29) voi kiinnittää seinään erikseen tai päämoduulin kanssa samanaikaisesti. Seinätelineen ja päämoduulin voi irrottaa seinästä ja varastoida yhtenä kokonaisuutena.

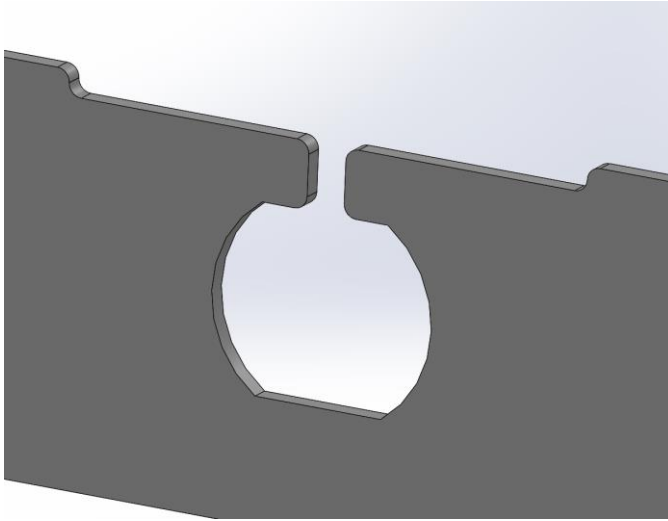


KUVA 29. Seinäteline

### 5.3 Osien valmistettavuus

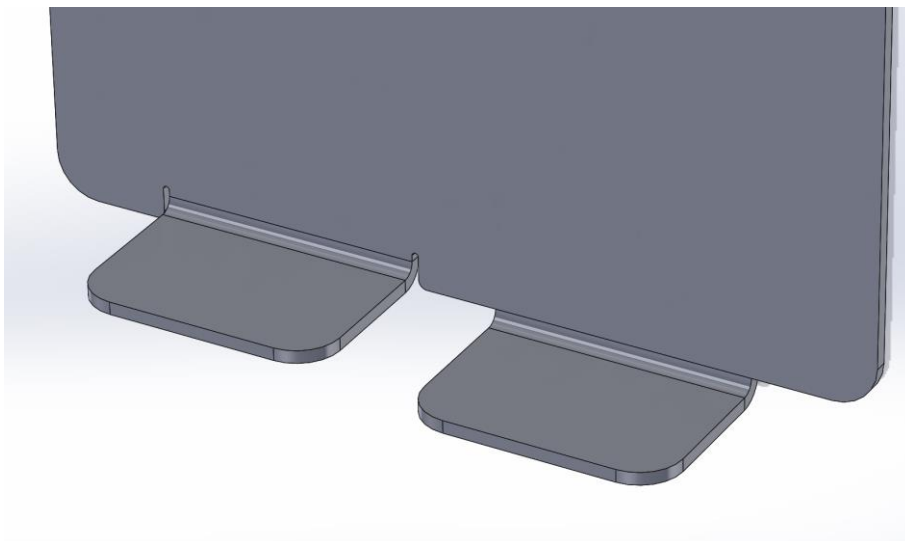
Valmistettavuus vaikuttaa osien valmistuskustannuksiin ja osissa esiintyvien virheiden määrään. Valmistettavuutta ajatellen osat suunniteltiin luvussa 3 mainittujen suunnittelusääntöjen mukaisesti. Tässä työssä suunnitellut osat valmistetaan ohutlevystä laserleikkaamalla. Useimmat osat ovat samasta materiaalista ja saman paksuisesta levystä valmistettavia kappaleita eikä niiden valmistuksessa ole koneistamista tai hitsaamista.

Osien valmistuksessa tehtävät reiät ovat halkaisijaltaan vähintään yhtä suuria kuin levyn paksuus. Kierteellisten reikien halkaisijat ovat suurimmillaan 2 kertaa levyn paksuisia, jotta kierteiden määrä levyssä on riittävä. Reikien etäisyys reunasta ja taivutuksesta mitoitettiin luvussa 3.2.1 esitettyjen kaavojen 4 ja 5 mukaan. Reunan lähellä olevia reikiä myös yhdistettiin reunan leikkausrataan valmistettavuuden parantamiseksi (kuva 30).



KUVA 30. Reunan lähellä oleva reikä yhdistettynä reunan leikkausrataan.

Taivutustyökalujen vaihtamisen tarpeen minimoimiseksi kaikki osiin tehtävät taivutukset ovat 45 jaollisia paitsi viivakoodinlukijan telineessä oleva taivutus, joka täytyi suunnitella käytännöllisyyden vuoksi eri taivutuskulmalla. Muodonmuutosten välttämiseksi lovia ja laipan korkeutta koskevia suunnittelusääntöjä noudatettiin osien suunnittelussa ja sivujen liittymäkohtiin jätettiin liittymävarat, jotta sivut ovat kohtisuoria toisiaan vasten. Taivutusten helpotusten tekemiselle ei ollut tarvetta, koska kaikki taivutukset ovat levyn reunan ulkopuolella, jotta taivutuksen tekemiseen ei tarvittaisi erikoistyökaluja (kuva 31). Taivutusten sisäsäteet ovat kaikissa osissa samansuuruisia ohutlevyn paksuuden kanssa.



KUVA 31. Taitos helpotuksilla ja ilman helpotuksia

Useimmat osat ovat symmetrisiä, mikä helpottaa valmistajan työtä. Epäsymmetrisiin osiin lisättiin epäsymmetrisyyttä lisääviä piirteitä, jotta valmistaja huomaa sen välittömästi eikä tule epäselvyyksiä. Symmetriset ja selvästi epäsymmetriset osat helpottavat myös myöhemmin asentajan työtä tuotteen kasauksessa.

Näkyvien osien materiaaliksi valikoitui ruostumaton harjattu teräs EN 1.4301 / AISI 304. Lattiajalustan runko-osien ja pohjalevyjen materiaaliksi valittiin S355 teräs mustalla jauhemaalilla osien paksuuden ja kuormituksen vuoksi. 1.4301 ruostumaton teräs on yleisesti käytetty materiaali muun muassa keittiövälineiden kuten pannujen ja lavuaarien valmistuksessa. Myötölujuuden ollessa noin 190 MPa se ei ole yhtä vahvaa materiaalia kuin S355, jonka myötölujuus on nimensä mukaisesti 355 MPa. Materiaalin paksuudella voi kuitenkin helposti vaikuttaa osan kestävyys.

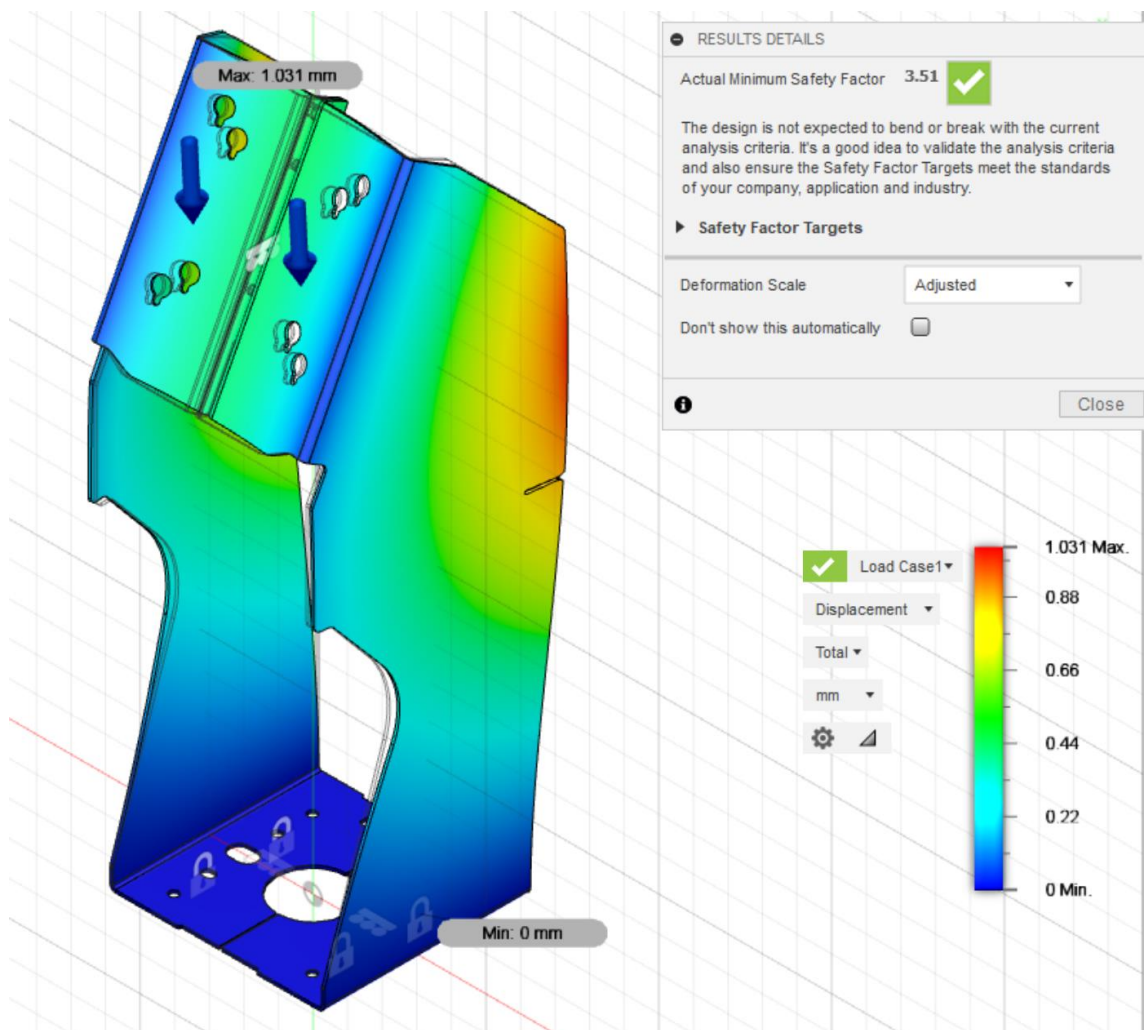
Tämän työn vähäisimmän kuorman osat ovat 1,5 mm paksuisesta ja suurimman rasituksen osat ovat 2-3 mm paksuisesta levystä valmistettavia. Pohjalevyt ovat 3-5 mm materiaalivahvuudelta ja painavat 5-10 kg. Pohjalevyjen yksi tarkoituksesta on madaltaa infokioskin painopistettä, jotta se olisi mahdollisimman tukeva. Pohjalevyt ovat maksimissaan 5 mm paksuja, jotta M6-kierteiset reiät ovat vielä mahdollisia tehdä leikkaussääntöjä noudattaen, sillä M6-kierteistä reikää varten tehdään 5 mm halkaisijan reikä ennen kierteitystä. M6 on tässä työssä suurin käytetty ruuvikoko, koska M8-ruuvien kiristämiseen tarvittavat voimat ovat liian suuria perustyökaluja käytettäessä. M8-ruuvin kiristämiseen tarvitaan yli 200 % kiristysmomentti M6-ruuviin verrattuna (Nordic Fastening Group n.d.).

#### **5.4 Osien ja kokoonpanojen analysointi**

Suunnittelun aikana on tärkeää tutkia ja analysoida osien ja kokoonpanojen kestävyttä, painoa ja painon jakautumista, yhteensopivuutta ja muita käytännöllisyyteen liittyviä seikkoja.

Osien kestävyysmittaukseen käytettiin tässä työssä Autodesk Fusion 360 -suunnitteluohjelmistoa. Ohjelmiston simulointiominaisuuksilla voi tehdä muun

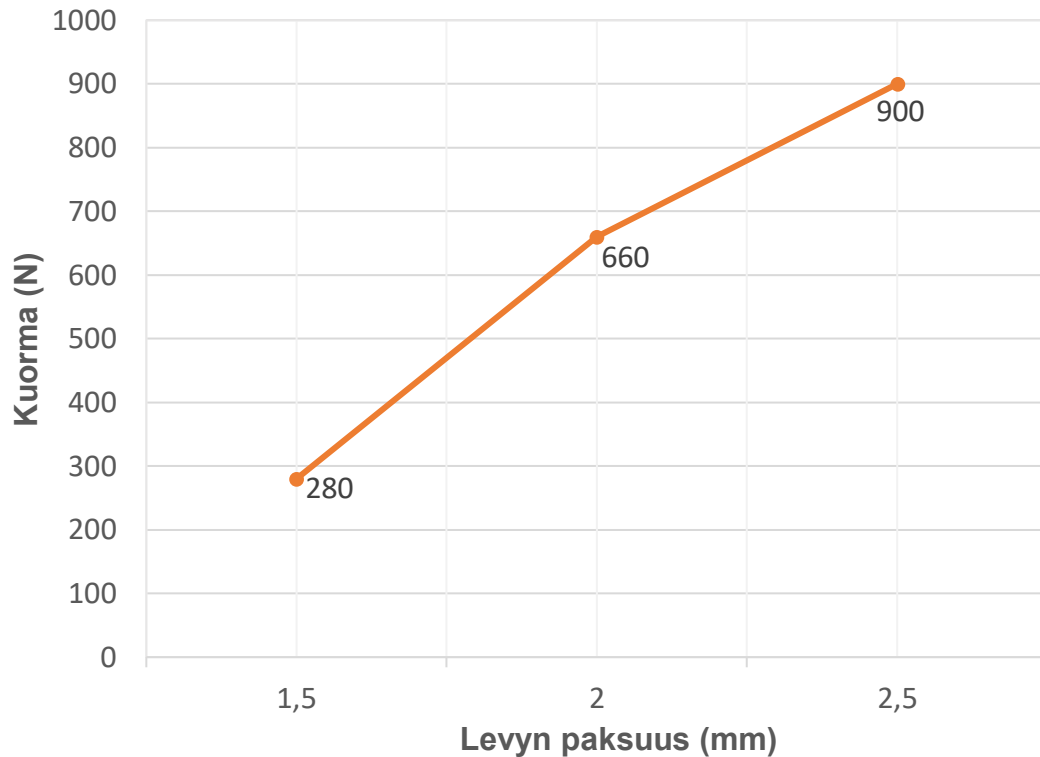
muassa stressianalyysijä, jotka kertovat kuinka suuren kuorman osa kestää ennen vaurioitumista ja kuinka paljon osa muuttuu muotoaan tietyllä kuormalla. Nämä analyysit auttavat materiaalin ja materiaalin paksuuden valinnassa. Static stress -simulointiominaisuus laskee kuorman ja osan kiinnitysten avulla, mitkä ovat osan mahdolliset hajoamiskohdat ja kuinka suurella kuormalla osien oletetaan hajoavan. Static stress laskee myös osan muodonmuutoksen suuruuden eri kuormilla. Esimerkiksi päämoduulin runko-osien muodonmuutos oli 600 Newtonin kuormalla noin 1 mm ja Safety Factor -luku noin 3,5 (kuva 32).



KUVA 32. Päämoduulin Static stress -analyysi

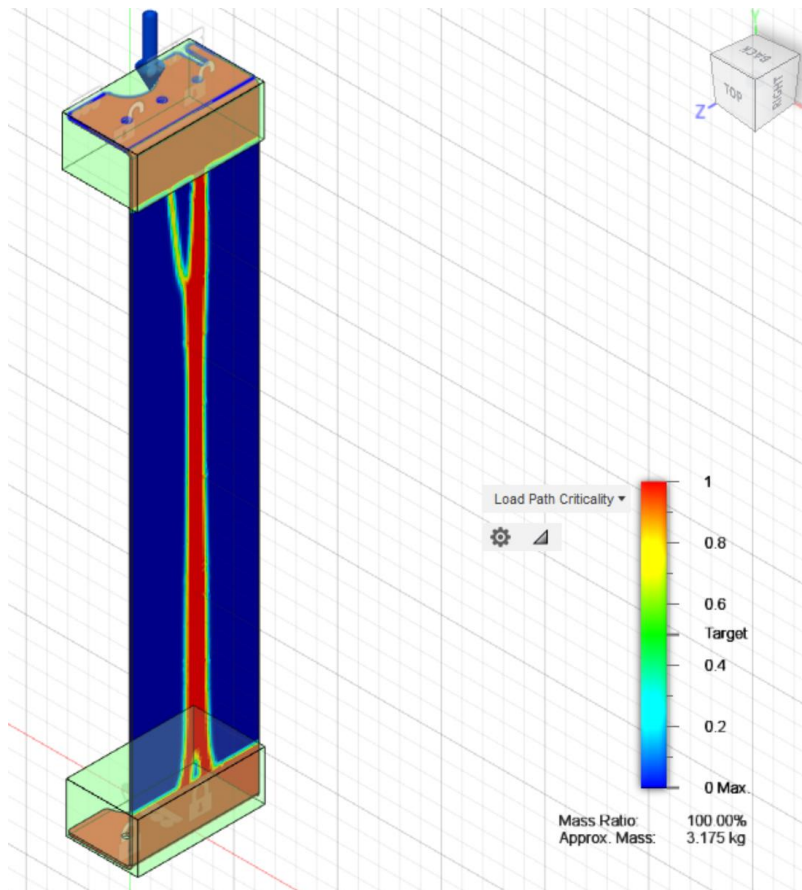
Todellisuudessa osien normaali kuorma on alle 10 kg, joka vastaa noin 100 Newtonia. Suunnittelussa täytyi kuitenkin ottaa huomioon, että kokoonpano voi altistua hetkellisesti moninkertaiselle kuormalle esimerkiksi käyttäjän nojatessa näyttöä vasten. Safety Factor -luku on yleinen arvio osan tai kokoonpanon kestävyydelle. Luvun ollessa alle 3 on vaarana, että osiin tulee pysyviä muodonmuutoksia

ja yli 6 tarkoittaa ylisuunnittelua. Optimaalinen Safety factor -luku on siis normaalilla kuormalla noin 4,5 ja maksimikuormalla yli 3. Safety factor -lukuun voi vaikuttaa osien taivutusten ja leikkausten lisäksi materiaalilla ja materiaalin vahvuudella (kuvio 1).



KUVIO 1. Päämoduulin runko-osien maksimikuorma Newtonina erilaisilla materiaalin vahvuuksilla Safety factor -luvun ollessa vielä yli 3

Analyysien avulla pystyy myös optimoida osien suunnittelua. Shape optimization -simulointiominaisuus (kuva 33) optimoi kappaleen kestävyys painoon nähden kappaleen kuorman ja geometrian rajoitusten perusteella. Shape optimization näyttää kappaleen kestävyys kannalta kriittiset kohdat sekä kohdat, joissa materiaalin käyttöä voi vähentää. Tämä ominaisuus on etenkin 3D-tulostettavilla osilla hyödyllinen, koska niillä ei ole juurikaan geometrisiä rajoituksia. Myös laserleikatuilla osilla voi hyödyntää Shape optimization -ominaisuutta laserleikkausmuotojen ollessa melko vapaita.



KUVA 33. Shape optimization

Tämän työn kokoonpanojen kokoonpantavuuteen ja käytännöllisyyteen liittyviä asioita tutkittiin Solidworksin analysointityökaluilla. Mass properties -ominaisuus laskee yksittäisen osan tai useamman osan kokoonpanon kokonaispainon sekä painopisteen. Infokioskin painopisteen ja pohjalevyn halkaisijan avulla voi laskea kuinka suurella infokioskiin kohdistuvalla voimalla kokoonpano ylittää kaatumispisteen ja menettää tasapainon. Muita tässä työssä käytettyjä Solidworksin analysointityökaluja olivat Interference Detection ja Hole Alignment. Kokoonpanoa tehdessä osat voivat mennä osittain sisäkkäin tai päällekkäin, mitä ei välttämättä huomaa kuin vasta konkreettisten osien prototyyppejä testattaessa. Solidworks ei erikseen ilmoita tätä häiriötä. Interference Detection näyttää nämä kokoonpanon kaikki osat ja sijainnit, joissa osat risteävät keskenään. Hole Alignment kertoo, jos kokoonpanojen osien reiät eivät kohtaa odotetusti ja kuinka paljon reikien kohtaamisessa on virhettä. Kahden erillisen osan yhdistäminen ruuvilla edellyttää reikien täydellistä kohtaamista, jos kyseessä on samankokoiset reiät. Mahdollisia mitta- tai valmistusvirheitä ajatellen toinen rei'istä on hyvä tehdä isommaksi "slot"-reiäksi, joka sallii reikien kohtaamisvirheen yhteen suuntaan.



## 5.5 Ulkonäköön liittyvät tekijät

Yksi infokioskin suunnittelussa huomioon otettavista asioista oli ulkonäkö. Materiaalien pinnanlaadun ja osien muotoilun lisäksi ulkoiseen olemukseen vaikuttaa yleinen siisteys. Periaatteessa kaikki osat, kiinnikkeet ja komponentit, joita ei tarvitse nähdä, tulivat olla mahdollisimman piilossa. Yksi suurimmista suunnitteluvaiheista tässä työssä oli rungon osien kiinnitysmekanismien ja -ruuvien suunnittelu rungon sisäpuolelle niin, että rungon kokoonpano ja osien valmistus olisi helppoa ja edullista. Myös kaikki sähkökomponentit ja kaapelit täytyi olla pois näkyvistä.

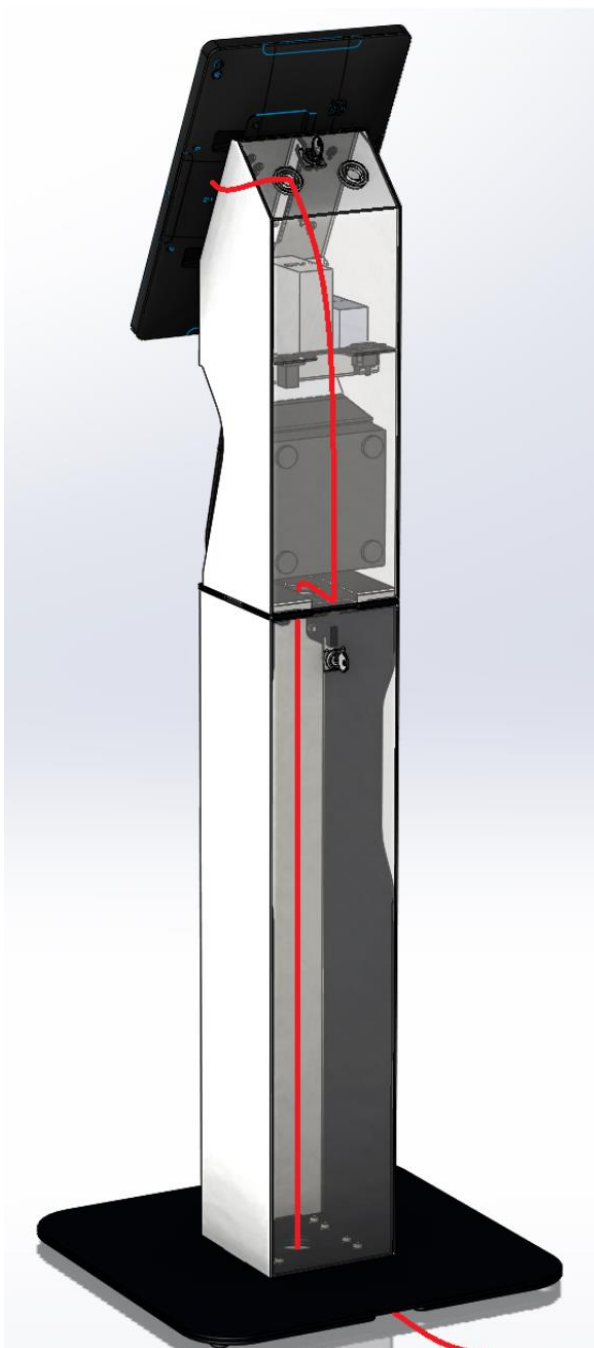
Rungon muodostavat osat kiinnitetään toisiinsa kiinni rungon sisäpuolelta, jotta yhtään ruuvia ei olisi näkyvissä rungon ulkopuolella. Tilan puutteen vuoksi tämä asennustapa tarkoitti suunnittelussa ruuvien yleiskäyttöisyyttä eli käytännössä samoilla ruuveilla piti pystyä yhdistämään monta osaa. Esimerkiksi päämoduuliin kiinnitettävien lisätarvikkeiden telineet tulevat näytön ruuveilla kiinni runkoon.

Kaikki infokioskin sähkökomponentit asennetaan yhdelle päämoduulin sisälle asetettavalle levyille, joka on kiinni hyllyn tapaan ilman erillisiä kiinnikkeitä (kuva 34). Levyssä on asemointia helpottavia ulokkeita, joiden avulla levyn voi liu'uttaa päämoduulin sisälle. Päämoduulin takaluukku lukitsee levyn paikalleen. Suunnittelussa käytettyjä sähkökomponentteja olivat virtalähde ja vikavirtasuojasuoja sekä Lan-liitin ja sähkönsyöttö. Virtalähde ja vikavirtasuojasuoja kiinnitetään levyssä olevaan kiskoon komponenttien omilla kiinnitysmekanismilla. Kiskossa on myös sähkökomponenttien maadoitus.



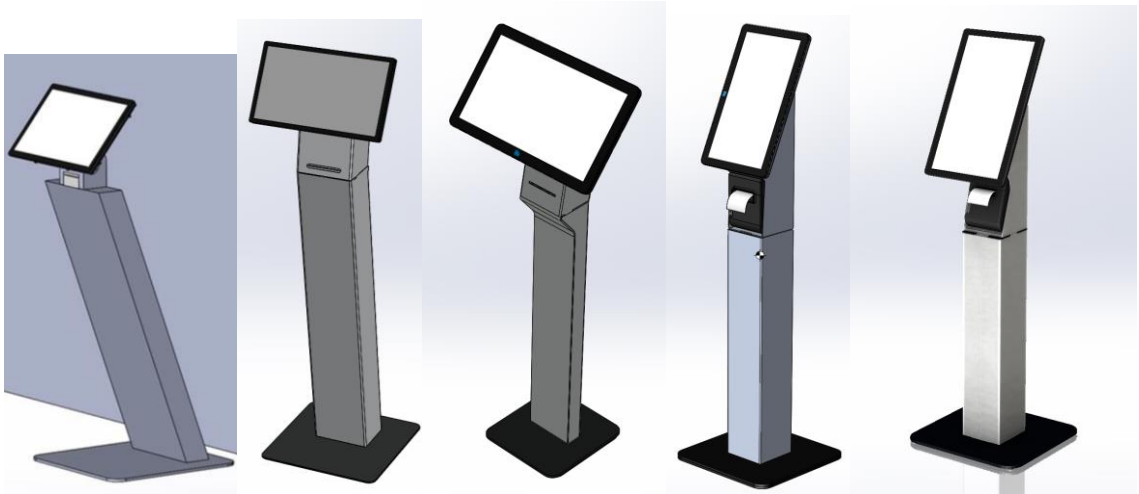
KUVA 34. Infokioskin sähkökomponentit

Infokioskissa olevien laitteiden ja komponenttien määrän takia kaapeleitakin on yleensä paljon. Irrallisia johtoja ei saa kuitenkaan olla näkyvissä ulkonäöllisistä syistä. Johtoja varten osiin täytyy suunnitella reikiä ja lovia, jotta ne pääsevät kulkemaan joka moduulin rungon sisällä. Esimerkiksi näytön kaapelit menevät päämoduulin yläreunan rei'istä sisäpuolelle ja kulkevat lattiamoduuliin pohjaan asti, josta ne vedetään lattiatasoa pitkin ulos (kuva 35).



KUVA 35. Infokioskin johtojen reitti rungon sisällä

Yksittäisten osien ja osakoonpanojen muotoilu ja rakenteet vaikuttavat paljon infokioskin ulkoiseen olemukseen. Taivutusten ja leikkausradan avulla ohutlevy tuotteista on mahdollista tehdä kestävyden ja edullisuuden lisäksi hyvin erilaisia ja erinäköisiä tuotteita. Tämänkin työn suunnittelun edetessä infokioskin muotoilu ja ulkonäkö kehittyivät paljon konseptitasolta valmiiksi prototyypiksi (kuva 36).



KUVA 36. Infokioskin kehitys konseptitasolta prototyypiksi

## 5.6 Piirustukset, kokoonpano-ohjeet ja markkinointikuvat

Osien ja kokoonpanojen ollessa melko valmiita aloitettiin osien valmistuspiirustusten tekeminen valmistajalle sekä kokoonpanopiirustusten ja -ohjeiden tekeminen asentajille. Markkinointia varten tehtiin myös fotorealistiset valokuvarendeeröinnit.

Ohutlevyosan valmistuspiirustus sisältää yleensä kolme sivua. Ensimmäisellä sivulla on osan valmistuksessa tarvittavat mitat ja tärkeät huomiot. Tarvittavia mittoja ovat esimerkiksi osan ulkomitat, reikien koot ja sijainnit sekä taivutettavien sivujen ulkomitat. Piirustukseen ei lisätä yhtään ylimääräisiä mittoja, jotta se olisi mahdollisimman selkeä ja luettava. Tärkeitä huomioita voisi olla esimerkiksi osan pinnan käsittelyyn liittyviä asioita. Monet tässä työssä suunnitelluista osista pintakäsitellään harjauksella. Koska harjausjälki on yhdensuuntainen ja tulee vain osan toiselle puolelle, piirustuksissa pitää olla maininta harjauksen suunnasta ja osan puolesta. Valmistuspiirustuksen toisella sivulla on osan taivutukseen liittyvät merkinnät. CustomTools-lisäosan luoma "Bend Sheet" tekee automaattisesti osasta levityskuvan ja siihen tarvittavat mitat sekä taivutuskohdat ja -kulmat. Viimeisellä sivulla on osan leikkausääriviivat ja leikkausradan pituus. Tämä sivu on myös CustomTools'in automaattisesti tekemä sivu, johon ei tarvitse itse tehdä muutoksia.

Jokaisesta osakokoonpanosta ja pääkokoonpanosta tehtiin omat kokoonpanopiirustukset, joissa näkyvät kokoonpanojen ulkomitat, räjähdyskuvat sekä osaluettelot. Kokoonpanoista tehtiin myös kokoonpano-ohjeet, joissa on kerrottu selkeästi eri kokoonpanovaiheet ja niiden järjestys.

Tuotteen markkinointia varten kaikista eri asennustavoista tehtiin valokuvarenderöinnit Solidworks Visualize -ohjelmistolla (kuva 37; kuva 38). Koska Visualize on Solidworksin oma renderöntiohjelmisto, se toimii hyvin Solidworksissa tehtyjen osa- ja kokoonpanotiedostojen kanssa. Renderöinnillä tarkoitetaan fotorealistisen eli valokuvamaisen kuvan luomista CAD-tiedostosta. Aitous saadaan aikaiseksi muun muassa valotuksella ja materiaaleilla. Erilaisilla valon tulokulmilla ja määrillä voi vaikuttaa esimerkiksi heijastuksiin ja varjoihin. Materiaalien monipuolinen käyttö ja erityisesti kuviointien ja virheellisyyksien lisääminen osien pintoihin tekevät fotorealistisen vaikutelman. Renderöinnissä on myös mahdollisuus muuttaa kameran normaaleja säätöjä kuten linssin polttoväliä (focal length) ja syväterävyysaluetta (depth of field).



KUVA 37. Seinä- ja pöytämalli



KUVA 38. Lattiamalli

## 6 POHDINTA

### 6.1 Projektin eteneminen

Opinnäytetyön aiheen ollessa selvillä jo loppusyksyllä 2019 aloin työn ohessa miettiä työn perusideoita ja vähän jo hahmotella infokioskin mallia. Opinnäytetyön sisältöä miettiessäni löysin DFMA-suunnitteluperiaatteet, joista oli lopulta paljon hyötyä suunnittelussa. Vertaillen erilaisia osien valmistusmenetelmiä kävi melko nopeasti selväksi, että ohutlevyn laserleikkaus ja särmäys olivat tähän työhön parhaita vaihtoehtoja.

Tammikuussa käydyssä palaverissa oli mukana Elkome-konsernin eri yhtiöiden edustajia ja sain kattavasti tietoa millaisesta infokioskista oli kyse ja mitkä sen tärkeimmät kriteerit olivat. Esittelin ensimmäisiä hahmotelmiani infokioskista ja joitakin mekaanisia ideoita. Palaverin jälkeen minulla oli selkeämpi kuva tuotteesta ja pystyin aloittamaan näiden tietojen pohjalta suunnittelun. Tein suunnittelusta suurimman osan tammi-helmikuun aikana ja helmi-maaliskuussa viimeistelin suunnittelun, kirjoitin opinnäytetyötä ja tein valmistuspiirustukset valmiiksi.

Elkome Installaatiot Oy oli yrityksenä jo ennestään tuttu, koska olin työskennellyt kyseisellä yrityksellä keväältä 2019 lähtien. Tämä helpotti työtä paljon, koska tiesin yrityksen tavat ja yrityksen käyttämät järjestelmät ja suunnitteluohjelmistot. Tarvittaessa tiesin aina keneltä kysyä projektin aikana ilmenneitä kysymyksiä. Projektin alkuvaiheessa sain työohjeita työnjohdolta sekä asiakkaalta, joka oli tässä tapauksessa Elkome Systems Oy. Projektin edetessä kyselin sähkökomponentteihin liittyviä kysymyksiä Elkomen sähkösuunnittelijalta. Mekaniikkaa ja valmistusta koskevissa asioissa sain neuvoja mekaniikkasuunnittelijalta. Elkomen valmistamat infokioskit olivat myös jo tulleet tutuksi kuluneen kesän ja syksyn aikana monipuolisesti. Olin ollut mukana useiden eri infokioskimallien kasauksessa ja valmistuskuvien tekemisessä sekä olin joitakin osia jo itse suunnitellutkin.

Infokioskin oli tarkoitus olla yleiskäyttöinen eli erilaisille laitteille sopiva runko, joka käy moniin eri käyttötarkoituksiin. Tämä yleiskäyttöisyysominaisuus toi projektiin

jonkin verran haasteita tuotteen laitteiden kriteerien määrittämisessä. Suunnittelutyön aloittaessani ei ollut vielä täysin selvillä kuinka yleiskäyttöinen tai rajoitettu infokioskin tulisi olla, mikä aiheutti pientä viivästystä suunnittelussa. Tästä asiasta käytiin keskustelua ja sain tähän lopulta selvyuden. Ennen suunnittelun aloittamista olisi pitänyt kiinnittää enemmän huomiota tähän asiaan ja lyödä asiakkaan kanssa lukkoon kriteerit, joita ei enää projektin aikana muutettaisi. Projektin kokonaisuutta tämä ei kuitenkaan pidentänyt juurikaan, sillä pystyin käyttämään tämän ajan opiskeluun ja kirjoittamiseen. Kriteerien ollessa melko vapaita sain vapaat kädet tehdä suunnittelua ja tehdä myös joitakin komponentteihin liittyviä päätöksiä itse, mikä sopi minulle hyvin. Sain tehdä työtä myös omalla aikataulullani eikä työn tilaajalta tullut painetta sen suhteen.

Suunnittelutyö oli valmistettavuuteen, kokoonpantavuuteen ja tuotteen ulkonäköön liittyvien tekijöiden kanssa tasapainottelua ja kompromissien tekemistä. Usein piti tehdä esimerkiksi osan valmistettavuutta parantavia päätöksiä tuotteen kokoonpantavuuden ja ulkonäön kustannuksella ja päinvastoin. Tärkeintä oli löytää näistä pääkriteereistä oleellimmat asiat, joista ei voinut luopua. Ristiriitalanteessa luovuttiin ensimmäisenä vähiten merkittävistä kriteereistä. Esimerkiksi valmistettavuuden takia jouduin vaihtamaan rungon kotelo-osat koostumaan kahdesta osasta aluksi suunnittelemani yhden osan sijaan. Osien määrän kasvattaminen saattaa tuoda DFA-periaatteen mukaan uusia ongelmia ja hidastaa osien käsiteltävyyttä ja kokoonpanoa. DFA:sta huolimatta erikoistyökalujen tarpeen välttäminen valmistuksessa oli tärkeämpi kriteeri.

Kaiken kaikkiaan suunnittelu sujui melko odotetusti ja tuotteesta saatiin projektin alussa määriteltyjen kriteerien mukaisesti valmistettava kokonaisuus. Kaikista osista ja kokoonpanoista tehtiin 3D-mallit ja valmistuskuvat, joita voi jatkokehitystä varten helposti muokata.

## 6.2 Prototyyppi

Työssä suunnitellusta infokioskista valmistetaan vielä prototyyppi ennen kuin se siirtyy Elkomen tuotevalikoimaan. Tuotteiden osat valmistetaan alihankkijoilla ja kokoonpanot kasataan Elkomen tiloissa. Suunnittelun ollessa valmiina lähetettiin



kysely hyväksi todetulle metallintyöstöyritykselle, olisivatko he halukkaita valmistamaan kyseiset osat.

Valmistaja ehdotti asioita, joilla muutaman osan valmistettavuutta voisi parantaa. Kotelo-osat olivat U-muotoisia kappaleita, jotka suunniteltiin käyttäen luvussa 3.2.1 kerrottua nyrkkisääntöä ”katsoessa kappaletta ulkopuolelta 45 asteen kulmassa, sisäpuolella oleva taivutus täytyy olla vielä nähtävissä”. Kyseinen valmistaja kuitenkin ilmoitti, että heidän työkaluillaan taivutettavat laipat pitää olla noin 20–30 mm lyhyemmät kuin muu osa, jotta taivutukseen tarvittavaa tilaa on tarpeeksi. Infokioskista ja sen osista oli tarkoitus tehdä helposti valmistettavia, joten kotelo-osat päätettiin muokata heidän työkaluilleen sopiviksi, vaikka joku toinen valmistaja olisi saattanut valmistaa ne nykyisilläkin piirustuksilla.

Osien muokkauksen jälkeen saatiin hinta-arvio sekä valmistusaika-arvio prototyypin osille. Kokonaishinta-arvio oli projektin budjettiin sopiva, eikä siinä ollut suurempia yllätyksiä. Osien valmistuskustannusarviosta huomasi, että osan hinta riippuu pitkälti valmistuksessa käytetystä levyn paksuudesta kuten luvussa 3.1.1 arvioitiin. Kaksinkertaisella levyn paksuudella on noin 400–500 % hinta, minkä takia kaikki osat suunniteltiin mahdollisimman ohuesta levystä valmistettavaksi.

### **6.3 Jatkokehitys**

Suunnitellusta infokioskista valmistetaan opinnäytetyön valmistumisen aikaan prototyyppi, jolle tehdään tarvittavat testaukset ja muokkaukset ennen kuin se siirtyy markkinoille. Testattavia asioita ovat muun muassa laitteiden ja komponenttien sopivuus sekä rungon kokoonpantavuus ja kestävyys. Mahdollisia muokkauksia tehdessä täytyy pitää mielessä kokoonpantavuus ja valmistettavuus, jotta tuotteen kokonaiskustannukset pysyvät matalina.

Lattia- ja pöytämoduulien pohjalevyistä tulee iso osa koko tuotteen hinnasta. Pohjalevyistä olisi mahdollista tehdä edullisempia valmistamalla ne halvemmassa materiaalista kuten esimerkiksi S235 teräksestä. Yksi vaihtoehto on myös tehdä pohjalevy kolmesta levystä kahden sijaan, mutta tämä tuo käsiteltävyyteen ja kokoonpantavuuteen liittyviä ongelmia, ja pohjalevyjen kiinnitykseen pitäisi käyttää

muttereita levyn ohuuden takia. Shape optimization -ominaisuudella voisi myös yrittää vähentää epäkriittisten osien materiaalin määrää, jolloin tuotteesta tulisi edullisempi.

Työssä suunniteltuun infokioskiin ei järjestetty paikkaa tietokoneelle käytettyjen paneeli-PC:den vuoksi. Tavallisten näyttöjen käyttöä varten voisi suunnitella vielä telineen pienelle PC:lle, jolloin infokioskista tulisi vielä yleiskäyttöisempi. Tietokone mahtuisi hyvin ainakin lattiajalustan sisälle.

Kaikissa käyttökohteissa ei ole välttämättä tarvetta tulostimelle, joten tulostinluukulle voisi tehdä toisen version ilman tulostinpaperi-ikkunaa. Tällöin tulostimen tilalla olisi lukollinen säilytystila. Päämoduulille voisi helposti tehdä myös toisen version, jossa sillä ei ole etuluukua ollenkaan. Infokioskin rungon koko määräytyi tulostimen ja sähkökomponenttien ulkomittojen mukaan, joten näille laitteille voisi etsiä markkinoilta pienempiä versioita halutessaan kompaktimman infokioskirungon.

## LÄHTEET

Boothroyd, G., Dewhurst, W., Knight, W. 2011. Product design for manufacture and assembly. 3rd ed. Boca Raton, Fla: CRC Press.

Dirak n.d. Cylinder Quarter-Turn L13.5 with Fixing Clip. Luettu 10.4.2020  
[https://dirak.com/en/products/quarter-turn/1-054\\_cylinder-quarter-turn-l13-5-with-fixing-clip](https://dirak.com/en/products/quarter-turn/1-054_cylinder-quarter-turn-l13-5-with-fixing-clip)

Elkome n.d. ISO 9001:2015 -laatusertifikaatti myönnetty Elkome-yhtiöille. Luettu 28.4.2020  
<https://elkome.com/iso-90012015-laatusertifikaatti-myonnetty-elkome-yhtioille/>

Finder n.d. Elkome Installaatiot Oy:n taloustiedot. Luettu 13.4.2020  
<https://www.finder.fi/Automaatio/Elkome+Installaatiot/Hyvink%C3%A4%C3%A4/yhteystiedot/131397>

Lempiäinen, J. & Savolainen, J. 2003. Hyvin suunniteltu - puoliksi valmistettu: lyhyt johdatus tuotteiden valmistettavuuteen ja kokoonpantavuuteen. 2. p. Helsinki: Suomen robotiikkayhdistys.

Matilainen, J., Parviainen, M., Havas, T., Hiitelä, E. & Hultin, S., 2011. Ohutlevy-tuotteiden suunnittelijan käsikirja. Helsinki: Teknologiainfo Teknova.

Mäki-Mantila, J. 2001. Ohutlevyjen taivutus ja muovaus. Helsinki: Metalliteollisuuden Keskusliitto.

Nordic Fastening Group n.d. Kiristysmomentti (esijännitysvoima), teräsruviliitos, metrinen karkeakierre. Luettu 20.3.2020  
<http://nfgab.se/fi/tekniikka-ja-laatu/tekniset-tiedot/kiristysmomentti/kiristysmomentti-metrinen-karkeakierre/>

VESA n.d. About VESA. Luettu 1.4.2020  
<https://vesa.org/about-vesa/>