

Näyttötelineen suunnittelu yhden hengen työtiloihin

Framery Oy

Valtteri Haapamäki

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2025

Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotekehitys

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotekehitys

HAAPAMÄKI, VALTTERI:

Näyttötelineen suunnittelu yhden hengen työtiloihin
Framery Oy

Opinnäytetyö 50 sivua, joista liitteitä 1 sivu
Toukokuu 2025

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella kustannustehokas, ohutlevystä valmistettu näyttöteline lisävarusteena Framery Oy:n valmistamiin yhden hengen työtiloihin, Framery Oneen ja Framery One Compactiin. Telineen tuli lisätä työtilojen kilpailukykyä tarjoamalla asiakkaalle mahdollisuus käyttää enintään 24-tuumaista lisänäyttöä työskentelyn tehostamiseksi. Suunnittelussa pyrittiin siihen, että sama teline sopisi molempiin työtiloihin, olisi helppo asentaa ja voitaisiin jälkiasentaa jo olemassa oleviin työtiloihin. Telineen tuli myös mahdollistaa näytön kiinnittäminen mahdollisimman lähelle seinäpaneelia.

Ohutlevytyön suunnitteluun perehdyttiin hyödyntämällä aiheeseen liittyvää tutkimuskirjallisuutta sekä tutustumalla ohutlevytöitä tekevien yritysten ohjeistuksiin. Näyttötelineelle kehitettiin useita konsepteja, joita testattiin käytännössä prototyypeillä. Prototyypien pohjalta saatiin tärkeää tietoa, jonka avulla näyttötelinettä voitiin jatkokehittää.

Opinnäytetyön tuloksena suunniteltiin konsepti näyttötelineelle, joka sopi sekä Framery One- että Framery One Compact -työtiloihin. Näyttötelineeseen voitiin asentaa 24-tuumainen tai pienempi näyttö, ja näyttö saatiin kiinnitettyä alle 10 mm etäisyydelle työtilan seinäpaneelistä. Näyttötelineen asentamisesta pystyttiin tekemään kohtalaisen helppoa, mutta näyttötelineestä ei saatu suunniteltua One-työtilaan jälkiasennettavaa ilman, että asiakkaalle toimitettaisiin uudenlaista seinäpaneelia. Näyttötelineestä saatiin jälkiasennettava One Compact -työtilaan.

Työssä suunniteltu näyttötelineen konsepti vastaa suurelta osin tilaajan asettamia vaatimuksia. Konsepti voidaan kaupallistaa ja tarjota sitä tämän jälkeen lisävarusteena Framery One- ja Framery One Compact -työtiloihin. Konseptia voidaan jatkokehittää keksimällä ratkaisu Framery One -työtilan jälkiasennettavuuteen. Asennuskokemusta voidaan myös jatkokehittää sekä sujuvoittaa lisäämällä työtilan rakenteeseen valmiit kiinnitysreiät näyttötelineelle ja väistö näytön virtajohtolle.

Asiasanat: tuotekehitysprosessi, CAD-mallinnus, ohutlevy, VESA-kiinnitys

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Product Development

VALTTERI HAAPAMÄKI:
Design of Monitor Wall Mount for Single-person Pods
Framery Oy

Bachelor's thesis 50 pages, appendices 1 page
May 2025

The purpose of this thesis was to design a monitor wall mount made of sheet metal to be offered as an accessory for Framery Oy's single-person workspaces, Framery One and Framery One Compact. The objective was to improve the competitiveness of these pods by enabling the use of an additional monitor up to 24 inches.

The design of the sheet metal structure was explored through relevant literature and guidelines provided by companies specializing in sheet metal work. Multiple design concepts for the monitor mount were developed and tested using physical prototypes. The prototypes provided valuable insights, which were used to improve the design.

As a result, a monitor wall mount concept that met most of the client's requirements was developed. The mount was compatible with both pod models and fulfilled the technical goals. However, retrofitting the mount to Framery One was not possible without providing a redesigned wall panel. In contrast, the mount was successfully made retrofittable for Framery One Compact. In conclusion, the concept is commercially viable and can be further developed, particularly by improving the mounting experience and integrating pre-made mounting points into the pod's structure.

Key words: product development process, CAD modeling, sheet metal, VESA mounting

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	TOIMEKSIANTAJA	8
3	TYÖN KANNALTA OLEELLISET TUOTTEET JA VAATIMUKSET	9
	3.1 Frameryn yhden henkilön älykkäät työtilat	9
	3.1.1 Framery One	9
	3.1.2 Framery One Compact	10
	3.2 Näyttötelineen lähtövaatimukset	11
	3.3 Näytön kiinnitysmenetelmä	12
	3.4 Kantokyky	13
	3.5 Näyttötelineen valmistustapa	13
4	OHUTLEVYOSIEN SUUNNITTELU	14
	4.1 Ohutlevy	14
	4.2 Suunnittelu	15
	4.3 Materiaalin valinta	16
	4.3.1 Näyttötelineen materiaali	17
	4.3.2 Materiaalin paksuus	17
	4.4 Leikkaaminen	18
	4.4.1 Leikkausten suunnittelu	18
	4.4.2 Leikkausmenetelmät	19
	4.4.3 Leikkaaminen numeerisella ohjauksella	20
	4.5 Taivuttaminen	21
	4.5.1 Levyn taivutettavuus	21
	4.5.2 Taivutussäde	22
	4.5.3 Takaisinjousto	23
	4.5.4 Levitys ja oikaistu pituus	24
	4.6 Reiät ja aukot	25
	4.6.1 Yleisimmät käyttökohteet	25
	4.6.2 Reikien ja aukkojen suunnittelu	26
	4.7 Liittäminen ja kokoonpano	27
5	NÄYTTÖTELINEEN SUUNNITTELU	28
	5.1 Suunnitteluprosessi	28
	5.2 Ensimmäinen konsepti	28
	5.2.1 Ideointi ja konseptointi	28
	5.2.2 Suunnittelu ja prototypointi	30
	5.2.3 Testaus ja kehittäminen	33
	5.3 Toinen konsepti	34

5.3.1 Ideointi ja konseptointi	34
5.3.2 Suunnittelu ja prototypointi	34
5.3.3 Testaus ja kehittäminen.....	35
5.4 Kolmas konsepti.....	36
5.4.1 Ideointi ja konseptointi	36
5.4.2 Suunnittelu ja prototypointi	36
5.4.3 Testaus ja kehittäminen.....	41
5.4.4 Toisen version suunnittelu	43
5.4.5 Toisen version testaus.....	45
6 POHDINTA	47
LÄHTEET	49
LIITTEET	50
Liite 1. Kymmenen satunnaisten 24-tuumaisen näytön paino.....	50

LYHENTEET JA TERMIT

CAD	Tietokoneavusteinen suunnittelu (Computer Aided Design)
CNC	Numeerinen ohjaus (Computer numerical control)
DXF	Vektoritiedostotyyppi (Drawing Exchange Format)
G-koodi	Käskyt, joita käytetään CNC-ohjausjärjestelmissä ohjaamaan työstökoneiden liikkeitä ja toimintoja.
SolidWorks	Dassault systèmésin kehittämä CAD-järjestelmä
VC++	Ohjelmointikielten kääntäjä (Visual C++)
VESA	Video Electronics Standards Association
VESA-standardi	Universaali näytön kiinnitysstandardi

1 JOHDANTO

Framery Oy halusi kehittää lisävarusteena myytävän näyttötelineen, joka sopisi yrityksen valmistamiin yhden hengen työtiloihin, Framery Oneen ja Framery One Compactiin. Yrityksellä ei ollut entuudestaan kaupallista näyttötelinettä kumpaankaan työtilaan. Asiakkaille voitiin kuitenkin tarjota räätälöity ratkaisu näytön asentamista varten tarpeen mukaan. Räätälöidyt ratkaisut vastasivat asiakkaan tarpeeseen, mutta eivät olleet laadullisesti riittävän hyviä tai ne olivat liian kalliita, jotta ne olisi haluttu kaupallistaa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella kustannustehokas, ohutlevyrakenteinen näyttötelineen konsepti Framery One- ja Framery One Compact -työtiloihin, jonka toimeksiantaja voisi kaupallistaa. Näyttötelineen tarkoituksena oli lisätä työtilojen kilpailukykyä tarjoamalla asiakkaalle mahdollisuus käyttää työtiloissa enintään 24-tuumaista lisänäyttöä. Suunnittelussa pyrittiin siihen, että sama näyttöteline soveltuisi molempiin työtiloihin.

Opinnäytetyö rajattiin käsittelemään ainoastaan näyttötelineen konseptin suunnittelua. Konseptista pyrittiin tekemään mahdollisimman toimiva ja sitä kehitettiin projektin aikana toimeksiantajan toiveiden mukaisesti. Näyttötelineen mahdollinen kaupallistaminen ja jatkokehittäminen rajattiin opinnäytetyön ulkopuolelle ja on toimeksiantajan vastuulla.

2 TOIMEKSIANTAJA

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Framery Oy. Framery Oy on suomalainen yritys, joka on erikoistunut nykyaikaisten äänieristettyjen työtilojen suunnitteluun ja valmistukseen. Yritys perustettiin vuonna 2010 Tampereella ja on noussut alansa edelläkävijäksi tarjoten innovatiivisia toimitusteknologiaratkaisuja, jotka parantavat työympäristöjen viihtyvyyttä ja toimivuutta. (Framery Oy n.d.)

Frameryn asiakaskuntaan kuuluu maailman johtavia yrityksiä ja yli 70 % Forbesin Top 100 -listan yrityksistä käyttää Frameryn tuotteita toimistoissaan. Vuonna 2023 yrityksen liikevaihto oli 152 miljoonaa euroa, ja se työllistää 440 henkilöä yhteensä 15 eri maassa. Frameryllä on yli 500 jälleenmyyjää 68 maassa ja 9 000 asiakasta 94 maassa. Vuoteen 2024 mennessä yritys on valmistanut 100 000 työtilaa. (Framery Oy n.d.)

Yrityksen pääkonttori sijaitsee Tampereella, jossa noin 90 % henkilöstöstä työskentelee. Kaikki tuotteet valmistetaan Suomessa, mikä takaa tuotteiden korkean laadun ja vastuullisen tuotannon. Frameryn tavoitteena on auttaa ihmisiä onnistumaan työssään tarjoamalla innovatiivisia ja toimivia työtilaratkaisuja, jotka vastaavat nykypäivän työelämän vaatimuksiin. (Framery Oy n.d.)

3 TYÖN KANNALTA OLEELLISET TUOTTEET JA VAATIMUKSET

3.1 Frameryn yhden henkilön älykkäät työtilat

Työn kannalta on oleellista saada käsitys siitä, minkälaisista tuotteista on kyse, kun puhutaan Framery Oy:n valmistamista älykkäistä yhden henkilön työtiloista, jotta pystytään ymmärtämään, minkälaiseen ympäristöön näyttötelinettä suunniteltiin. Nykyisiä Framery Oy:n valmistamia älykkäitä yhden hengen työtiloja ovat Framery One ja Framery One Compact. Työtilat on suunniteltu vähentämään häiriötekijöitä ja parantamaan keskittymistä esimerkiksi avotoimistoissa. Työtiloissa hyödynnetään tehokasta äänieristystä, säädettävää ilmanvaihtoa ja valaistusta, jotka yhdessä luovat miellyttävän työympäristön käyttäjälle. Työtiloja voi käyttää esimerkiksi puheluiden soittamiseen, videopalavereihin osallistumiseen tai keskittymistä vaativaan työskentelyyn.

3.1.1 Framery One

Framery One (kuva 1) on nykyisistä yhden hengen työtiloista tilavampi malli. Työtilasta löytyy älykäs ohjausjärjestelmä, jolla pystytään säätämään esimerkiksi työtilan valaistusta ja ilmanvaihtoa. Myös pöydän ja istuimen korkeutta voidaan säätää, joten käyttäjä pystyy säätämään työtilan juuri sellaiseksi, kuin haluaa. Työtilan voi myös tilata ilman tuolia ja säädettävän pöydän ansiosta työtilassa voidaan tällöin työskennellä myös seisten.



Kuva 1. Framery One (Kuva: Framery Oy)

3.1.2 Framery One Compact

Framery One Compact (kuva 2) on yhden hengen työtiloista pienempi versio, joka tarjoaa samat perusominaisuudet kompaktimmassa muodossa. Ergonominen suunnittelu tukee tehokasta työskentelyä myös pienemmässä tilassa. One Compact eroaa kokonsa lisäksi Onesta esimerkiksi siten, että One Compactissa pöydän korkeutta ei voida säätää, valopaneeli on korkeammalla kuin Onessa, ja One Compactissa työtilanohjauspaneelia ja pistorasiaa ei ole yhdistetty samalla tavalla työtilan oikeaan reunaan kuin Onessa.



Kuva 2. Framery One Compact. (Kuva: Framery Oy 2024)

3.2 Näyttötelineen lähtövaatimukset

Framery Oy:n toimesta asetettiin selkeät lähtövaatimukset sille, minkälainen lopullisen tuotteen tulisi olla ja nämä vaatimukset ohjasivat näyttötelineen suunnittelua ja kehittämistä. Vaatimuksia näyttötelineelle oli esimerkiksi:

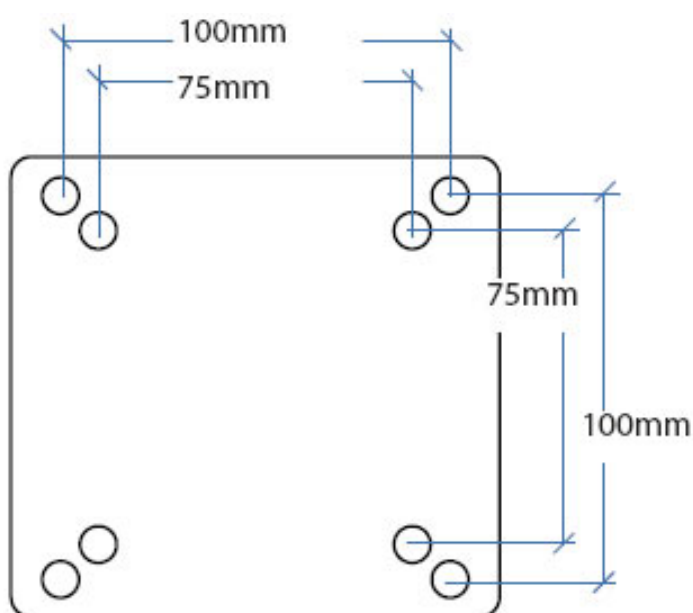
- tarkoitettu 24-tuumaisille ja sitä pienemmille näytöille
- jälkiasennettavissa
- näyttö enintään 20 mm irti seinäpaneelistä
- näyttö keskitetty käyttäjälle työskentelyä varten
- sama näyttöteline sopii molempiin työtiloihin
- helppo ja nopea asentaa
- ei saa aiheuttaa muutoksia työtilan rakenteeseen

- integroitu virrantuonti virtalähteestä
- edullinen valmistaa
- esteettinen.

3.3 Näytön kiinnitysmenetelmä

Näytön näyttöelineeseen kiinnittämisessä päädyttiin käyttämään VESA 100x100 kiinnitystä, joka kuuluu VESA MIS-D standardiin (kuva 3). Eri VESA-standardit määrittelevät kuinka näytöt ja televisiot kiinnitetään telineisiin tai seinäkiinnityksiin. Standardi takaa laitteiden yhteensopivuuden kiinnitysjärjestelmien kanssa. (VESA standard n.d.)

Nykyään lähes kaikissa yleisimmissä näytöissä on jonkin VESA-standardin mukainen kiinnitysmahdollisuus. Yleisimmin käytetty malli perustuu neljään ruuviin, joiden väli voi vaihdella, kuten VESA 100x100, jossa ruavinreikien keskipisteiden välinen etäisyys on 100 mm (VESA standard n.d.). Kiinnityskuvio on VESA MIS-D standardissa neliön muotoinen (kuva 3). Näyttöelineeseen päädyttiin myös lisäämään kiinnitysmahdollisuus VESA 75x75 kiinnitykselle, joka kuuluu myös VESA MIS-D standardiin, jotta se olisi yhteensopiva useamman näytön kanssa. Muita VESA-standardeja ovat VESA MIS-E ja VESA MIS-F standardit.



KUVA 3: VESA MIS-D standardin mukaiset kiinnitykset. (KUVA: VESA standard n.d.)

3.4 Kantokyky

Työn kannalta oli oleellista selvittää, kuinka paljon eri valmistajien valmistamat 24-tuumaiset näytöt painavat, jotta näyttötelineeltä vaadittu kantavuus pystyttiin määrittämään. Liitteessä 1 on listattuna kymmenen eri mallista ja eri valmistajien valmistamaa 24-tuumaista näyttöä. Liitteestä 1 voidaan havaita, että 24-tuumaiset näytöt painavat keskimäärin noin kolme kilogrammaa. Osa tutkituista näytöistä painoi kuitenkin yli neljä kilogrammaa, joten työssä oletettiin, että 24-tuumaiset näytöt voivat painaa enimmillään noin viisi kilogrammaa.

Näyttöjen kiinnittämiseen käytettävä standardi VESA MIS-D määrittää kiinnitettävän näytön enimmäispainoksi 14 kg (VESA standard n.d.). Työssä asetettiin näyttötelineen ja työtilan välisen kiinnityksen kantokyvyksi vähintään 20 kg, joka on nelinkertainen oletettuun maksimikuormaan, jotta näyttöteline läpäisisi turvallisuusvaatimukset maailmanlaajuisilla markkinoilla. Tällöin näyttötelineen kiinnitys ei myöskään pettäisi niin helposti, jos käyttäjä sattuisi esimerkiksi ottamaan näytöstä vahingossa tukea.

3.5 Näyttötelineen valmistustapa

Näyttöteline päätettiin suunnitella ohutlevytyönä. Ratkaisuun päädyttiin ohutlevyjen edullisuuden vuoksi, sekä siksi että ohutlevyt ovat helposti muovattavissa ja niillä pystytään valmistamaan kompaktia geometriaa melko helposti. Teräksinen ohutlevy oli myös asetetun kantokyvyn vuoksi hyvä vaihtoehto.

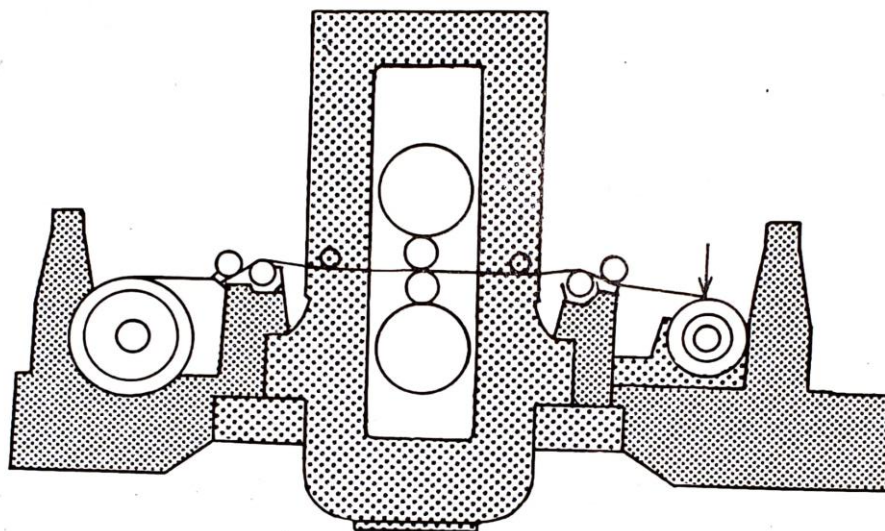
Ohutlevyn valitseminen valmistustavaksi rajoitti kuitenkin näyttötelineen mahdollisia säätöominaisuuksia. Tämä ei kuitenkaan ollut suuri ongelma, sillä näyttötelineen sijoittaminen mahdollisimman lähelle seinäpaneelia ja se, että näyttötelineestä haluttiin tehdä edullinen valmistaa, rajoittivat jo muutenkin mahdollisia ominaisuuksia.

4 OHUTLEVYOSIEN SUUNNITTELU

4.1 Ohutlevy

Ohutlevy on yksi metallin muodoista, jossa sitä voidaan ostaa. Ohutlevy tarkoittaa metallilevyä, joka on yleensä kylmävalssattu ja paksuudeltaan enintään 3 millimetriä. Hyvin ohuiden levyjen käsittely on hankalaa, joten käytännön alarajana normaalituotannossa pidetään 0,4–0,7 mm paksuisia levyjä, ja yleisimmin käytetyt levyt ovat paksuudeltaan 0,8–1 mm. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997, 5.)

Karkeat levyt on valmistettu kuumavalssaamalla. Kuumavalssauksessa aihio kuumennetaan ja siitä poistetaan hilse ennen valssausta. Aihiota valssataan poikittain (kuva 4), kunnes se on saavuttanut halutun leveyden. Sitten aihio käännetään ja valssataan pitkittäin, kunnes levy on halutun paksuinen. Tämän jälkeen levy kuumaoikaistaan ja jäähdytetään. (Aaltonen ym. 1997, 113–114.)



KUVA 4. Metallivalssi. (Kuva: Aaltonen ym. 1997).

Alle 3 mm paksuiset ohutlevyt valmistetaan nykyisin lähes aina kylmävalssamalla (Aaltonen ym. 1997, 5). Kylmävalssattavan aihion on oltava hyvin puhdistettu. Aihion pinta on kuumavalssauksen jäljiltä rautaoksidin peittämä ja rautaoksidi on poistettava ennen kylmävalssausausta peittaamalla, minkä jälkeen aihio pestään ja kuivataan. Seuraavaksi aihio kylmävalssataan. Kylmävalssauksen jälkeen ohutlevy täytyy rekristallisointiheurkuttaa. Tällöin ohutlevyn kylmämuovautumiskyky palautuu ja raekoko saadaan pieneksi. Tämän jälkeen ohutlevylle tehdään viimeistelyvalssaus eli tempervalssaus, joka poistaa korostuneen myötörajan aiheuttaman myötöjuova-ilmiön. Lisäksi kylmävalssatulle ohutlevylle täytyy tehdä useita jälkikäsittelyitä, kuten leikkaaminen sopivan kokoiseksi ja erilaiset lämpö- ja pintakäsittelytoimenpiteet. (Aaltonen ym. 1997, 114–115.)

Ohutlevytyöt jaetaan kahteen ryhmään. Ensimmäiseen kuuluvat sarjatuotannon levytyöt, joissa käytetään puristimiin kiinnitettyjä työkaluja esimerkiksi leikkaamiseen, lävistykseen, taivutukseen ja syvävetoon. Toiseen ryhmään kuuluvat yleislevytyöt, jotka soveltuvat sekä sarja- että pienerätuotantoon. Tällaisia ovat esimerkiksi leikkurilla leikkaaminen ja taivuttaminen. (Aaltonen ym. 1997, 3.)

Ohutlevyrakenteissa muovattavuus on usein tärkeämpää kuin lujuus. Levy kantaa useimmissa konstruktioissa siihen kohdistuvat rasitukset, mutta sen on myös kestävä repeytymättä valmistuksessa tapahtuva muovaus. Valmiissa tuotteessa tärkeää on myös moitteeton ulkonäkö ja korroosionkestävyys. Kuormaa kantavassa konstruktiossa lujuusominaisuudet ovat tietenkin tärkeitä. (Aaltonen ym. 1997, 6.)

4.2 Suunnittelu

Ohutlevytuotteita suunnitellaan CAD-ohjelmistoilla mallintamalla. Opinnäytetyössä suunniteltu näyttöteline mallinnettiin käyttäen SolidWorks-ohjelmistoa ja hyödyntäen siitä löytyvää Sheet metal -ominaisuutta. Ohutlevytuotteilla on monia rajoituksia ja ominaisuuksia, jotka riippuvat esimerkiksi käytettävästä materiaalista, materiaalin vahvuudesta ja työstömenetelmistä. Suunnittelijan tulee tietää ja ymmärtää nämä ohutlevyn muokkaukseen liittyvät rajoitteet ja ominaisuudet, jotta ohutlevytuotteesta voidaan suunnitella realistinen ja varmistua, että se on

myös valmistettavissa. Tuotteen valmistettavuus riippuu myös paljon valmistajan käytettävissä olevista resursseista. Jokin toinen valmistaja voi pystyä valmistamaan tuotteen, jota toinen valmistaja ei pysty valmistamaan välineistöllään.

Ohutlevyosista on myös tärkeää tehdä tarkat tekniset piirustukset. Vaikka suunnittelussa ja valmistuksessa käytetään nykyään paljon automaatiota, tarkat ja selkeät piirustukset ovat tärkeässä roolissa. Piirustuksiin merkitään mittatoleranssit, joita ei näe suoraan CAD-mallista. Piirustusten avulla valmistaja pystyy tarkistamaan, että lopullinen tuote vastaa haluttua lopputulosta ja, että mitat ovat toleranssirajojen sisäpuolella.

4.3 Materiaalin valinta

Levytöissä käytetään eniten niukkahiilisiä rakenneteräslevyjä ja pinnoitettuja teräslevyjä, mutta niiden lisäksi hyödynnetään myös ruostumattomia ja haponkestäviä teräslevyjä sekä erikoisteräksiä. Lisäksi käytössä on alumiini-, kupari- ja messinkilevyjä, sekä erilaisia ei-metallisia levyjä. Rakenneteräslevyt ovat kuitenkin selvästi yleisimpiä. (Aaltonen ym. 1997, 4.)

Levytöitä suunniteltaessa tulee materiaalivalinta ottaa huomioon käyttötarkoitusta ajatellen, sillä materiaali vaikuttaa useisiin erilaisiin tuotteen ominaisuuksiin, kuten esimerkiksi

- painoon
- hintaan
- muovattavuuteen
- hitsattavuuteen
- korroosiokestävyyteen
- pinnanlaatuun
- pintakäsittelyyn
- kovuuteen
- myötölujuuteen
- murtolujuuteen
- murtovenymään
- mekaanisen rasituksen kestoon

- sähkönjohtavuuteen
- lämmönjohtavuuteen.

4.3.1 Näyttötelineen materiaali

Opinnäytetyössä päädyttiin käyttämään materiaalina DC01 terästä. DC01 on kylmävalssattu teräslaatu, joka täyttää EN 10130 -standardin vaatimukset. Tämä standardi määrittelee seoksen kemiallisen koostumuksen, mekaaniset ominaisuudet ja pinnanlaadun, jotta materiaali soveltuu kylmämuovaukseen. DC01-teräksen enimmäishiilipitoisuus on 0,12 %, ja myös mangaanin ja fosforin määrälle on asetettu rajat. Tämä varmistaa hyvän muovattavuuden ja korkean pinnanlaadun. (ESB n.d.)

DC01:n mekaaniset ominaisuudet (taulukko 1), kuten 270–410 MPa:n vetolujuus ja vähintään 28 %:n murtovenymä, mahdollistavat monimutkaisten muotojen työstämisen ilman halkeilua. Lisäksi terästä on saatavilla eri pintakäsittelyillä, kuten sileänä tai mattapintaisena, mikä mahdollistaa sen käytön niin koristeellisissa kuin pinnoitettavissa sovelluksissa. (ESB n.d.)

TAULUKKO 1. DC01-teräksen ominaisuudet (HTM Yhtiöt Oy n.d.).

Laatu	Myötölujuus [N/mm ²]	Murtolujuus [N/mm ²]	Murtovenymä [%]
DC01	min. 280 - 320*	270 - 410	min. 24 - 28*
*ainevahvuudesta riippuen			

4.3.2 Materiaalin paksuus

Ohutlevystä valmistetut osat valmistetaan yhdestä yhtenäisestä metallilevystä, joten osan paksuuden on oltava yhtenäinen koko osassa. Yhtenäinen paksuus mahdollistaa nopean ja tehokkaan massa- ja pientuotannon. Ohutlevyn yhtenäisestä paksuudesta ei ole haittaa yksinkertaisissa rakenteissa, kuten esimerkiksi kulmarauodoissa ja koteloissa. Yhtenäinen paksuus voi kuitenkin olla rajoittava tekijä, etenkin jos ohutlevytuotteessa halutaan olevan paksuusvaihtelua.

Tavallisten metallilevyjen mittatoleranssit voivat olla yllättävän suuret, joten on tärkeää, että ne huomioidaan suunnittelussa ja valmistuksessa. Esimerkiksi sär-mäyksessä pienetkin paksuusvaihtelut voivat vaikuttaa taivutuskulmaan ja loppu-tuloksen tarkkuuteen. Toleranssialueen ääriarvot ovat tosin harvinaisia, etenkin moderneilla valmistustekniikoilla. (Aaltonen ym. 1997, 10.)

4.4 Leikkaaminen

Leikkaaminen on yleisnimitys eri menetelmille, joissa materiaalia työstetään te-rien tai saksimaisten työkalujen avulla. Useimmiten leikkaaminen tarkoittaa kap-paleiden erottamista toisistaan, mutta ei kuitenkaan aina, esimerkiksi kieleke voi-daan jättää osittain kiinni perusmateriaaliin. Lisäksi leikattua kappaletta voidaan jatkokäsitellä, kuten poistaa purseita viimeistelyn parantamiseksi. (Aaltonen ym. 1997, 14.)

4.4.1 Leikkausten suunnittelu

Suunnittelijan on otettava kappaleen leikkaus huomioon jo suunnitteluvaiheessa, koska leikkausprosessi vaikuttaa suoraan ohutlevytyön tarkkuuteen, kustannuk-siin ja valmistettavuuteen. Leikkausmenetelmä valitaan materiaalin ja osan geo-metrisen rakenteen mukaan, ja sen on oltava yhteensopiva muun valmistuspro-cessin kanssa, kuten taivutusten tai liitosten. Jos leikkaus tehdään huolimatto-masti, se voi aiheuttaa epätarkkuuksia, jotka vaikuttavat tuotteen kokoon tai laa-tuun. Lisäksi huonosti suunniteltu leikkaus voi lisätä hukkamateriaalia ja työvai-heidin määrää, mikä puolestaan kasvattaa valmistuskustannuksia. Näin ollen leikkausprosessin optimointi jo suunnittelussa auttaa varmistamaan, että kappale täyttää vaatimukset ja on taloudellisesti tehokasta valmistaa.

Osan tuotantovaiheessa tarvittava materiaali on leikattava tarkoituksenmukaisiin osiin työn sujuvuuden varmistamiseksi. Terästehtaalta toimitettavat levyt ja kelat ovat yleensä mitoiltaan epätarkkoja, joten ne on leikattava tarkemmiksi aihioiksi

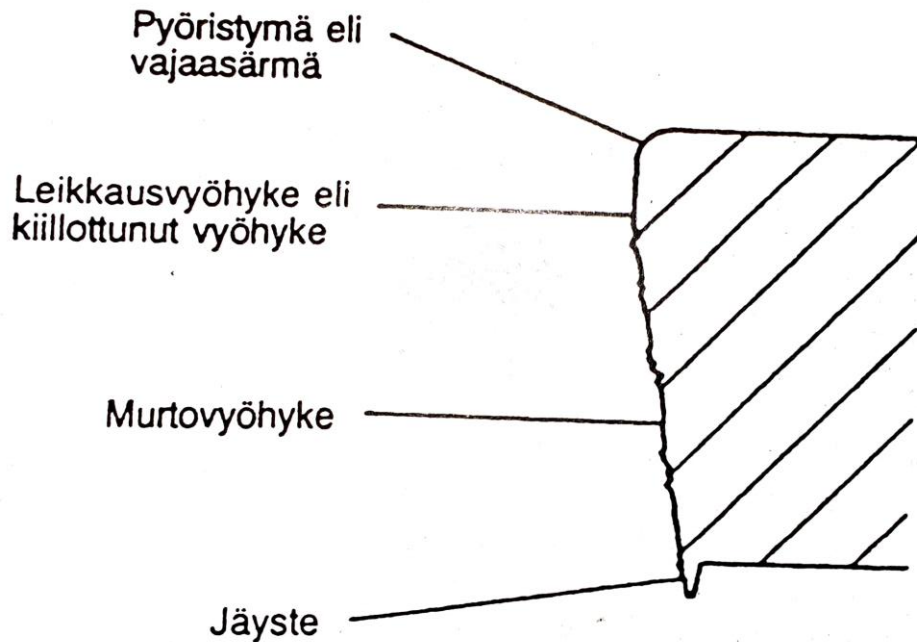
ennen tuotantovaihetta. Levytöiden kannattavuuden kannalta on tärkeää optimoida materiaalin käyttö, ja tehokas paloittelu on tässä keskeisessä roolissa. (Aaltonen ym. 1997, 13.)

4.4.2 Leikkausmenetelmät

Levyjen leikkaamiseen on useita eri menetelmiä, joista valitaan käyttötarkoitukseen parhaiten sopiva. Joissakin tapauksissa vaihtoehtoisia menetelmiä on useita, jolloin valintaan vaikuttavat erityisesti kustannustehokkuus ja työn taloudellisuus. (Aaltonen ym. 1997, 14.) Aaltosen ym. (1997, 14–15) mukaan levyjen leikkausmenetelmiä ovat:

- käsin leikkaaminen
- terminen leikkaamien leikkauskonein
- suuntaisleikkaaminen
- loveaminen, kulmiminen
- levyjen sahaaminen
- rullaleikkaaminen
- kelalla olevan levyn leikkauslinjat
- iskevin lyhytiskuterin leikkaaminen.

Perinteinen käsin leikkaaminen on vähentynyt teknologian kehittyessä. Käsinleikatessa yleisimpiä työvälineitä ovat peltisakset, kaarisakset, vipuleikkurit ja yleisleikkurit. Karkeita levyjä leikataan käsin yleisimmin kaasupolttimilla. (Aaltonen ym. 1997, 17). Kuvassa 5 nähdään läheltä leikattu pinta ja sen osat. Koska leikkauspinta ei ole täysin tasainen, leikatut kappaleet vaativat yleensä jatkokäsittelyä.



KUVA 5. Leikattu pinta. (Kuva: Aaltonen ym. 1997).

4.4.3 Leikkaaminen numeerisella ohjauksella

Nykyään etenkin tarkemmat leikkaukset tehdään numeerisesti ohjaten. Numeerinen ohjaus on nykyaikainen ohjaustapa, joka voidaan ohjelmoida suoraan CAD-mallista ja johon voidaan liittää sijoitteluohjelmistoja (Aaltonen ym. 1997, 20). CAD-mallia voidaan käyttää helposti numeeriseen ohjaukseen esimerkiksi siten, että suunnittelija tallentaa CAD-mallin DXF-tiedostona, joka takaa lähes aina tarkan lopputuloksen CNC-koneistuksessa. DXF-tiedosto myös mahdollistaa piirustusten jakamisen eri CAD-sovelluksien välillä. (Adobe 2025.)

CNC-leikkauskoneen ohjelmoinnissa tarvitaan graafisen geometrian tietoja, jotka sisältyvät DXF-tiedoston entiteettiosioon. Nämä tiedot sisältävät pääasiassa geometrisia muotoja ja niiden tunnistetietoja. VC++-ohjelma lukee ja käsittelee geometrisen entiteetin tiedot, tuottaen G-koodin, joka ohjaa CNC-leikkauskonetta. (Wang 2015, 452.)

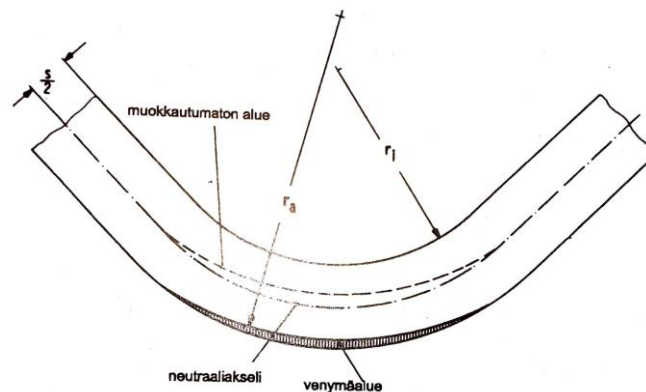
4.5 Taivuttaminen

Taivuttaminen on monimutkainen prosessi, jolle on kehitetty useita teoreettisia malleja. Laskelmissa esiintyy materiaalin käyttäytymiseen liittyviä epävarmuustekijöitä, minkä vuoksi ne eivät aina ole täysin tarkkoja. Käytännössä monimutkaiset yhtälöt esitetään yksinkertaistettuina kaavoina. Tavallisissa taivutustöissä voidaan hyödyntää ammattitaitoa ja likimääräistaulukoita, sillä taivutusvoiman arvioinnissa riittää karkea käsitys voiman suuruusluokasta suhteessa koneen taivutuskapasiteettiin. (Aaltonen ym. 1997, 51.)

4.5.1 Levyn taivutettavuus

Levyn taivutettavuus, eli särmättävyys, ei ole yksiselitteisesti määriteltävissä kuiten lujuus. Levyn särmättävyyteen vaikuttavat esimerkiksi mikrorakenteesta ja koostumuksesta riippuva perusmateriaalin muodonmuutoskyky, levyn pinnanlaatu, levyn valssaussuunta ja taivutusmenetelmä. Särmäyksessä levyn materiaaliominaisuudet ja paksuus vaikuttavat takaisinjouston suuruuteen sekä minimitaivutussäteeseen, eli siihen, kuinka pieneen säteeseen levy voidaan taivuttaa. (Aaltonen ym. 1997, 43.)

Teoreettisissa tarkasteluissa taivutus kuvataan yleensä puhtaana momenttitaivutuksena. Klassisessa taivutusteoriassa levyn keskellä sijaitsee neutraaliakseli, joka on jännityksetön ja deformatumaton vyöhyke (kuva 5). (Aaltonen ym. 1997, 44.) Kuvassa 6, r_i on sisäsäde, r_a on ulkosäde ja s on levyn paksuus.



KUVA 6. Levyn vyöhykkeet, kun taivutuskulma on 90° (Kuva: Aaltonen ym. 1997).

Teoreettisissa tarkasteluissa käsitellään yleensä tilannetta, jossa taivutettavaan levyyn ei kohdistu poikittaisia voimia, vaikka tällaista tilannetta ei käytännössä esiinny kovin usein. Teorian avulla voidaan kuitenkin selvittää esimerkiksi

- taivutuksessa syntyvät venymät ja jännitykset
- taivutuksen jälkeen tapahtuva elastinen takaisinjousto
- muodonmuutoksen tyyppi
- taivutusvoimat. (Aaltonen ym. 1997, 44.)

4.5.2 Taivutussäde

Ohutlevytuotteiden pienin käyttökelpoinen taivutussäde riippuu levyn materiaalista, työtavasta ja tuotteelta vaadittavista ominaisuuksista. Pienin taivutussäde $r_{i \min}$ on laskettavissa yhtälöllä (1)

$$r_{i \min} = \frac{1}{2} \cdot s \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_{aB}} - 1 \right), \quad (1)$$

jossa s on levyn paksuus ja ε_{aB} on rajavenymä, kun tunnetaan suurin sallittu venymä levyn ulkoreunassa. (Aaltonen ym. 1997, 49.) Yleisesti on kuitenkin suositeltavaa, että taivutussäde on vähintään yhtä suuri tai suurempi kuin levyn paksuus.

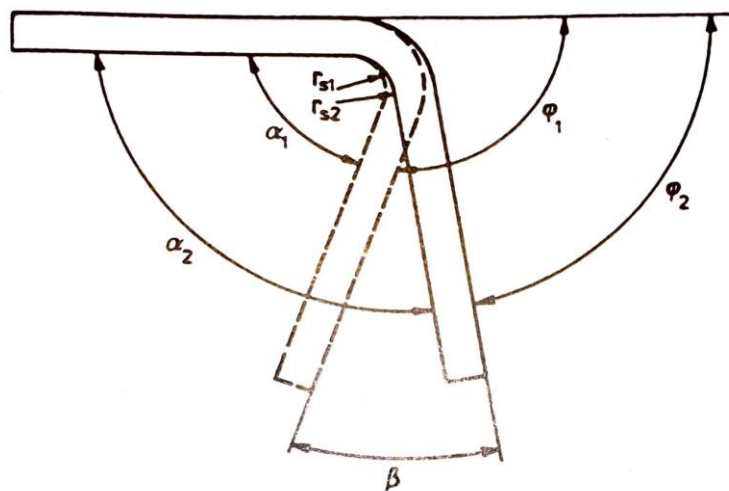
Suurimmat muodonmuutokset tapahtuvat taivutussärmän kohdalla, missä levyn ulkopinta venyy ja sisäpinta tyssäytyy. Särmän alueella levy myös hieman ohenee. Muodonmuutoksia esiintyy lisäksi levyn reunoissa. Suurin venymä on taipuman ulkopinnassa, eikä se saa ylittää murtorajaa murtumisen estämiseksi. Pienempi taivutussäde yleensä lisää ulkopinnan venymää. (Aaltonen ym. 1997, 46,49.)

4.5.3 Takaisinjousto

Taipuma muodostuu levyn plastisen ja elastisen muodonmuutoksen summana. Elastinen osa pyrkii palautumaan, kun levy taivutetaan tiettyyn muotoon ja vapautetaan työkalukosketuksesta. Jännösjännitysten laukeaminen aiheuttaa takaisinjouston (kuva 7), joka ilmenee taipuman avautumisena. Takaisinjousto on suhteellisesti suurempi ohuilla levyillä kuin paksuilla sekä kovilla ja lujilla materiaaleilla kuin matalalujuuksisilla rakenneteräksillä. Takaisinjousto vaikuttaa kaikkiin levyn taivutusprosesseihin. (Aaltonen ym. 1997, 46.)

Kuvassa 7 on kuvattuna levyn takaisinjousto. Kuvassa

- α_1 on taivutuskulma ennen takaisinjousto
- α_2 on taivutuskulma takaisinjouston jälkeen
- φ_1 on kaarikulmakulma ennen takaisinjousto
- φ_2 on kaarikulmakulma takaisinjouston jälkeen
- r_{s1} on sisäsäde ennen takaisinjousto
- r_{s2} on sisäsäde takaisinjouston jälkeen
- β on takaisinjoustokulma
- s on levyn paksuus.



KUVA 7. Levyn takaisinjousto. (Kuva: Aaltonen ym. 1997).

Tarkkojen ja virheettömien taivutusten saavuttamiseksi takaisinjousto on huomioitava taivutuksen suunnittelussa. Tavoitekulman ja taivutuksessa käytettävän

kulman suhde, eli takaisinjoustopokerroin k , määräytyy myös taivutussäteen ja levyn paksuuden suhteesta yhtälön (2) mukaan

$$k = \frac{r_{i1} + 0,5 \cdot s}{r_{i2} + 0,5 \cdot s}, \quad (2)$$

jossa r_{i1} on sisäsäde ennen takaisinjoustopokerroin k , määräytyy myös taivutussäteen ja levyn paksuuden suhteesta yhtälön (2) mukaan

4.5.4 Levitys ja oikaistu pituus

Muovattu kappale valmistetaan levyaihiosta, joka leikataan haluttuihin mittoihin ja levitetään auki kappaleen muodon määrittämiseksi. Levitys perustuu yksinkertaisiin trigonometriin menetelmiin ja voidaan suorittaa tietokoneella. (Aaltonen ym. 1997, 50.)

Oikaistulla pituudella tarkoitetaan aihion mittaa, josta taivutuksessa tapahtuvien mittamuutosten jälkeen muodostuu lopullisilta mitoiltaan oikeanlainen kappale. Taivutetun kappaleen kylkimittojen summa ei vastaa aihion pituutta, jos siinä on yksi tai useampia riittävän jyrkkiä taivutuksia, vaan oikaistu pituus L voidaan laskea yhtälöllä (3)

$$L = a + b - v, \quad (3)$$

jossa a ja b ovat taivutettavien kylkien pituudet, ja v on levyn paksuudesta riippuva pituuden korjausarvo. Moderni tapa määrittää oikaistu pituus on tietokoneavusteinen laskenta. (Aaltonen ym. 1997, 50–51.)

Nykyään Cad-ohjelmisto laskee taivutetuille kappaleille oikaistun pituuden automaattisesti, joko ohjelmiston tai suunnittelijan määrittämällä K -kertoimella. K -kerroin K on vakio, jonka esimerkiksi SolidWorks määrittää yhtälön (4) mukaan

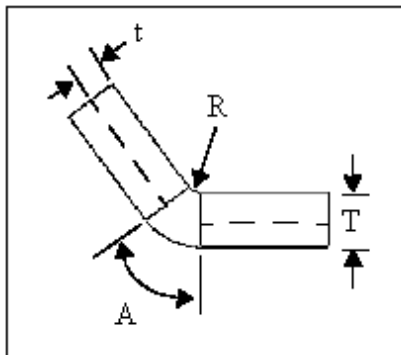
$$K = \frac{t}{T}, \quad (4)$$

missä t on neutraaliakselin sijainti levyn sisäpinnasta ja T on levyn paksuus (Dassault systèmes 2021). Suomessa standardin mukainen K-kertoimen kaava määritetään standardissa SFS 5998, joka käsittelee valssatun teräsohutlevyn kylmätaivutusta.

Ohjelmisto laskee oikaistun pituuden hyödyntäen taivutusvaraa, joka on riippuvainen k-kertoimesta. Taivutusvara BA lasketaan yhtälön (5) mukaan

$$BA = \pi \cdot (R + K \cdot T) \cdot \frac{A}{180}, \quad (5)$$

jossa R on taivutuksen sisäsäde, K on K-kerroin, T on materiaalin paksuus ja A on taivutuskulma asteina, eli kulma, jonka verran materiaalia taivutetaan (Dassault systèmes 2021). Kuvassa 8 on havainnollistettu taivutusvaran laskemiseen käytetyt mitot.



KUVA 8. Taivutusvaran laskemisessa käytetyt mitat. (Kuva: Dassault systèmes 2021).

4.6 Reiät ja aukot

4.6.1 Yleisimmät käyttökohteet

Erilaisia reikiä ja aukkoja voidaan käyttää moneen eri tarkoitukseen ohutlevytyöissä. Reikiä voidaan käyttää esimerkiksi kiinnityksissä tai läpivienneissä. Reiät voivat olla kierteellisiä, jolloin ohutlevyyn voidaan kiinnittää jotain, esimerkiksi ruuvilla tai pultilla. Koska ohutlevyjen materiaalin paksuus on hyvin pientä,

tukevien ruuviliitosten tekeminen kierteellisiin reikiin on hankalaa varsinkin suurimmilla ruuviko'illa. Reiät voivat myös olla vällysreikiä. Vällysreikien koot metrisille ruuveille ja pulteille on standardisoitu ISO 273:1979 standardilla. Standardi määrittää kolme vällysreikä kokoa yleisesti käytössä oleville ruuveille ja pulteille. Vällysreikien koot perustuvat siihen, kuinka helppoa ruuvi tai pultti on sovittaa reikään. Vällysreikien kokoon viittaavia nimiä on erilaisia, mutta usein vällysrei'istä käytetään nimityksiä pieni, keskikokoinen ja karkea.

Aukkoja käytetään ohutlevyissä pääasiassa sovittamiseen ja kohdistamiseen kokoonpanossa. Ohutlevyissä olevasta aukosta voidaan myös viedä lävitse esimerkiksi toinen ohutlevy kappale tai johtoja. Aukkoja voidaan käyttää myös esimerkiksi liukuvaan säätöön, jolloin ruuvi tai pultti viedään aukon lävitse ja ohutlevy lukitaan haluttuun kohtaan suhteessa toiseen kappaleeseen kiristämällä ruuvi.

4.6.2 Reikien ja aukkojen suunnittelu

Reikien ja aukkojen sijainti on tärkeää ottaa huomioon ohutlevytyössä, sillä niiden sijainnit vaikuttavat osan kestävyteen, valmistettavuuteen ja toiminnallisuuteen. Huonosti sijoitetut reiät ja aukot voivat heikentää osan rakennetta ja aiheuttaa murtumia. Niiden oikeanlainen sijoittelu parantaa osan kestävyttä ja mahdollistaa tehokkaan kokoonpanon.

Suunniteltaessa ohutlevytöitä, ohutlevyyn tehtävien reikien ja aukkojen halkaisijan tulee olla vähintään yhtä suuri kuin materiaalin paksuus. Suuremman lujuuden omaavat materiaalit edellyttävät kuitenkin suurempia halkaisijoita. (Xometry n.d.)

Reiät ja aukot voivat muotoutua epämuodostuneiksi, jos ne sijoitetaan liian lähelle taivutusta. Niiden minimietäisyys taivutuksesta riippuu materiaalinpaksuudesta, taivutussäteestä ja reiän halkaisijasta. Reiät tulisi sijoittaa taivutuksesta vähintään etäisyydelle, joka on 2,5 kertaa materiaalin paksuus lisättynä taivutussäteellä. Aukkojen osalta vastaava minimietäisyys on 4 kertaa materiaalin paksuus lisättynä taivutussäteellä. (Xometry n.d.)

Reikien ja aukkojen etäisyyden reunasta tulee olla vähintään 2 kertaa materiaalin paksuus, jotta vältetään materiaalinpullistuminen. Lisäksi reikienvälisen etäisyyden tulisi olla vähintään 6 kertaa materiaalin paksuus rakenteellisen eheyden varmistamiseksi. (Xometry n.d.)

4.7 Liittäminen ja kokoonpano

Ohutlevyjen liittämismenetelmiä on useita, ja sopiva menetelmä tulee valita huolellisen analyysin perusteella, eikä pelkästään ensimmäisenä mieleen tullutta vaihtoehtoa. Eri ohutlevymateriaalit asettavat liitosmenetelmille omat rajoituksensa, mikä vaikuttaa menetelmän valintaan. Jotkut menetelmät edellyttävät valmistajalta korkeaa varustetasoa ja ammattitaitoa, kun taas toiset soveltuvat paremmin sarjatuotantoon tai yksittäis- ja piensarjavalmistukseen. (Aaltonen ym. 1997, 79.)

Ohutlevyissä mekaaniset liitosmenetelmät, kuten niitti- ja ruuviliitokset, ovat varteenotettava vaihtoehto hitsaukselle ja niitä löytyy laaja valikoima. Ohutlevyliitoksiin on kehitetty erilaisia levyruuveja, jotka joko kierteistävät esireiän ruuvattaessa tai porautuvat itsestään. Myös levyniittejä on saatavilla laajasti eri käyttötarkoituksiin. Niittaus on edullinen liitosmenetelmä, mutta liitos ei yleensä ole avattavissa ilman niitin poraamista. Monet levyniitit ovat sokkoniittejä, jotka voidaan kiinnittää yhdeltä puolelta, jolloin takapuolelle ei tarvitse olla pääsyä. (Aaltonen ym. 1997, 79–80.)

Ohutlevytuotteiden kokoonpano on pääasiassa liittämistä. Erilaisten koteloiden kokoaminen on yleistä, samoin kuin koneiden ja laitteiden suojalevyjen asentaminen. Jotta osia ei tarvitsisi erikseen sovittaa yhteen, niiden mittatarkkuuden on oltava riittävän hyvä. Kokoonpanon sujuvuutta edistää huolellisesti suunniteltu rakenne, jossa erillisten osien määrä ja kokoonpanosuunnat on minimoitu. Optimaalinen ratkaisu on yksisuuntainen kokoonpano, ensisijaisesti ylhäältä alaspäin. (Aaltonen ym. 1997, 83.)

5 NÄYTTÖTELINEEN SUUNNITTELU

5.1 Suunnitteluprosessi

Näyttötelineen suunnitteluprosessissa ideoitiin ensin konsepti ja toimintaperiaate, joiden pohjalta näyttöteline suunniteltiin. Suunnittelun valmistuttua alihankkijalle toimitettiin CAD-malli, sekä piirustukset DXF-tiedostomuodossa, joiden perusteella prototyyppi valmistettiin. Joissakin tapauksissa osien geometriaa muutettiin hieman alihankkijan toiveesta, jotta alihankkija pystyi valmistamaan suunnitellun tuotteen. Prototyyppien valmistuttua konseptin toimivuutta testattiin ja tarkasteltiin käytännössä. Testauksen perusteella näyttötelinettä joko jatkokehitettiin tai konsepti vaihdettiin kokonaan saadun tiedon pohjalta.

5.2 Ensimmäinen konsepti

5.2.1 Ideointi ja konseptointi

Ensimmäisen konseptin ideointia ei aloitettu alusta, vaan konseptin lähtökohtana käytettiin One Compact -työtilaan suunniteltua räätälöityä näyttötelinettä. Kyseistä ratkaisua (Kuva 9) ryhdyttiin tarkastelemaan tarkemmin ja selvitettiin, mitkä sen ominaisuuksista toimivat hyvin ja millaisia muutoksia konsepti vaatisi, jotta se toteuttaisi asetetut vaatimukset.



Kuva 9. One Compactiin räätälöity näyttöteline (Kuva: Valteri Haapamäki).

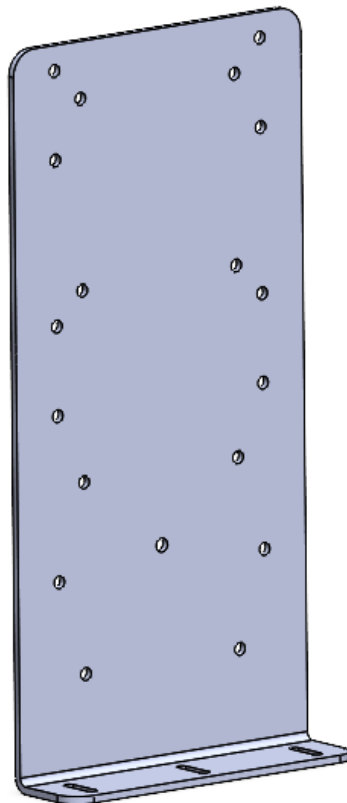
Näyttötelineessä hyödynnettiin magneettikiinnitystä, joka mahdollisti helpon kiinnittämisen One Compact -työtilan metalliseen seinäpaneeliin. Asennusvaiheessa riitti, että asentaja leikkasi seinäpaneeliin aukon ja asetti näyttötelineen paikoilleen, jolloin se kiinnittyi magneeteilla seinäpaneeliin. Konseptointivaiheessa kiinnitysmenetelmänä päätettiin käyttää magneettikiinnitystä, sen helppouden ja jälkiasennettavuuden vuoksi.

Framery One- ja One Compact -työtilojen rakenteellisten erojen vuoksi seinäpaneelin ja näyttötelineen kiinnityspinnan välinen etäisyys oli One-työtilassa 30 millimetriä suurempi kuin One Compact -työtilassa. Tämä havaittiin konseptointivaiheessa suurimmaksi haasteeksi, sillä tavoitteena oli, että sama teline sopisi molempiin työtiloihin. Lisäksi vaatimuksena oli, että näytön takaosa olisi telineeseen kiinnitettynä enintään 20 millimetrin etäisyydellä seinäpaneelistä. Näyttötelineestä päätettiin tehdä säädettävä, jolloin näyttötelinettä pystyttiin tarvittaessa levittämään. Näyttötelineen materiaalin paksuudeksi valittiin 3 mm.

Konseptointivaiheessa tarkasteltiin myös näytön virtajohdon reititystä, sillä tavoitteena oli virroittaa näyttö suoraan työtilan virtalähteestä, jotta pistorasia jäisi vapaaksi käyttäjän muihin tarpeisiin. Virtajohdon reititykseksi valittiin molemmissa työtiloissa ratkaisu, jossa johto johdettiin samasta seinäpaneeliin leikattavasta aukosta, jota käytettiin myös näyttötelineen asentamiseen.

5.2.2 Suunnittelu ja prototyypointi

Prototyypin suunnittelu aloitettiin suunnittelemalla VESA-kiinnityslevy (kuva 10), joka oli suora levy, jossa oli toisessa päässä 90 asteen taivutus, jonka jälkeen levy jatkui vielä hieman. Levyn suuremman osuuden oli tarkoitus toimia rajapintana, johon näyttö kiinnitettäisiin ja pienemmän osuuden tarkoituksena oli mahdollistaa telineen kiinnitys ja säätäminen.

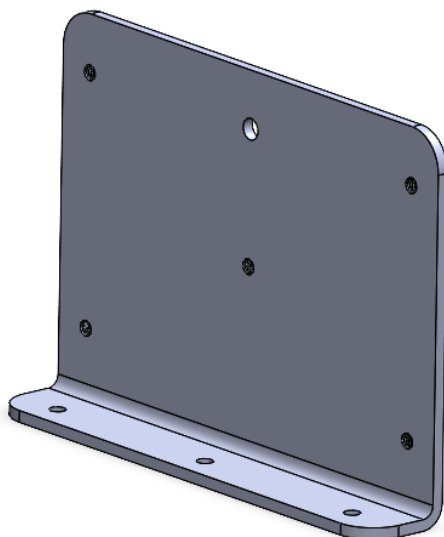


KUVA 10. Ensimmäisen konseptin VESA-kiinnityslevy (Kuva: Valteri Haapamäki).

VESA-kiinnityslevyn suurempaan osuuteen suunniteltiin VESA 100x100 kiinnitykset kolmelle eri korkeudelle, jolloin asiakkaalla olisi mahdollisuus päättää mille korkeudelle hän haluaa näytön kiinnittää. Osuuteen suunniteltiin myös VESA 75x75 kiinnitykset samalla tavalla kolmelle eri korkeudelle. Tästä osuudesta tehtiin myös tarvittavan korkea, jotta näytön saisi One Compact -työtilassa kiinnitettyä halutulle korkeudelle. One Compact -työtilassa näyttötelineen kiinnityspistettä ei pystytty siirtämään työtilan rakenteen takia tiettyä pistettä korkeammalle, joten välimatka oli kurottava umpeen levyn pituudella.

VESA-kiinnityslevyn pienempään osuuteen suunniteltiin kolme aukkoa, joiden tarkoituksena oli toimia sekä kiinnikkeinä että säätövarana levyllä näyttötelineen kokoonpanovaiheessa. Aukoista tehtiin M4 pultille sopivia keskikokoisia välisaukkoja. Aukot pyrittiin suunnittelemaan toisesta päästä mahdollisimman lähelle taivutusta ja toisesta päästä mahdollisimman lähelle reunaa, jotta tuote olisi mahdollisimman kompakti, mutta sitä pystyisi kuitenkin säätämään tarvittavan etäisyyden.

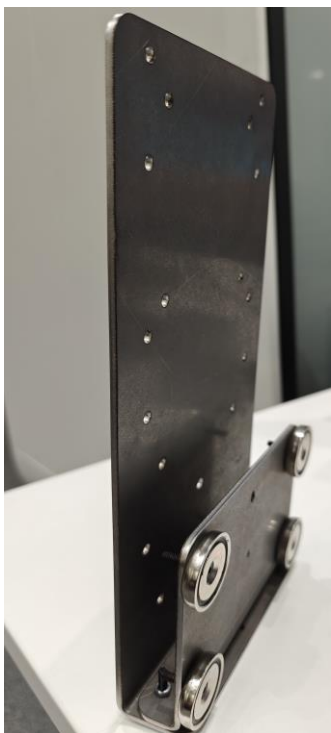
Prototyypin kiinnitysosa (kuva 11) oli myös levy, jossa oli 90 asteen taivutus toisessa päässä. Levyn suurempi osuus toimi rajapintana magneettien kiinnittämiselle ja pienempään osuuteen suunniteltiin osaa 1 vastaavat kolme keskikokoista välisaukkoa, joiden tarkoituksena oli mahdollistaa telineen kiinnitys ja säätäminen.



KUVA 11. Kiinnitysosa (Kuva: Valtteri Haapamäki).

Kiinnitysosan suurempaan osuuteen suunniteltiin viisi kierteellistä reikää M4 ruuveille. Magneetit oli tarkoitus kiinnittää levyyn M4 ruuveilla kiinnittämällä ne näihin reikiin. Reiät sijoitettiin siten, että levyn jokaisessa kulmassa oli yksi reikä, joiden lisäksi levyn keskellä oli yksi reikä. Tästä osuudesta pyrittiin tekemään mahdollisimman matala, jotta näyttöteline saatiin riittävän korkealle One Compact -työtilassa kasvattamatta VESA-kiinnityslevyn korkeutta kuitenkaan kovin paljoa. Osuuteen täytyi kuitenkin jättää riittävästi tilaa magneettien väliin, jotta näyttöteline saatiin mahdollisimman tukevasti kiinnitettyä työtilaan pystysuunnassa.

Kiinnitysosan pienempään osuuteen suunniteltiin VESA-kiinnityslevyä vastaavat kolme aukkoa. Näistäkin aukoista tehtiin M4 pultille tarkoitettuja keskikokoisia välysaukkoja. Myös kiinnitysosasta pyrittiin tekemään mahdollisimman kompakti, joten aukot sijoitettiin mahdollisimman lähelle taivutusta ja reunaa. Ensimmäinen konsepti (kuva 12) kokoonpantiin siten, että kiinnitysosan taivutettu sivu asetettiin VESA-kiinnityslevyn taivutetun sivun päälle. Osat oli mitoitettu siten, että kokoonpantuna kiinnitysosa loppui kohtaan mistä VESA-kiinnityslevyn taivutus alkoi. Levitettynä kokoonpanona osien kiinnityskohdat olivat molempien osien aukkojen ulkoreunojen päässä.



KUVA 12. Ensimmäinen prototyyppi kokoonpantuna pienempään muotoon (Kuva: Valtteri Haapamäki).

5.2.3 Testaus ja kehittäminen

Ensimmäisen prototyypin testaus aloitettiin, kun prototyypin osat olivat saapuneet alihankkijalta. Prototyypin kokoonpaneminen oli hieman hankalaa, etenkin silloin kun näyttöteline haluttiin kokoonpanna kapeampana versiona, sillä muttereiden asentaminen ja kiristäminen oli vaikeaa vähäisen tilan takia. Prototyyppi pystyttiin kuitenkin kasaamaan onnistuneesti ja tuote oli toimiva.

Ensimmäinen prototyyppi asennettiin One Compact -työtilaan ja todettiin, että näyttö tulee liikaa irti seinäpaneelistä. Näyttö oli kiinnitettynä 20 mm:n päässä seinäpaneelistä, joten pystyttiin toteamaan, että lähtötilanteessa asetettu 20 mm:n etäisyys oli liikaa. Näyttötelinettä oli siis saatava kompaktimmaksi, jotta tuotteen käyttökokemus olisi mukavampi. Näyttöteline tuli myös reilusti näytön alapuolelta näkyviin ja haittasi näin ollen tuotteen estetiikkaa.

Magneettien toimivuutta kiinnittämiseen testattiin myös. Testien perusteella todettiin, että magneettikiinnitys ei kanna haluttua kuormaa leikkaussuunnassa. Magneetit alkoivat valua noin 10 kg kuorman jälkeen, vaikka kiinnitykseen käytettiin voimakkaita magneetteja, jotka pitävät vetosuunnassa 120 kg kuorman. Magneettien lisääminen tai voimakkaampien magneettien käyttö ei ollut järkevä vaihtoehto, koska telineen irrottaminen oli hankalaa jo näinkin vahvalla kiinnityksellä.

Ensimmäisen prototyypin perusteella pystyttiin siis toteamaan, että magneetit eivät olleet toimiva kiinnitysmenetelmä, näyttötelinettä tuli saada lähemmäs työtilan seinäpaneelia ja näyttötelineen tulisi näkyä mahdollisimman vähän näytön takaa. Näiden syiden takia näyttötelineen ensimmäistä konseptia ei ryhdytty jatkokehittämään, vaan ryhdyttiin ideoimaan toisenlaista konseptia.

5.3 Toinen konsepti

5.3.1 Ideointi ja konseptointi

Toista konseptia alettiin kehittää kiinteän kiinnitysmenetelmän ympärille. Kiinnitystavasta ideoitiin alkuun samanlaista kuin ensimmäisessä konseptissa, mutta kiinnityksessä magneetit oli korvattu ruuveilla. Ennen kuin konsepti ehdittiin luki- ta, selvisi että toisen työtilan rakenteeseen tulevien muutosten vuoksi näyttöte- linettä, ei pystytä kiinnittämään suunniteltuun paikkaan. Näyttötelineen kiinnittä- miseen pyrittiin löytämään yhtenäinen ratkaisu, joka sopisi molempiin työtiloihin, mutta sellaista ei keksitty.

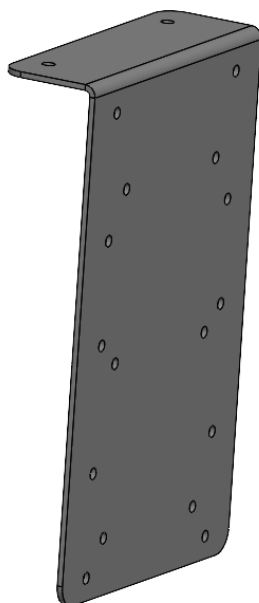
Toisesta konseptista suunniteltiin ainoastaan One-työtilaan sopiva ja One Com- pact -työtilaan sopivan näyttötelineen suunnittelu päätettiin tehdä myöhemmin. Ideointivaiheessa keksittiin, että näyttöteline voitaisiin kiinnittää työtilasta löyty- vän valopaneelin tukeen esimerkiksi pulteilla ja muttereilla. Tämä kuitenkin tar- koitti, että tukea jouduttaisiin mahdollisesti vahvistamaan. Telineen kiinnityspiste olisi tällöin näytön yläpuolelta, toisin kuin konseptissa yksi.

Toisessa konseptissa näyttö oli tarkoitus kiinnittää samanlaiseen levyyn, kuin konseptissa yksi. Levystä tehtäisiin kuitenkin lyhyempi, koska siinä ei tarvinnut ottaa enää huomioon One Compact -työtilan haluttua korkeutta. Toinen konsepti tarvitsi myös pienemmän leikkauksen seinäpaneeliin kuin ensimmäinen konsepti, mutta leikkaus tuli näkyvämmälle paikalle näytön yläpuolelle.

5.3.2 Suunnittelu ja prototypointi

Toinen konsepti (kuva 13) koostui ainoastaan yhdestä osasta. Se perustui en- simmäisen konseptin kaltaiseen VESA-kiinnityslevyyn, jossa oli VESA 100x100 ja VESA 75x75 reiät eri korkeuksilla näytön kiinnittämistä varten. Levystä päätet- tiin tehdä kuitenkin ensimmäistä konseptia ohuempi. Levyn paksuudeksi valittiin 2,5 millimetriä, jotta näyttöteline olisi kevyempi ja siinä voitaisiin käyttää pienem-

pää taivutussädetä. Levy suunniteltiin taittumaan toisesta päästä 90 asteen kulmassa, jonka jälkeen osa jatkui vielä hieman. Lyhyempään osuuteen suunniteltiin kaksi M5 pultille tarkoitettua keskikokoista vällysreikää, joista teline oli tarkoitus kiinnittää valopaneelin tukeen viemällä rei'istä M5 pultit läpi ja kiristämällä ne tukeen kiinni muttereilla.



KUVA 13. Toinen konsepti (Kuva: Valtteri Haapamäki).

Prototyypin testausta varten suunniteltiin myös kaksi eri paksuista versiota valopaneelin tuesta, jotta tuki ei taipuisi niin paljoa näytön painosta. Tukiin lisättiin valmiiksi kiinnitysreiät näyttötelineelle. Niihin lisättiin myös kaksi reikää, joista se voitaisiin tarvittaessa kiinnittää vielä tukevammin työtilan seinärakenteeseen. Tavoitteena oli kuitenkin, että nykyinen valopaneelin tuki kestäisi näyttötelineen painon, jotta näyttöteline olisi jälkiasennettavissa helpommin jo valmistettuihin työtiloihin. Jälkiasennettaessa asentajan tuli porata kaksi reikää valopaneelin tukeen, jotta näyttöteline voitiin asentaa.

5.3.3 Testaus ja kehittäminen

Toisen konseptin prototyyppiä ei testattu lainkaan, sillä prototyyppien valmistuksen aikana keksittiin näyttötelineelle geometria, joka sopi molempiin One- ja One Compact -työtiloihin. Lisäksi toisessa konseptissa oli muitakin ongelmakohtia,

jotka pystyttiin ratkaisemaan kolmannessa konseptissa, joten toista konseptia ei koettu tarpeelliseksi testata käytännössä.

5.4 Kolmas konsepti

5.4.1 Ideointi ja konseptointi

Kolmannessa konseptissa keksittiin, että näyttötelineelle voitiin suunnitella geometria, jonka avulla se voidaan kiinnittää molempien työtilojen rakenteisiin. Kiinnitysratkaisuksi kehitettiin toimintaperiaate, jossa näyttöteline kiinnitettiin työtilaan, työtilan mukaan eri kohdasta näyttötelinettä. One-työtilan kiinnitysmenetelmä vastasi toisen konseptin ratkaisua: asentajan tuli tehdä valopaneelin tukeen kaksi vällysreikää, joista näyttöteline pystyttiin kiinnittämään työtilan runkoon pulteilla ja muttereilla. One Compact -työtilaan kiinnittämistä varten tehtiin myös kaksi vällysreikää valopaneelin tukeen, joista näyttöteline pystyttiin kiinnittämään työtilan runkoon ruuveilla. Koska työtilojen valopaneelien tuet eroavat toisistaan, näyttötelineeseen suunniteltiin erilliset kiinnitysmenetelmät kumpaakin työtilaa varten.

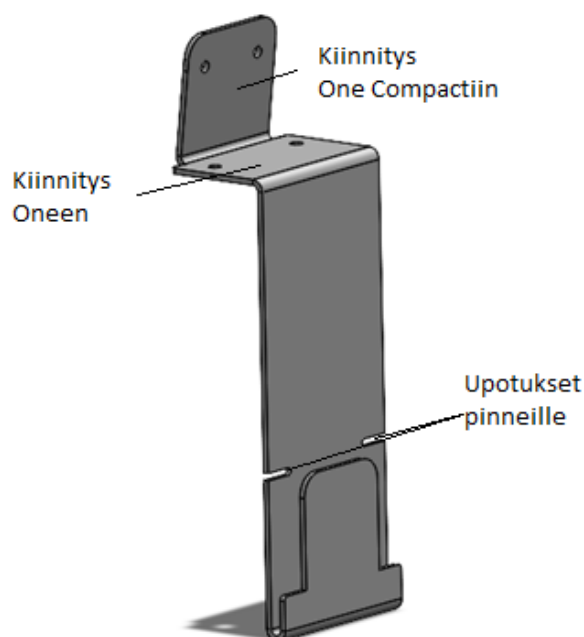
Konseptissa kehitettiin myös erillinen kokoonpano, joka kiinnitettiin näytön VESA-kiinnityksiin. Kun kokoonpano oli kiinnitetty näyttöön, näyttö voitiin asettaa näyttötelineeseen ja lukita paikoilleen pinnimäisillä metallikappaleilla, jolloin se ei irronnut vahingossa näyttötelineestä. Tähän ratkaisuun päädyttiin, koska näyttötelineen asentaminen työtilaan olisi ollut erittäin haastavaa, sillä näytön olisi ilman erillistä osaa, täytynyt olla kiinnitettynä näyttötelineeseen jo asennusvaiheessa.

5.4.2 Suunnittelu ja prototyyppi

Näyttötelineen suunnittelu aloitettiin suunnittelemalla ensin sen runko eli osa, joka kiinnittyy työtilojen runkoihin. Näyttötelineen rungosta päätettiin tehdä 2,5 mm paksu ja sitä päätettiin kaventaa, sillä konseptissa näyttöä ei kiinnitetty näyttötelineen runkoon. Aikaisemmissa konsepteissa näyttö oli kiinnitetty suoraan

näyttötelineen runkoon, jolloin rungon leveyden oli oltava aina vähintään 114,5 mm, johtuen VESA-kiinnytyksestä ja reikien oikeaoppisesta etäisyydestä reunaan (Xometry n.d.).

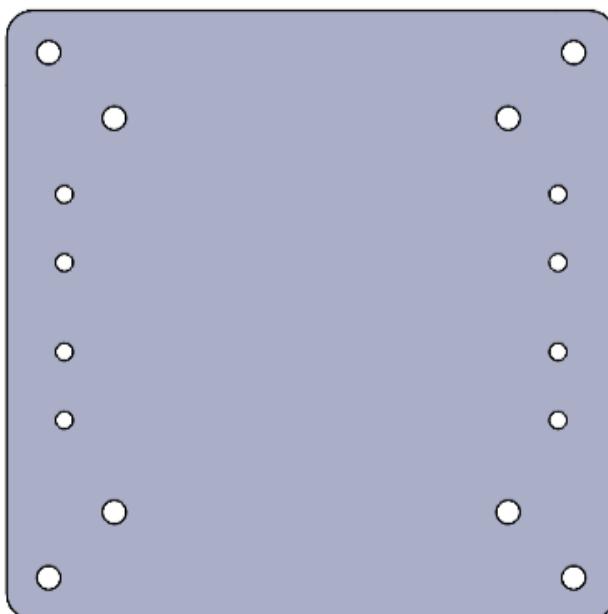
Näyttötelineen rungon (kuva 14) yläpäässä oli lyhyt taivutettu osio, josta näyttöteline kiinnittyi One Compact -työtilaan, osio oli leikattu kapeammaksi kuin muu näyttötelineen runko, jotta osio mahdollisti asentamisen työtilaan. Taivutetun osion jälkeen tuli vaakasuora osio, josta näyttötelineen runko kiinnitettiin One-työtilaan. Vaakasuoran osion jälkeen tuli 90 asteen taivutus, jonka jälkeen tuli pystysuora osio, jonka tarkoituksena oli paikoittaa näyttöteline halutulle korkeudelle. Pystysuorassa osuudessa oli myös upotukset pinneille, joilla näytössä kiinni oleva kokoonpano oli tarkoitus lukita paikoilleen. Pystysuoran osion jälkeen oli pieni taivutussäteinen 180 asteen taivutus, tämä taivutus tehtiin litistämällä, koska pienestä taivutussäteestä ja takaisin joustosta johtuen muotoa ei pystytty valmistamaan perinteisellä taivutuksella. Taivutuksen jälkeen tuli osio, johon näytössä kiinni oleva kokoonpano oli tarkoitus asettaa. Tästä osiosta osa oli leikattu myös kapeammaksi 50 mm matkalta, jotta näytössä kiinni ollut kokoonpano pystyttiin asettamaan kapeampaan osaan ja kokoonpano tukeutui rungon leveämpään osaan.



KUVA 14. Näyttötelineen runko, johon merkitty rungon osiot (Kuva: Valtteri Haapamäki).

Näyttötelineen rungon yläpään vaakasuoraan osioon suunniteltiin kaksi keskikokoista vällysreikää M5 pulteille One-työtilaan kiinnittämistä varten. One Compact -työtilaan kiinnittämistä varten rungon yläpään taivutettuun osioon suunniteltiin kaksi M6 ruuveille sopivaa kierrereikää. Molempien kiinnitysten reiät sijoitettiin mahdollisimman lähelle rakenteen reunoja, jotta kiinnityksiin kohdistuvat voimat jakautuivat mahdollisimman tasaisesti.

Näyttöön kiinnitettävä VESA-kiinnityslevy (kuva 15) suunniteltiin 3 mm:n paksuisesta ohutlevystä. Kiinnityslevy suunniteltiin neliön muotoiseksi ja sen sivujen pituuksiksi valittiin 116 mm, jotta se sopi useimmista näytöistä löytyviin upotuksiin, joihin näytöissä olevat VESA-kiinnitysreiät yleensä sijoittuvat. Upotusten sivujen pituudet ovat yleisesti 120 mm, mutta suunnittelutyön yhteydessä löydettiin myös pienempiä upotuksia. Tämän vuoksi kiinnityslevy mitoitettiin pienemmäksi yhteensopivuuden varmistamiseksi.

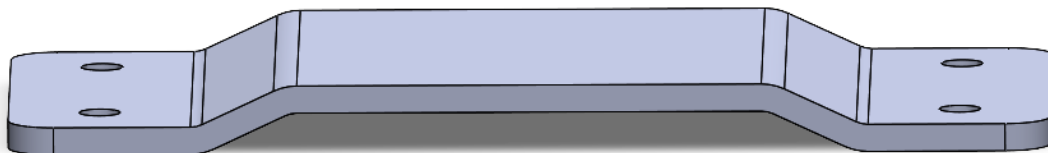


KUVA 15. VESA-kiinnityslevy (Kuva: Valtteri Haapamäki).

VESA-kiinnityslevyyn suunniteltiin yksi VESA MIS-D -standardin mukainen VESA 100x100- ja VESA 75x75 -kiinnitys. VESA-kiinnitysten rei'istä tehtiin keskikokoisia vällysreikiä, jotka sopivat M4 ruuveille. Kiinnityslevyyn suunniteltiin lisäksi kahdeksan M4 ruuveille sopivaa kierrereikää, joihin kiinnitettiin kiinnikerauta. Kiinni-

keraudan avulla kiinnityslevy asetettiin näyttötelineen runkoon. Kiinnikerauta kiinnitettiin levyyn neljällä ruuvilla, mutta ylimääräiset reiät mahdollistivat näytön korkeuden säätämisen, sillä kiinnikerauta voitiin kiinnittää eri kohtiin levyä.

VESA-kiinnityslevyyn kiinnitettävä kiinnikerauta (kuva 16) suunniteltiin 3 mm:n paksuisesta ohutlevystä. Kiinnikeraudassa oli neljä samanlaista taivutusta, jotka muodostavat siltamaisen rakenteen. Muodon korkeus mitoitettiin siten, että kiinnikeraudan ja kiinnityslevyn väliin jäi riittävästi tilaa näyttötelineen rungon osuudelle, johon kiinnityslevyn ja kiinnikeraudan kokoonpano oli tarkoitus asettaa. Kiinnikerauta mitoitettiin sopimaan VESA-kiinnityslevyyn siten, että sen reunat jäivät kiinnityslevyn reunojen sisäpuolelle. Kiinnikeraudassa oli neljä M4 ruuveille sopivaa keskikokoista vällysreikää.



KUVA 16. Kiinnikerauta (Kuva: Valtteri Haapamäki).

VESA-kiinnityslevy ja kiinnikerauta yhdistettiin M4 ruuveilla kokoonpanoksi, jotka asentaja asensi haluttuun kohtaan. Kiinnittämiseen suunniteltiin käytettävän M4x6 -ruuveja, sillä kiinnityslevyn ja kiinnikeraudan yhteenlaskettu paksuus oli 6 mm, jolloin ruuvit eivät tulleet ulos kiinnikelevyn vastapuolelta. Kuvassa 17 näkyy kiinnityslevyn ja kiinnikeraudan muodostama kokoonpano asennettuna näyttöön. Mikäli näytön upotuksen syvyys oli suuri, kokoonpanon ja kiinnitysreikien väliin saatettiin joutua lisäämään aluslevy, jotta kokoonpano ei asettunut liian syvällä upotukseen ja sen asentaminen näyttötelineen runkoon oli edelleen mahdollista.



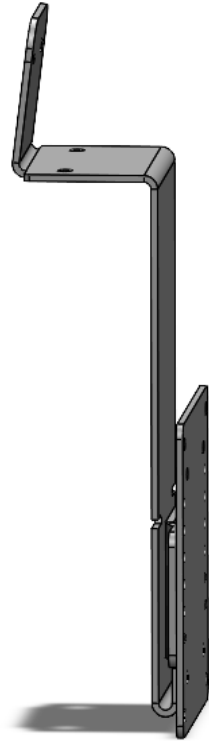
KUVA 17. VESA-kiinnityslevyn ja kiinnikeraudan kokoonpano asennettuna näytön takana olevaan upotukseen (Kuva: Valtteri Haapamäki).

Kokoonpanon kiinnityksen varmistamiseksi suunniteltiin pinni (kuva 18), jonka tarkoituksena oli estää näytön tahaton irtoaminen näyttötelineen rungosta. Pinni valmistettiin 3 mm paksusta ohutlevystä, johon suunniteltiin näyttötelineen levyinen upotus. Pinni oli tarkoitus työntää näyttötelineen rungossa oleviin syvennyksiin, joihin se asettuisi. Pinnejä oli kaksi ja ne työnnettiin eri puolilta levyä, jolloin ne muodostivat pitävämmän lukituksen.



KUVA 18. Pinni (Kuva: Valtteri Haapamäki).

Yhdessä kaikki osat muodostivat kolmannen konseptin näyttötelineen kokoonpanon (kuva 19), jossa VESA-kiinnityslevyn ja kiinnikeraudan kokoonpanoon kiinnitetty näyttö asetettiin näyttötelineen runkoon ja lukittiin paikoilleen pinneillä. Kokoonpano itsessään ei vaatinut muita mekaanisia kiinnityksiä kuin kiinnikeraudan ruuvaamisen kiinnityslevyyn.



KUVA 19. Näyttötelineen kokoonpano (Kuva: Valtteri Haapamäki).

5.4.3 Testaus ja kehittäminen

Kolmannen konseptin prototyypit jälkiasennettiin One- ja One Compact -työtiloihin. Asennusvaiheessa havaittiin, että One-työtilassa valopaneelin tukeen tehtävien reikien poraaminen oli hieman haastavaa. Reiät jouduttiin poraamaan tukeen viistosti, sillä porakoneella ei mahtunut poraamaan suoraan ylhäältä päin. Lisäksi asentajan tuli olla erityisen huolellinen, jotta työtilan seinäpaneeli ei vahingoittunut porauksen aikana. One Compact -työtilassa reikien poraaminen onnistui ilman vaikeuksia.

Näyttötelineen kiinnittäminen One Compact -työtilaan sujui vaivattomasti. Näyttöteline asetettiin paikoilleen ja kiinnitettiin valopaneelin tukeen kahdella M6 ruuvilla. Kiinnityksessä tuli varmistua siitä, että näyttöteline kiinnittyi kunnolla. Ruuvit tuli kiristää huolellisesti, koska kiinnitys toteutettiin vain yhdeltä puolelta. One-työtilassa näyttötelineen kiinnittäminen oli haasteellista, sillä työskentelytila kiinnityksen ympärillä oli vähäinen. Näyttöteline päätettiin tilan puutteen takia kiinnittää pultin ja mutterin sijaan ruuvaamalla näyttöteline kiinni levyruuveilla. Näyttöteline saatiin kiinnitettyä levyruuveilla onnistuneesti One-työtilaan.

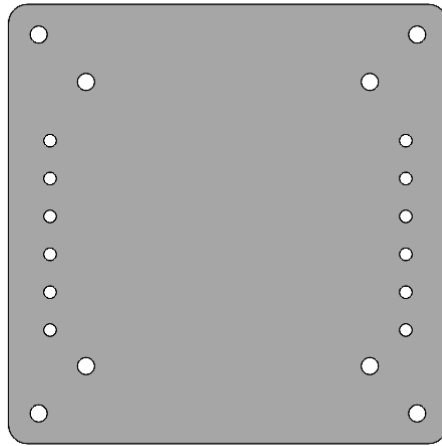
Näyttöteline oli toimiva, mutta siinä havaittiin myös kehityskohteita. Näytön asentaminen näyttötelineeseen onnistui suunnitellusti pelkästään liu'uttamalla näyttö paikoilleen. Pinnien käyttäminen lukitukseen ei kuitenkaan osoittautunut toimivaksi ratkaisuksi, sillä tila näytön takana oli liian ahdas niiden tehokkaaseen asentamiseen. Näyttöteline todettiin myös hieman huteraksi, mutta ongelma ratkaistiin asettamalla näyttötelineen taakse kohouma, joka tuki rakennetta työtilan seinäpaneelia vasten.

Näyttöteline oli ulkomuodoltaan siisti ja yksinkertainen, mutta siitä haluttiin mahdollisimman huomaamaton. Nykyinen konsepti tuli seinäpaneelistä lävitse juuri näytön yläpuolelta ja tämän todettiin aiheuttavan liian suuren esteettisen haitan. Ratkaisuksi päätettiin kehittää kolmannesta konseptista toinen versio, jossa näyttöteline sijoitettiin kulkemaan seinäpaneelin takapuolella, jolloin se ei ollut käyttäjän nähtävissä näyttöä käytettäessä.

Näyttötelinettä testatessa havaittiin, että One Compact -työtilassa työskentely käyttäen näyttötelineeseen kiinnitettyä 24-tuumaista näyttöä, saattoi aiheuttaa käyttäjälle pahoinvointia. Pahoinvointi saattoi johtua useista tekijöistä, kuten liian lyhyestä katseluetäisyydestä, liian epätarkasta näytöstä tai työtilaan nähden liian suuresta näytöstä. Tämän ongelman vuoksi näyttötelineen kaupallistamista One Compact -työtilaan alettiin arvioida uudelleen. Näyttötelineen kehitystä jatkettiin kuitenkin samalla konseptilla ja se soveltui edelleen molempiin työtiloihin, vaikka sen tuotteistamisesta One Compact -työtilaan ei ollut varmuutta.

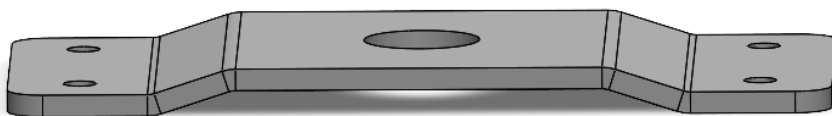
5.4.4 Toisen version suunnittelu

Kolmannen konseptin toiseen versioon tehtiin useita pieniä parannuksia, mutta toimintaperiaate ja idea pysyivät samana. Merkittävin ero aikaisempaan oli, että tämä versio sijoitettiin seinäpaneelin taakse käyttäjältä piiloon ja se tuli esiin vasta näytön kiinnityksen kohdalla. One-työtilassa seinäpaneeliin jouduttiin tekemään upotus, jotta kyseinen ratkaisu oli mahdollista toteuttaa työtilaan. Konseptin toisessa versiossa VESA-kiinnityslevyyn (kuva 20) lisättiin kierteellisiä kiinnitysreikiä kiinnikeraudalle, mikä mahdollisti näytön korkeuden entistä monipuolisemman säädön.



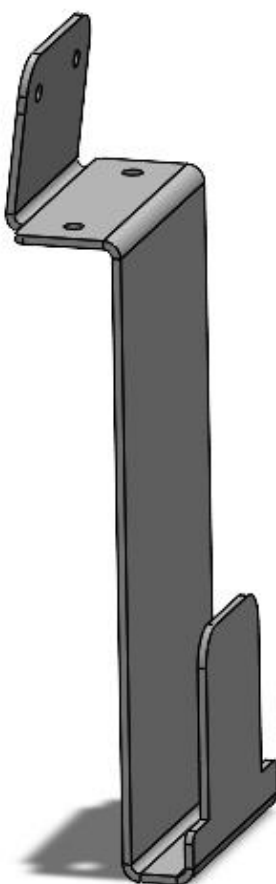
KUVA 20. Uusi VESA-kiinnityslevy (Kuva: Valtteri Haapamäki).

Kiinnikeraudan (kuva 21) taivutuskulmia ja muodon korkeutta muokattiin siten, että kiinnikeraudan ja VESA-kiinnityslevyn väliin jäävä tila oli hieman aiempaa versiota pienempi. Suurin muutos oli kiinnikeraudan keskelle tehty reikä, jonka tarkoituksena oli estää kiinnikeraudan ja kiinnityslevyn muodostaman kokoonpano tahaton irtoaminen näyttötelineestä. Irtoamista pyrittiin estämään koristeosan kumpumaisella muodolla, joka asettui kiinnikeraudan reikään.



KUVA 21. Uusi kiinnikerauta (Kuva: Valtteri Haapamäki).

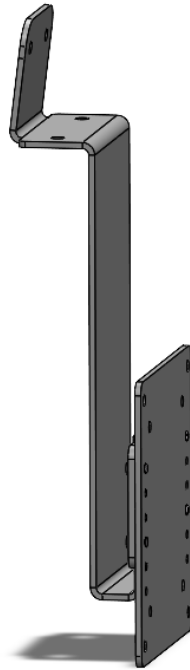
Näyttötelineen (kuva 22) runkoa muokattiin kompaktimmaksi ja tukevammaksi lyhentämällä sivujen pituuksia. Näyttötelineen rungosta poistettiin syvennykset pinnestä varten, sillä niiden käytöstä luovuttiin niiden vaikeakäyttöisyyden vuoksi. Lisäksi rungon alaosaan muutettiin ensimmäiseen versioon verrattuna. Toisessa versiossa alaosaan lisättiin vaakasuora osio, jonka avulla näytön kiinnittämiseen tarkoitettu osio saatiin tuotua seinäpaneelin etupuolelle.



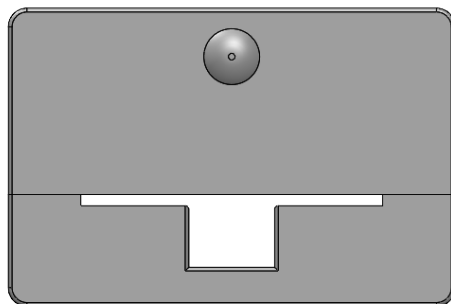
KUVA 22. Näyttötelineen toinen versio (Kuva: Valtteri Haapamäki).

Näyttötelineen uutta kokoonpanoa (kuva 23) varten suunniteltiin myös One-työtilaan koristeosa (kuva 24), jonka tarkoituksena oli peittää paneeliin tehty reikä, josta näyttöteline kulki lävitse. Osassa oli myös kumpumainen muoto, joka asettui kiinnikeraudan reikään estäen näytön tahattoman irtoamisen näyttötelineestä. Koristeosaan suunniteltiin lisäksi aukko, jonka kautta näytön virtajohto mahtui kulkemaan työtilan virtalähteeseen. Koristeosa koostui kahdesta osasta, jotka yhdistettiin näyttötelineen ympärille. Koristeosa kiinnittyi paneeliin kynsillä, jotka

asettuivat paneelin taakse estäen tahattoman irtoamisen. Koristeosa valmistettiin muovista ja se 3D-tulostettiin prototyypin testausta varten. One Compact -työtilaan sopivaa koristeosaa ei suunniteltu.



KUVA 23. Uusi näyttötelineen kokoonpano (Kuva: Valtteri Haapamäki).



KUVA 24. Koristeosa edestä (Kuva: Valtteri Haapamäki).

5.4.5 Toisen version testaus

Toisen version testauksessa keskityttiin pääasiassa One-työtilaan. Testauksessa arvioitiin näyttötelineen toimivuutta ja sen asennuskokemusta One-työtilaan. Ensimmäiseksi seinäpaneeliin leikattiin aukko näyttötelinettä varten, mikä onnistui

ongelmitta tarkkojen mittojen ansiosta. Tämän jälkeen näytön virtajohto tuotiin työtilan virtalähteestä leikattuun aukkoon. Testauksen yhteydessä huomattiin, että virtajohdon tuominen ei onnistunut suunnitellulla tavalla, vaan johdolle tuli suunnitella väistö, jotta se mahtuu kulkemaan suunniteltua kautta. Virtajohto saatiin kuitenkin tuotua aukon kautta ja kytkettyä näyttöön, mutta se jäi puristuksiin.

Paneelin leikkauksen ja virtajohdon tuomisen jälkeen näyttöteline työnnettiin paneelin taakse aukon kautta ja ohjattiin upotuksen mukaisesti valopaneelintukeen saakka. Kiinnityksen yhteydessä kokeiltiin, telineen kiinnittämistä valopaneelin tukeen ruuvilla ja mutterilla, mutta menetelmä todettiin epäkäytännölliseksi kiinnityksen haastavuuden vuoksi. Prototyypä saatiin kuitenkin asennettua, ja näyttöteline mahtui kulkemaan paneelin takana.

Tämän jälkeen asennettiin koristeosa. Koristeosan asentaminen ei onnistunut suunnitellusti, sillä pitkät kiinnityskynnet estivät osan asettamisen aukkoon. Testauksen yhteydessä kynnet katkaistiin, ja koristeosa saatiin asetettua paikoilleen, vaikka asentaminen oli edelleen hankalaa. Kun koristeosa oli paikoillaan, näyttö asetettiin onnistuneesti näyttötelineeseen. Näyttö saatiin sijoitettua lähemmäs seinäpaneelia kuin aikaisemmassa versiossa, mutta sen lukitseminen koristeosan avulla toimi vain osittain. Virtajohdon läpivienti koristeosassa olevan aukon kautta onnistui ongelmitta.

Toimintaperiaatteeltaan konseptin toinen versio vastasi aiempaa, ja se toimi edelleen halutulla tavalla. Esteettisesti ratkaisu oli aiempaa onnistuneempi, sillä näyttöteline ei ollut käyttäjän nähtävissä. Myös näytön sijainti korkeussuunnassa oli nyt parempi, ja erilaisia näyttöjä pystyttiin laajemmin nostamaan tai laskemaan VESA-kiinnityslevyyn lisättyjen uusien kiinnitysreikien ansiosta. Kokonaisuudessa testitulokset osoittivat konseptin olevan toimiva, mutta se vaati vielä jatkokehitystä.

Yksittäisissä osissa havaittiin myös kehitystarpeita. Kiinnikeraudan ja VESA-kiinnityslevyn väliin jäi hieman liikaa sivuttaissuuntaista liikkumavaraa, mikä antoi vaikutelman, ettei näyttö ollut tukevasti kiinnitetty. Koristeosan asentaminen ja kokoonpano osoittautuivat vaikeiksi, minkä lisäksi osa hajosi, kun näyttö irrotettiin ja asetettiin uudelleen paikalleen useamman kerran.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella Framery Oy:n One Compact- ja One -työtiloihin sopiva näyttöelineen konsepti. Näyttöeline suunniteltiin oikeaoppisesti hyödyntäen teoriaosuudessa käsiteltyjä tietoja. Näyttöelineelle asetetut lähtötavoitteet sekä niiden saavuttaminen esitetään taulukossa 2. Kaikki tavoitteet, joita ei saavutettu koskevat ainoastaan One-työtilaa. One Compact -työtilassa kaikki asetetut tavoitteet saavutettiin.

TAULUKKO 2. Näyttöelineelle asetetut tavoitteet ja tavoitteisiin pääseminen.

Tavoite	Saavutettiin	Ei saavutettu
Tarkoitettu 24-tuumaisille ja sitä pienemmille näytöille	X	
Jälkiasennettavissa		X
Näyttö enintään 20 mm irti seinäpaneelistä	X	
Näyttö keskitetty käyttäjälle työskentelyä varten	X	
Sama näyttöeline sopii molempiin työtiloihin	X	
Helppo ja nopea asentaa		X
Ei saa aiheuttaa muutoksia työtilan rakenteeseen		X
Integroitu virrantuonti virtalähteestä	X	
Edullinen valmistaa	X	
esteettinen	X	

Se, ettei kaikkia tavoitteita saavuteta juuri One-työtilassa, on valitettavaa, sillä ennusteiden mukaan näyttöelineelle on enemmän kysyntää One-työtilaan kuin One Compact -työtilaan. Lisäksi testeissä havaitaan, että One Compact -työtilassa käyttäjä saattaa tuntea pahoinvointia suurikokoisen näytön käytön seurauksena. Tämän vuoksi päätöstä näyttöelineen kaupallistamisesta One Compact -työtilaan ei ole vielä tehty. Näyttöeline voidaan kuitenkin kaupallistaa One-työtilaan.

Opinnäytetyössä suunniteltu näyttötelineen konsepti todetaan toimivaksi ratkaisuksi, mutta työn tulosten perusteella toimeksiantajalle suositellaan näyttötelineen ja sen asennuskokemuksen jatkokehittämistä ainakin seuraavilla tavoilla. One-työtilaa varten suositellaan, että valopaneelien tukiin suunnitellaan valmiit kierrereiät, joihin näyttöteline kiinnitetään. Näin vältetään asentajan tarve mitata ja porata reikiä asennusvaiheessa, mikä vähentää myös porakoneen mahdollisesti aiheuttamien vaurioiden riskiä One-työtilan seinäpaneelissa. Mikäli valopaneelin tuessa ei ole valmiita kierrereiä, näyttötelineen asentamiseen suositellaan levyruuvien käyttämistä.

Näyttötelineen asentamista varten One-työtilaan tulee lisäksi suunnitella väistö virtajohdolle siten, ettei johto jää puristuksiin. Koristeosan osalta suositellaan sen uudelleensuunnittelua tai vaihtoehtoisen lukitusmekanismin kehittämistä. Lisäksi kiinnikeraudan muodon leveyttä tulee pienentää, jotta näyttö kiinnittyy telineeseen tukevammin. Näyttötelineen jälkiasennusta varten One-työtilassa suositellaan myös kehittämään ratkaisu, jonka avulla asennus voidaan toteuttaa ilman uudenlaisia osia.

LÄHTEET

Adobe. 2025. DXF-tiedostot. Verkkosivu. Viitattu

14.3.2025. <https://www.adobe.com/fi/creativecloud/file-types/image/vector/dxf-file.html>

Aaltonen, K., Andersson, P. & Kauppinen, V. 1997. Levytyö- ja työvälinetekniikat. Porvoo: WSOY.

Dassault systèmes 2021. K-factor. Verkkosivu. Viitattu 9.4.2025. https://help.solidworks.com/2021/English/SolidWorks/sldworks/c_k_factor.htm

ESB. n.d. DC01- Cold rolled steel. Verkkosivu. Viitattu 14.3.2025.

<https://www.esb-group.com/en/products-din-en/cold-rolled-steel/dc01-cold-rolled-steel/>

Framery Oy. 2024. Etusivu. Verkkosivu. Viitattu 25.1.2025. <https://framery.com/fi/>

HTM Yhtiöt Oy. n.d. Terästen standardien mukaiset mekaaniset ominaisuudet.

Pdf. Viitattu 8.3.2025. <https://htmyhtiot.fi/assets/files/TPK%20asiakirjat/Ter%C3%A4sten%20mekaaniset%20ominaisuudet.pdf>

VESA Standard. n.d. VESA standard - What does the VESA standard mean?.

Verkkosivu. Viitattu 21.2.2025. <https://www.vesa-standard.com/index.html>

Wang, D. 2015. Graphics processing of CNC cutting based on auto CAD. Electronic Engineering and Information Science. E-kirja. Leiden: CRC-Press. Viitattu

17.3.2025. Vaatii käyttöoikeuden. https://learning.oreilly.com/library/view/electronic-engineering-and/9781138027725/?sso_link=yes&sso_link_from=tampere-university

Xometry. n.d. Design Guide: Sheet Metal Fabrication versions 2.2. Pdf. Viitattu

12.3.2025 https://cdn2.hubspot.net/hubfs/340051/Design_Guides/Xometry_DesignGuide_SheetMetal.pdf

LIITTEET

Liite 1. Kymmenen satunnaisen 24-tuumaisen näytön paino.

Näytön malli	Paino ilman jalustaa (kg)	Linkki 04.03.2025
LG 24M47VQ	2,5	https://www.lg.com/fi/naytot/lg-24M47VQ
Samsung S30GD	2	https://www.verkkokauppa.com/fi/product/971657/Samsung-Essential-Monitor-S3-S30GD-24-Full-HD-naytto
Samsung F24T452F	2,6	https://www.verkkokauppa.com/fi/product/753409/Samsung-F24T452F-24-naytto
Lenovo ThinkVision E24-30	3,1	https://www.verkkokauppa.com/fi/product/915601/Lenovo-ThinkVision-E24-30-24-Full-HD-naytto
Dell 24 Pro P2425H	3,12	https://www.verkkokauppa.com/fi/product/930622/Dell-24-Pro-P2425H-24-Full-HD-naytto
Bluecloud M24FHD	2,5	https://www.verkkokauppa.com/fi/product/890317/Bluecloud-M24FHD-24-Full-HD-naytto
Lenovo ThinkVision P24q-30	3,8	https://www.verkkokauppa.com/fi/product/889768/Lenovo-ThinkVision-P24q-30-24-WQHD-naytto
Philips 243V7QJABF/00	3,08	https://www.philips.fi/c-p/243V7QJABF_00/full-hd-lcd-naeyttoe
Eizo FlexScan EV2430-BK	4,3	https://www.verkkokauppa.com/fi/product/536103/Eizo-FlexScan-EV2430-BK-24-naytto
BenQ GW2485TC	3,8	https://www.verkkokauppa.com/fi/product/771544/BenQ-GW2485TC-24-FullHD-naytto
Näyttöjen painon keskiarvo	3,08	