

Opinnäytetyö (AMK)

Insinööri (AMK), konetekniikka

Tuotekehitys ja -suunnittelu

2025

Aatu Häyrinen

Mittalaitteen sisäisen nostomekanismin suunnittelu ja prototyypin valmistus

TURKU AMK 
TURKU UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES

Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK), konetekniikka

2025 | 43 sivua

Aatu Häyrinen

Mittalaitteen sisäisen nostomekanismin suunnittelu ja prototyypin valmistus

– Tuotekehitystyö Åbo Akademin molekyyli­tieteen ja tekniikan laboratoriolle

Opinnäytetyön tehtävänä oli suunnitella nostomekanismi mittalaitteen toimintatavan ympärille ja valmistaa nostomekanismista prototyyppi. Nostomekanismin avulla mittausprosessi voidaan suorittaa helposti ja tehokkaasti, mikä vähentää sairaaloiden välinehuoltajien käyttämää aikaa kirurgisten instrumenttien mittaamiseen ruosteen varalta.

Nostomekanismi suunnitellaan toimeksiantajan antamien kriteerien mukaan Siemens NX -suunnitteluohjelmassa, jossa virtuaalisen kokoonpanon avulla tarkastellaan mekanismin toimivuutta. Tämän jälkeen nostomekanismin osat 3D-tulostetaan ja niistä tehdään fyysinen prototyyppi, jonka avulla varmistetaan mekanismin toiminta.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Molekyyli­tieteen ja tekniikan laboratorio, Åbo Akademi. Opinnäytetyön aikana tapaamisia pidettiin PET-keskuksen ja Åbo Akademin tiloissa. Nostomekanismin prototyyppi valmistettiin Turun ammattikorkeakoulun tuotekehityksen laboratorion 3D-tulostimilla.

Opinnäytetyön toimeksiantaja oli tyytyväinen lopputulokseen, joka oli projektin kannalta antoisa mahdollistaen mittalaitteen jatkekehityksen.

Asiasanat:

Tuotekehitys, suunnittelu, luonnostelu, 3D-mallinnus, 3D-tulostus, prototyyppi

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Bachelor of Engineering, Mechanical Engineering

2025 | 43 pages

Aatu Häyrinen

Design and Prototyping of an Internal Lifting Mechanism for a Measuring Device

– Product development work for the Molecular Science and Technology Laboratory at Åbo Akademi University

The objective of this thesis was to design a lifting mechanism based on the operational principle of a measuring device and to produce a prototype of the mechanism. The lifting mechanism enables an easy and efficient measurement process, thereby reducing the time hospital instrument maintenance personnel spend inspecting surgical instruments for rust.

The lifting mechanism was designed according to the specifications provided by the commissioning party, using Siemens NX design software. The functionality of the mechanism was verified through virtual assembly simulations. Following the design phase, the parts were manufactured using 3D printing technology, and a physical prototype was assembled to validate the mechanism's operation.

The thesis was commissioned by the Laboratory of Molecular Science and Technology at Åbo Akademi University. Meetings related to the project were held at both the PET Centre facilities and Åbo Akademi premises. The prototype was manufactured using 3D printers at the product development laboratory of Turku University of Applied Sciences.

The commissioning party was satisfied with the outcome, which proved valuable for the project and enabled the continued development of the measuring device.

Keywords:

Product development, designing, sketching, 3D modeling, 3D printing, prototype

Sisältö

1 Johdanto	7
2 Tuotekehitysprosessi	8
2.1 Tuotekehitysprosessi Ulrichin, Eppingerin ja Yangin mukaan	9
2.2 Tuoteohjelman suunnittelu	11
2.3 Konseptisuunnittelu	16
2.4 Systemisuunnittelu	17
2.5 Detaljisuunnittelu	19
2.6 Testaus ja parannus	20
2.7 Tuotanto	21
3 Opinnäytetyön toteutus	23
3.1 Opinnäytetyön tehtävä	23
3.2 Projektiympäristö	23
3.3 Mittalaitteen nostomekanismin vaatimukset	24
3.4 Nostomekanismin ideointi ja luonnostelu	25
3.5 Vaihtoehtojen evaluointi	28
3.6 Nostomekanismin modulointi	29
3.7 Nostomekanismin 3D-mallintaminen	29
3.7.1 Ritiämoduulin mallintaminen	30
3.7.2 Mittausaltaan ja kannen mallintaminen	33
3.7.3 Vipuvarsien mallintaminen	35
3.7.4 Umpilevyn ja sen kiinnikkeiden mallintaminen	36
3.8 Nostomekanismin 3D-malli	37
4 Prototyypin valmistaminen	38
5 Yhteenveto ja pohdinta	42
Lähteet	43

Kuvat

Kuva 1. Ulrichin, Eppingerin ja Yangin tuotekehitysprosessimallin eri muodot (Ulrich ym. 2020, 23).	10
Kuva 2. Tuoteohjelman suunnittelun viisi vaihetta (Ulrich ym. 2020, 59).	12
Kuva 3. Alkeismalli	25
Kuva 4. Nostomekanismi kannen sisällä	26
Kuva 5. Nesteen nostaminen ritilän sijaan	27
Kuva 6. Kanteen integroitu nostomekanismi	28
Kuva 7. Pelkistetty 3D-malli	30
Kuva 8. Ritilän 3D-malli	31
Kuva 9. Kehysten 3D-mallit	31
Kuva 10. Liukupalojen 3D-mallit	32
Kuva 11. Ritilämoduulin kokoonpanon 3D-malli	32
Kuva 12. Mittausaltaan ja mittalaitteen rungon 3D-malli	33
Kuva 13. Mittausaltaan ja kannen 3D-malli	34
Kuva 14. Vipubarren 3D-malli	35
Kuva 15. Vipubarren kääntymiskulman rajoittaminen	35
Kuva 16. Umpilevyn ja sen kiinnikkeiden 3D-malli	36
Kuva 17. Nostomekanismin kokoonpanon 3D-malli	37
Kuva 18. Liukupalojen lopullinen 3D-malli	38
Kuva 19. Ritilämoduulin osat	39
Kuva 20. Mittausaltaan osat	39
Kuva 21. Mittausaltaan kansi	40
Kuva 22. Vipubarret ja lukitusosat	40
Kuva 23. Umpilevy ja sen kiinnikkeet	40
Kuva 24. Nostomekanismin valmis prototyyppi	41

Taulukot

Taulukko 1. Esimerkki tavoitekuvauksesta (Ulrich ym. 2020, 70).	15
Taulukko 2. Nostomekanismin spesifikaatiot	25

Käytetyt lyhenteet ja sanasto

Moduuli	Osa tai osat, jotka voidaan liittää suurempaan kokonaisuuteen, mutta jotka voivat toimia myös itsenäisesti. Moduulit muodostetaan käyttämällä selkeitä rajapintoja, mikä mahdollistaa niiden helpon kytkemisen keskenään. (Hietikko 2021, 123.)
PET-keskus	Turun yliopiston, Åbo Akademin ja Turun yliopistollinen keskussairaalan yhteinen, valtakunnallinen tutkimuskeskus (Tyks 2025).
PLA	Polylaktidihappo (polylactic acid) on biohajoava muovi, joka valmistetaan uusiutuvista raaka-aineista (Ebnesajjad 2013).
Snap-fit-kiinnitys	Kiinnitystekniikka, jossa osat liitetään toisiinsa mekaanisesti napsauttamalla. Kiinnitys perustuu muoviosan joustavuuteen ja tarkkaan muotoiluun, jolloin osa lukittuu paikoilleen elastisen palautumisen avulla. (Mastro 2016.)

1 Johdanto

Konetekniikan insinööri on keskeisessä asemassa tuotekehitysprosessissa. Hänen tehtävänsä ulottuvat ideoinnista ja konseptoinnista aina valmiin tuotteen tuotantoon saattamiseen saakka. Suunnittelutyö vaatii teknistä osaamista sekä luovuutta, sillä insinöörin on löydettävä toimivia, valmistettavia ja kustannustehokkaita ratkaisuja monimuotoisiin ongelmiin. Mekaniikkasuunnittelu yhdistää teoreettisen analyysin, käytännön suunnittelutyökalut ja tiiviin yhteistyön muiden asiantuntijoiden kanssa.

Kirurgisten instrumenttien, kuten erilaisten saksien, ruostuminen on sairaaloissa yleinen ongelma. Tällä hetkellä instrumenttien kunto tarkastetaan sairaaloiden välinehuoltoyksiköissä. Välinehuoltajat arvioivat kunnan silmämääräisesti, käyttäen apuna esimerkiksi mikroskooppeja. Nykyisessä toimintatavassa haasteena on kuitenkin se, että ruoste voi jäädä huomaamatta, erityisesti instrumenttien piilossa olevilla alueilla, kuten saranoissa tai putkien sisäpinnoilla. Ruosteen havaitsemiseen on kehitteillä uudenlainen mittalaite, joka hyödyntää patentoitua menetelmää. Tämän haasteen pohjalta sain toimeksiannon opinnäytetyölleni.

Tehtävänäni oli suunnitella nostomekanismi mittalaitteen toimintatavan ympärille, jotta mittaus voidaan suorittaa helposti ja tehokkaasti. Työhön kuului myös nostomekanismin prototyypin valmistaminen sen toimivuuden varmistamiseksi. Opinnäytetyöni toimeksiantajana toimi Åbo Akademin molekyyli­tieteen ja tekniikan laboratorio. Työskentelin projektin parissa itsenäisesti, mutta prosessin aikana minua tuki asiantuntijoista koostuva projektiryhmä.

Opinnäytetyöni jakautuu kahteen osaan. Ensimmäisessä osassa käsitellään tuotekehitysprosessin teoriaa kirjallisuuden pohjalta. Toisessa osassa keskitytään käytännön tuotekehitysprojektiin, jonka tuloksena syntyy fyysinen prototyyppi. Projektissa teoreettista tietoa sovelletaan konkreettiseen suunnittelutehtävään, ja työssä kuvataan, miten ideasta edetään valmiiksi prototyyppiksi.

2 Tuotekehitysprosessi

Tuotekehitys on yrityksessä toteutettava strateginen prosessi, jonka tavoitteena on uusien tuotteiden kehittäminen tai jo olemassa olevien tuotteiden parantaminen. Se on keskeinen tekijä yrityksen elinvoimaisuuden ja kilpailukyvyn ylläpitämisessä. Jatkuva innovointi ja tuotekehitys mahdollistavat yrityksen sopeutumisen muuttuviin markkinaolosuhteisiin sekä asiakkaiden tarpeisiin. Jos yritys ei huolehdi tuotekehityksestä jatkuvasti, tulee aika, jolloin yrityksen tarjoamat tuotteet ovat vanhentuneita ja myynti vähenee tai loppuu kokonaan. (Jokinen 2001, 9–10.)

Kaikki ympärillämme olevat esineet ja palvelut ovat jonkin yksilön tai ryhmän suunnittelemaa ja kehittelemää tuotetta. Tuotteet ovat hyödykkeitä, eli esimerkiksi tarvikkeita, palveluita tai tietoa, joista on kuluttajalle hyötyä. Jokaisen tuotteen taustalla on prosessi, jota kutsutaan tuotekehitys- tai innovaatioprosessiksi. Tuotekehitys perustuu aina tunnistettuun ongelmaan tai tarpeeseen, jonka ratkaisemiseksi tuote kehitetään. Tarve voidaan määrittää yrityksen sisäisesti esimerkiksi markkina- ja teknologia-analyysien avulla, tai se voi nousta esiin suoraan asiakaspalautteen perusteella. Tarpeen tai ongelman määrittämisen jälkeen tuotekehitysryhmän tehtävänä on kehittää ratkaisu tunnistettuun ongelmaan ja täyttää sille asetetut vaatimukset. Tuotekehitys ei kuitenkaan rajoitu pelkästään uuden tuotteen suunnitteluun, vaan siihen sisältyy myös taloudellisten riskien arviointi sekä markkina-analyysi tuotteen kaupallisen potentiaalin selvittämiseksi. (Hietikko 2021, 17–18.)

Kun kehitettävälle tuotteelle on määritelty resurssit, selkeä tavoite ja aikataulu, kyseessä on tuotekehitysprojekti. Tuotekehitysprojekteissa hyödynnetään erilaisia etenemismalleja, joihin kaikkiin sisältyy vähintään tarvekuvaus, luovan työn vaihe ja detaljisuunnittelu. Etenemismallit voidaan jakaa karkeasti kahteen ryhmään: lineaarimalleihin ja spiraalimalleihin. Lineaarimalleissa vaiheet tulevat peräkkäin, ja aikaisempi vaihe täytyy saada päätökseen ennen seuraavan vaiheen aloittamista. Spiraalimallit eivät ole yhtä suoraviivaisia, vaan niiden vaiheet sijoittuvat ympyrämäisesti, ja vaiheita kierretään koko prosessin ajan,

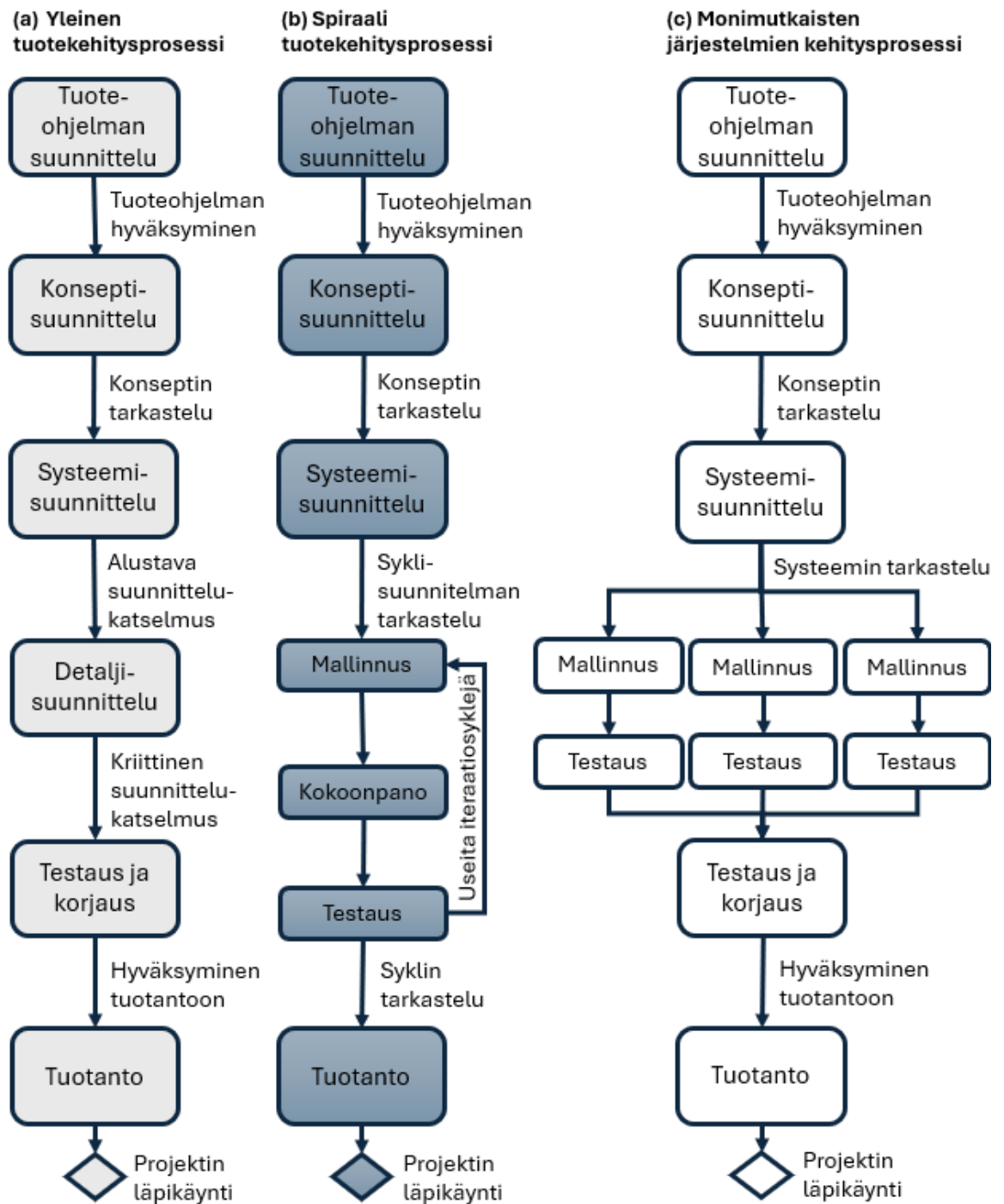
kunnes päädytään lopulliseen ratkaisuun. (Hietikko 2021, 45.) Tässä opinnäytetyössä perehdyttiin tarkemmin Ulrichin, Eppingerin ja Yangin tuotekehitysprosessimalliin.

2.1 Tuotekehitysprosessi Ulrichin, Eppingerin ja Yangin mukaan

Ulrichin, Eppingerin ja Yangin (2020) tuotekehitysprosessimalli on laajasti käytetty menetelmä tuotekehitysprosessin rakenteelliseen määrittelyyn ja hallintaan. Mallin ovat kehittäneet Karl T. Ulrich, Steven D. Eppinger ja Maria C. Yang, ja se perustuu heidän teokseensa, joka käsittelee tuotekehitystä ja -suunnittelua. Malli tarjoaa selkeän viitekehyksen tuotekehitysprosessille, joka alkaa markkinoiden ja asiakastarpeiden tunnistamisesta ja etenee tuotteen suunnittelun, testauksen ja optimoinnin kautta lopulliseen tuotantoon ja markkinoille saattamiseen (Hietikko 2021, 45–47).

Ulrichin, Eppingerin ja Yangin (2020) tuotekehitysprosessimalli luokitellaan periaatteessa lineaariseksi prosessimalliksi. Mallissa kehitys etenee vaiheittain, ja kunkin vaiheen jälkeen suoritetaan arviointi, jossa päätetään, onko kyseinen vaihe suoritettu riittävällä tasolla ja voidaanko prosessissa edetä seuraavaan vaiheeseen (Ulrich ym. 2020, 20–23).

Mallista on olemassa kolme erilaista kaavioversiota: a) yleinen tuotekehitysprosessi, b) spiraalituotekehitysprosessi ja c) monimutkaisten järjestelmien kehitysprosessi (kuva 1). Malli valitaan aina tapauskohtaisesti kehitettävän tuotteen perusteella. (Ulrich ym. 2020, 22–23.)



Kuva 1. Ulrichin, Eppingerin ja Yangin tuotekehitysprosessimallin eri muodot (Ulrich ym. 2020, 23).

- **a) Yleinen tuotekehitysprosessin malli**

Yleistä mallia käytetään tyypillisesti markkinavetoisten, teknologiaohjattujen, alustapohjaisten, prosessivetoisten, räätälöityjen tai korkean riskin tuotteiden kehittämisessä. Mallin rakenne on lineaarinen, eli prosessissa ei palata takaisin aiempiin vaiheisiin, kun ne on päätetty valmiiksi. (Ulrich ym. 2020, 22.)

- **b) Spiraali tuotekehitysprosessin malli**

Tämä malli soveltuu tuotteille, jotka ovat esimerkiksi nopeasti kokoonpantavia tai virtuaalisia. Mallissa yksityiskohtainen suunnittelu, prototyyppien valmistus ja testaus muodostavat toistuvan syklin, joka muistuttaa spiraalimallia. Tavoitteena on saavuttaa toistuvien iterointien kautta haluttu lopputulos. (Ulrich ym. 2020, 22.)

- **c) Monimutkaisten järjestelmien kehitysprosessin malli**

Tämä malli on tarkoitettu monimutkaisten järjestelmien, kuten ajoneuvojen tai lentokoneiden, kehitykseen. Tässä lähestymistavassa yksityiskohtainen suunnittelu jaetaan rinnakkaisiin työvaiheisiin, joita useat projektiryhmät toteuttavat. Kun kaikki osakokonaisuudet on saatu valmiiksi, ne integroidaan yhdeksi tuotteeksi, jonka jälkeen suoritetaan lopullinen testaus. (Ulrich ym. 2020, 22–23.)

Ulrichin, Eppingerin ja Yangin (2020) yleisen tuotekehitysprosessimallin (malli a) eri vaiheet esitellään kappaleissa 2.2–2.7.

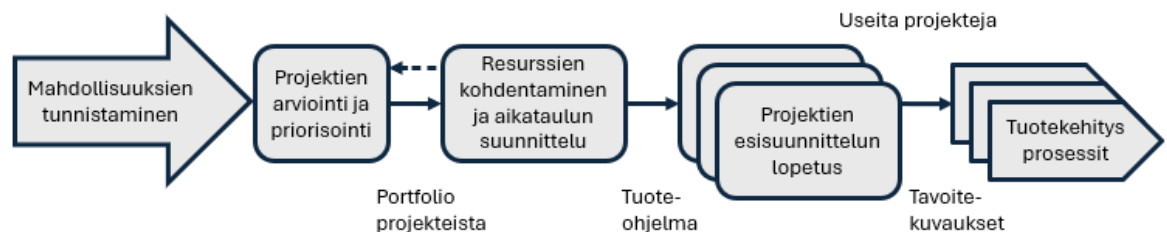
2.2 Tuoteohjelman suunnittelu

Ensimmäinen vaihe Ulrichin, Eppingerin ja Yangin tuotekehitysprosessin mallissa on tuoteohjelman suunnittelu. Vaihetta voidaan kutsua myös 0 vaiheeksi, sillä se pohjustaa projektin hyväksymisen ja käynnistämisen. Tuoteohjelman suunnittelu tapahtuu ennen tuotekehitysohjelman hyväksymistä, resursseja, ja tuotekehitystiimin päättämistä. (Ulrich ym. 2020, 13, 56.)

Tässä vaiheessa priorisoidaan tulevia projekteja ja tarkastellaan tuotekehitysmahdollisuuksia esimerkiksi asiakkaiden, markkina-analyysien, edellisten tuotekehitystiimien sekä teknisten tutkimusten avulla. Vaiheen tavoitteena on määritellä tuotekehitysprojekteille selkeä järjestys ja aikataulu sekä varmistaa, että projektit sopivat yrityksen tuotestrategiaan. Valmis tuoteohjelma pitää sisällään portfolion kehitettävistä tuotteista ja tuotteiden julkistamisaikataulut. Kun päätös aloitettavasta tuotekehitysprojektista on tehty, määritetään projektille aikataulu, tarkat rajaehdot ja aloitetaan resurssien hankinta. (Ulrich ym. 2020, 56–57.)

Tuoteohjelmaa joudutaan päivittämään useasti, koska kilpailuympäristö ja teknologia muuttuvat, sekä olemassa olevien tuotteiden menestyksestä saadaan tietoa. Yrityksen ylin johto on yleensä mukana tuoteohjelman päätöksissä, joten päivityksiä voidaan tehdä vain muutaman kerran vuodessa. (Ulrich ym. 2020, 57.)

Ulrich, Eppinger ja Yang ovat teoksessaan jakaneet tuoteohjelman suunnittelun viiteen vaiheeseen. Nämä vaiheet näkyvät kuvassa 2.



Kuva 2. Tuoteohjelman suunnittelun viisi vaihetta (Ulrich ym. 2020, 59).

Tuoteohjelman suunnittelu lähtee käyntiin mahdollisuuksien tunnistamisella. Tuotekehityksessä mahdollisuudet voivat olla uusia ideoita tuotteista, uusia tarpeita tai uusia teknologioita. Mahdollisuuksien tunnistamisvaiheessa yrityksen täytyy pystyä luomaan, tunnistamaan ja arvioimaan mahdollisuuksia. Kaikki mahdollisuudet on hyvä kirjoittaa ylös johdonmukaisilla lyhyillä lauseilla ja tallentaa yrityksen tietokantaan, seuraamista, lajittelua ja jatkokehitystä varten. (Ulrich ym. 2020, 36, 59.)

Jos mahdollisuuksien tunnistamisvaihe on aktiivista voi yrityksellä tulla satoja tai tuhansia mahdollisuuksia vuodessa, jonka takia on tärkeää karsia joukosta pois mahdollisuudet, joissa ei ole järkeä yrityksen muun toiminnan kannalta. Tämän vaiheen tavoitteena on poimia joukosta kaikista eniten potentiaalia omaavat mahdollisuudet. (Ulrich ym. 2020, 60.)

Mahdollisuuksien priorisoinnissa on tarkasteltava, millaisia ratkaisuja kilpailevilla yrityksillä on, millainen paikka tuotteelle on markkinoilla, kannattaako tuotteessa käyttää uutta teknologiaa ja lähdetäänpö tuotetta rakentamaan vanhan alustan päälle vai onko kannattavaa suunnitella tuotteelle kokonaan uusi alusta, vaikka se lisäisi kuluja. Kun mahdollisuuksia on tarkasteltu näistä näkökulmista, voidaan niistä muotoilla kuvitteellisia tuotteita ja alkaa laatimaan projekteista portfolioa. (Ulrich ym. 2020, 60–63.)

Innovaatiokeskeisellä yrityksellä ei ole varaa investoida kaikkiin portfolioissa oleviin hankkeisiin, jonka takia on tärkeää selvittää, millä hankkeilla on eniten potentiaalia ja kohdentaa resurssit niihin. Resurssien kohdentamisen ja aikataulun suunnittelun tavoitteena on määrittää toteutettavat hankkeet, niiden resurssit ja aikataulutus. Projekti aikataulun suunnittelussa on huomioitava useita strategisia tekijöitä, kuten tuotteen julkaisun ajoitus, käytettävä teknologia, markkinatilanne sekä kilpailutilanne. Vaikka tuotteet pyritään usein lanseeraamaan mahdollisimman varhaisessa vaiheessa markkinoille, keskeneräisen tai laadultaan puutteellisen tuotteen julkaisu voi heikentää yrityksen mainetta ja asiakasluottamusta. (Ulrich ym. 2020, 67.)

Uuden teknologian käyttö vaikuttaa merkittävästi aikataulutukseen. Tunnettujen ja aiemmin käytettyjen teknologioiden integrointi tuotteeseen on usein nopeampaa ja riskittömämpää kuin uuden teknologian omaksuminen. Lisäksi uudet teknologiat voivat nostaa tuotteen hintaa, jolloin on tärkeää arvioida markkinoiden valmius ja asiakaskysyntä ennen käyttöönottoa. Myös kilpailevien tuotteiden julkaisu voi vaikuttaa projekti aikatauluun, sillä kilpailupaine voi nopeuttaa kehitysprosessia ja lisätä tarvetta reagoida markkinoiden muutoksiin nopeasti. (Ulrich ym. 2020, 69.)

Suunnitteluvaiheessa hyväksytyt hankkeet ja niille määritelty aikataulu muodostavat tuoteohjelman. Tuoteohjelma voi sisältää useita erilaisia tuotteita, ja sitä päivitetään aktiivisesti osana yrityksen tuotestrategiaa. (Ulrich ym. 2020, 69.)

Kun hanke on hyväksytty, suoritetaan projektin esisuunnittelu loppuun, ennen resurssien suurempaa käyttöä. Esisuunnitteluvaiheessa muodostetaan tiivis ydinryhmä, jolla on laajaa teknistä osaamista, sekä asiantuntemusta markkinoista, valmistuksesta ja palvelutoiminnoista. Tässä vaiheessa mahdollisuuksista on muodostettu tuotekuvauslausunto, lausunnon ei tarvitse olla yksityiskohtainen, mutta se antaa yleisen kuvan tuotteesta ja projektin tavoitteista. (Ulrich ym. 2020, 69–70.)

Ydinryhmä selvittää tarkennetun määritelmän kohdemarkkinoista ja tuotteen oletuksista, jotta yritykselle voidaan antaa tarkemmat ohjeet ja raja-arvot, joiden mukaan tuotekehitystiimi alkaa työskentelemään. Nämä tiedot kerätään yhteen ja niistä muodostetaan tavoitekuvaus. (Ulrich ym. 2020, 70.) Esimerkki tavoitekuvauksen muodollisuudesta on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Esimerkki tavoitekuvauksesta (Ulrich ym. 2020, 70).

Tavoitekuvaus: tuotteen nimi	
Tuotteen kuvaus	Lyhyt kuvaus tuotteesta ja sen toiminnasta
Asiakashyödyt	Syyt miksi asiakas ostaisi juuri kyseisen tuotteen
Keskeiset tavoitteet	Projektin aikataulu, kustannukset, laatu ja markkinaosuuden tavoite
Päämarkkinat	Kuvaus päämarkkinoista ja varteen otettavista toissijaisista markkinoista
Oletukset ja rajat	Tuotteen olettamukset ja rajoitukset
Sidosryhmät	Lista kaikista ryhmistä, joihin valmis tuote vaikuttaa, kuten jälleenmyyjät, asiakkaat jne.

Tavoitekuvaukseen jäävät virheet, voivat aiheuttaa yritykselle paljon lisäkustannuksia. Koska tavoitekuvaus luovutetaan eteenpäin tuotekehitystiimille, tulee tiimin tarkistaa se ennen kehitysprosessin aloittamista varmistaakseen, että se on virheetön, realistinen ja mahdollinen toteuttaa. (Ulrich ym. 2020, 72.)

Kun tavoitekuvaus on valmis ja esisuunnitteluvaihe tulossa päätökseen on projekteille viimeistään asetettava johtajat, jotka vastaavat kehitystyön, tai sen jonkin osa-alueen etenemisestä. Myös projektien budjetit ovat yleensä jo tässä vaiheessa vahvistettuja. Uusia tuotteita suunniteltaessa budjetit ja johtajat yleensä asetetaan vain konseptointi vaiheen loppuun asti, sillä projektin

suunnasta ja laajuudesta ei ole vielä tarkkaa tietoa, ennen tuotekonseptin varmistumista. (Ulrich ym. 2020, 70.)

Tuoteohjelman suunnitteluvaiheen lopuksi on hyvä tarkastella suunnitelman tuloksia ja prosessia. Tässä vaiheessa esitetään useita kysymyksiä, joiden avulla voidaan taata tehdyn työn laatu. Kun tuoteohjelmaa on tarkasteltu ja siitä ei löydy ongelmakohtia, tuoteohjelma hyväksytään ja tuotekehitysprosessin ensimmäinen vaihe voidaan päättää. (Ulrich ym. 2020, 72.)

2.3 Konseptisuunnittelu

Mallin toinen vaihe on konseptisuunnittelu. Tässä vaiheessa selvitetään asiakastarpeet ja kerätään tietoa kilpailijoiden tuotteista ja asiakastyytyväisyydestä. Näiden vaiheiden avulla pystytään asettamaan tuotteelle yksityiskohtainen paikka markkinoille olemassa olevien tuotteiden suhteen ja määrittelemään tuotteelle halutut ominaisuudet ja vaatimukset. (Ulrich ym. 2020, 15, 103.)

Kun asiakastarvetta selvitetään, pyritään asiakkaalta saamaan selvä kuva siitä, millaisia ominaisuuksia tuotteessa tulee olla. Ominaisuudet, joita asiakkaalta selvitetään voivat olla esimerkiksi tuotteen koko, materiaali, käytettävyys ja ulkonäkö. Asiakastarpeen selvittäminen voi olla haastavaa, koska asiakkaat eivät välttämättä osaa kertoa yksityiskohtaisesti millainen tuotteen tulisi olla, tai mitä ominaisuuksia tuotteelle halutaan. Hyvä tapa asiakastarpeen selvittämiseen on tiedon kerääminen haastattelemalla asiakasta ja muuttamalla haastatteluissa esille tulleet tarpeet tarvelauseiksi. (Hietikko 2021, 61–70.)

Kun asiakastarve on selvitetty ja tuotteen selkeä paikka markkinoilla on tiedossa, alkaa konseptisuunnittelun luova vaihe. Luovassa vaiheessa tuotteelle asetetaan tarvelauseiden pohjalta spesifikaatiot, joiden pohjalta voidaan aloittaa ideointi. Ideointivaiheessa on tärkeää yrittää saada generoitua mahdollisimman paljon ideoita ja luonnoksia kehitettävästä tuotteesta. Kun tuotteesta on saatu tarpeeksi potentiaalisia ideoita, käydään ne läpi ja valitaan yksi tai useampi ratkaisu jatkokehitykseen. (Hietikko 2021, 48, 75.)

Konseptisuunnittelun viimeisessä vaiheessa toteutetaan ratkaisuvaihtoehtojen evaluointi, jonka tarkoituksena on vertailla erilaisia luonnoksia keskenään ja tunnistaa asiakastarpeita parhaiten vastaava ratkaisu. Evaluoinnin tukena voidaan käyttää pisteytysmatriisia. Pisteytysmatriisissa kullekin ratkaisulle annetaan pisteitä sen perusteella, kuinka hyvin se täyttää ennalta määritellyt arviointikriteerit. Näiden kriteerien laadinnassa voidaan hyödyntää asiakastarpeita sekä suunnitteluspesifikaatioita, mikä varmistaa arvioinnin kohdistuvan olennaisiin ominaisuuksiin. (Hietikko 2021, 48, 111.)

2.4 Systemisuunnittelu

Systemisuunnitteluvaihe on Ulrichin, Eppingerin ja Yangin tuotekehitysprosessimallin kolmas vaihe. Tässä vaiheessa tarkastellaan konseptisuunnittelun lopuksi jatkokehitykseen valittujen ratkaisujen arkkitehtuuria. Vaihe painottuu tuoterakenteen, moduloinnin, kokoonpanojen ja osien miettimiseen siten, että lopputuote vastaa mahdollisimman laajasti erilaisten asiakastarpeiden vaatimuksiin. (Hietikko 2021, 123.)

Tuotteet pyritään suunnittelemaan tuoteperheiksi, jotta useiden moduulien ansiosta pystytään tuottamaan räätälöityjä tuotteita eri asiakasryhmille. Tuoteperhe koostuu useista tuotteista, jotka on suunniteltu samalle alustalle. Kun tuotteilla on sama alusta ja moduulien rajapintoja ei muokata, voidaan tehokkaasti räätälöidä vanhoja ja tehdä uusia yhteensopivia komponentteja ja moduuleita. (Hietikko 2021, 125.)

Modulointi edesauttaa tuotekehitysprosessia vapauttamalla asiakaspohjaiseen räätälöintiin meneviä resursseja sekä pienentämällä taloudellisia riskejä. Tämä nopeuttaa muuttuvaan markkinatilanteeseen reagoimista. (Hietikko 2021, 125.)

Tuotteen moduulit voidaan määrittää tarkastelemalla tuotteen arkkitehtuuria. Arkkitehtuurin selvittäminen voidaan toteuttaa jakamalla tuote toiminnallisiin ryhmiin, joiden avulla pystytään systemaattisesti tunnistamaan ja määrittelemään tuotteen keskeiset toiminnot sekä niitä vastaavat moduulit. Sen sijaan, että keskityttäisiin vain toiminnallisuuksiin, tulee moduuleissa ottaa huomioon myös

valmistusmenetelmät ja toteutetaanko moduulit itse vai alihankkijan toimesta. (Hietikko 2021, 124.)

Arkkitehtuurin määrittäminen on hyvä tehdä jakamalla se neljään eri vaiheeseen (Ulrich ym. 2020, 197):

- Kuvaajan tekeminen tuotteen ominaisuuksista
- Ominaisuuksien yhdistäminen toiminnallisiin ryhmiin
- Karkean geometrisen mallin luominen
- Keskeisten ja satunnaisten vuorovaikutusten tunnistaminen

Ensimmäisessä vaiheessa tehdään kuvaaja, johon merkitään kaikki tuotteen toiminnalliset ja fyysiset ominaisuudet. Kuvaajan ei tarvitse olla tarkka, sillä se antaa vain kuvan, millaisista osista tuote koostuu. Tässä vaiheessa kaikilla osilla ei vielä ole konseptia, joten näitä osia kuvataan vain funktionaalisesti. (Ulrich ym. 2020, 197–198.)

Kun kuvaaja on saatu valmiiksi, voidaan sen pohjalta määritellä osat toiminnallisiin ryhmiin. Ryhmiin määrittämisen voi tehdä usealla eri tavalla, riippuen miten tuotteen haluaa suunnitella. Äärimmäisessä tapauksessa jokaiselle osalle voidaan luoda oman ryhmänsä, tai kaikki osat voidaan sijoittaa samaan ryhmään. Ryhmiin jakaminen kannattaa aloittaa aina jakamalla jokainen osa ensin omaan ryhmäänsä, ja pohtia sen jälkeen voiko osia yhdistää niin, että se tehostaa suunnitteluprosessia. (Ulrich ym. 2020, 199–201.)

Ulrichin, Eppingerin ja Yangin (2020, 200) mukaan samaan ryhmään kannattaa laittaa elementtejä, jotka esimerkiksi:

- Vaativat tarkkaa sijoittamista, tai ovat geometrisesti lähekkäin integroituja
- Toimivat saman vaikuttavan osan mukaan.
- Koostuvat samanlaisista malleista tai teknologioista
- Voivat olla yhdessä hyödyllisiä muissa projekteissa

Ryhmiin jakamisen jälkeen aloitetaan karkean geometrisen mallin tekeminen. Mallista tehdään kaksi tai kolmiulotteinen, ja se voi olla joko virtuaalinen tai fyysinen. Geometrinen malli havainnollistaa, millaiset mittasuhteet ryhmien välillä on ja ovatko ryhmien väliset rajapinnat toteutettavissa. (Ulrich ym. 2020, 201.)

Viimeisessä vaiheessa tarkastellaan ryhmien välistä vuorovaikutusta. Tässä vaiheessa pyritään selvittämään kaikki suunnittelussa huomioon otettavat tekijät ryhmien välillä. Suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä voi olla esimerkiksi ryhmien liikkeet, lämpötilat ja kytkennät. Nämä tekijät vaikuttavat ryhmien väliseen toimintaan ja tämän takia suunnittelutiimien täytyy pystyä kommunikoimaan selkeästi keskenään, jotta suunnittelu onnistuu halutulla tavalla ja kaikki ryhmät sopivat yhteen, sekä toimivat yhdessä ilman ongelmia. (Ulrich ym. 2020, 202.)

Kun tuotteen arkkitehtuuri on selvitetty, tuote on moduloitu, sekä tuotteesta on tehty karkea geometrinen malli, voidaan edetä tuotekehitysprosessin seuraavaan vaiheeseen. (Ulrich ym. 2020, 15.)

2.5 Detaljisuunnittelu

Mallien tekeminen detaljisuunnitteluvaiheessa toteutetaan tietokoneen avulla. Tietokoneavusteinen suunnittelu perustuu tietokoneen matemaattiseen ja graafiseen mallinnuskykyyn, jota suunnittelija käyttää apuvälineenä tuotteensuunnitteluprosessissa. Mallintamisen ja piirtämisen lisäksi tietokoneen avulla voidaan tehdä erilaisia analyysejä ja simulointeja kehitettävästä tuotteesta, jotka auttavat tuotteen ominaisuuksien tarkastelemisessa. Yleisin tietokoneella tehtävä analyysin muoto on FEM-laskenta, jonka avulla voidaan tutkia esimerkiksi tuotteen lujuusominaisuuksia tai lämpötilan jakautumista. (Hietikko 2021, 141.)

Detaljisuunnitteluvaiheessa tuotteen jokainen osa saa lopullisen muotonsa ja määritellyt mitat. Detaljisuunnittelu vaihe alkaa heti systeemisuunnittelun jälkeen, joten systeemisuunnittelussa moduulit on hyvä suunnitella käyttäen selkeitä rajapintoja, joiden avulla ne kiinnittyvät toisiinsa. Tämän avulla kunkin moduulin

detalji-suunnittelu ryhmä voi keskittyä vain kyseiseen moduuliin, nopeuttaen suunnitteluprosessin etenemistä. (Hietikko 2021, 123.)

Kun tuotteessa käytettävät osat ja komponentit varmistuvat, määritellään, mistä mahdolliset standardiosat hankitaan, millaisia toleransseja osissa käytetään, ja mistä materiaaleista osat kannattaa tehdä. Yleensä uudet tuotteet sisältävät aina ainutlaatuisia osia, joten niitä ei voida ostaa suoraan alihankkijalta. Näitä osia tarkastellaan ja niille määritellään mahdolliset työkalut, valmistusmenetelmät- ja suunnitelmat, sekä valmistajat. Näitä vaiheita tehdessä on myös tarkasteltava tuotteen kustannuksia, koska ne vaikuttavat päätöksiin toleransseista, materiaaleista ja valmistusmenetelmistä. (Ulrich ym. 2020, 15.)

Detalji-suunnittelun aikana on hyvä tehdä prototyyppejä varmistaakseen tuotteen toimintaa, ja osien sopivuutta keskenään. Tuotekehitysprosessin loppupuolella prototyypeillä varmistetaan, että tuote vastaa haluttua toiminnallisuustasoa, ja usein ylin johto tai asiakas vaatii tuotteesta prototyypin, joka todistaa tietyt toiminnot ennen kuin voidaan siirtyä tuotannosuunnitteluun. (Ulrich ym. 2020, 302–303.)

Detalji-suunnittelu vaiheen tullessa päätökseen, on tuotteesta tehty valmiit mallit, osa- ja kokoonpano piirustukset, sekä osaluettelot. Kun kaikki tarvittavat dokumentit valmistuksen kannalta on tehty, voidaan tuotekehitysprosessissa edetä seuraavaan vaiheeseen. (Hietikko 2021, 143–150.)

2.6 Testaus ja parannus

Testaus ja parannus- vaiheessa tuotteesta rakennetaan useita prototyyppejä, joita kehitetään tehtyjen havaintojen mukaan. Alkuvaiheessa prototyypit tehdään käyttäen lopullisen tuotteen geometriaa ja materiaaleja, mutta prototyypin valmistusmenetelmät voivat tässä vaiheessa poiketa lopullisen tuotteen valmistusprosessista. Alkuvaiheen prototyyppien tarkoituksena on testien avulla selvittää, toimiiko tuote halutulla tavalla, ja vastaako se oleellisimpia asiakastarpeita. (Ulrich ym. 2020, 15.) Tässä vaiheessa prototyypin ei kuitenkaan

aina tarvitse vastata lopullista tuotetta, vaan se voi olla esimerkiksi pienois- tai tietokonemalli (Hietikko 2021, 48).

Kun tuotteen toimivuus ja asiakastarpeen täyttäminen on saatu varmistettua, siirrytään prototyyppeihin, joiden osat pyritään valmistamaan tuotantoon päätetyn valmistusprosessin mukaan, vaikka prototyyppien kokoonpano saatetaan vielä toteuttaa lopullisen tuotteen kokoonpanomenetelmistä poikkeavalla tavalla. Näiden prototyyppien tavoitteena on saada selville vastaukset tuotteen suorituskykyyn ja luotettavuuteen liittyviin kysymyksiin, jotta valmiiseen tuotteeseen voidaan tarvittaessa tehdä vielä parannuksia. (Ulrich ym. 2020, 15.)

Testaus ja parannus vaihe voidaan päättää, kun prototyyppien avulla on selvitetty, että tuote toimii, niin kuin se on suunniteltu ja se voidaan valmistaa tarpeeksi kustannustehokkaasti (Hietikko 2021, 48).

2.7 Tuotanto

Tuotannon käynnistys on Ulrichin, Eppingerin ja Yangin tuotekehitysprosessimallin viimeinen vaihe, jossa tuote on jo viimeisessä muodossaan, ja se valmistetaan suunnitellun valmistusprosessin mukaisesti. Tässä vaiheessa toteutetaan tuotannonesijajo, jonka aikana työntekijöitä koulutetaan tuotteen valmistukseen ja tarkastellaan tuotteen valmistusprosessia mahdollisten puitteiden varalta, jotka ehditään vielä korjata ennen varsinaisen tuotannon käynnistämistä. (Ulrich ym. 2020, 15–16.)

Joskus osa tuotannonesijajossa valmistetuista tuotteista, lähetetään valituille asiakkaille testattavaksi. Asiakkaiden kertomusten avulla tuotteen toimivuudesta sekä mahdollisista ongelmista saadaan hyvä käsitys. Tuotteeseen voidaan lisäksi tehdä vielä viimeisiä muutoksia, ennen varsinaisen tuotannon aloittamista sekä tuotteen lanseeraamista markkinoille. (Ulrich ym. 2020, 16.)

Tuotannonesijajosta siirtyminen varsinaiseen tuotantoon tapahtuu yleensä vaiheittain, ja tuotteen julkaiseminen tapahtuu jossain kohdassa varsinaiseen tuotantoon siirtymisen aikana. Julkaisemisen jälkeen tuote on kaikille saatavilla, ja yleensä pian sen jälkeen pidetään tuotteen julkaisun jälkeinen projektikatsaus.

Katsauksessa käydään läpi projektin teknillistä ja kaupallista onnistumista sekä tarkastellaan, tuliko prosessissa vastaan ongelmakohtia, joita voidaan ottaa huomioon tulevaisuuden tuotekehitysprosessien parantamisessa. (Ulrich ym. 2020, 16.)

Projektin päättämisen jälkeen pidetään loppuarviointi, jonka tarkoituksena on arvioida projektin toteutusta ja lopputuloksia kokonaisvaltaisesti. Arviointi toteutetaan tyypillisesti avoimena keskusteluna, jossa käsitellään muun muassa projektisuunnitelman vahvuuksia ja heikkouksia, kehitysprosessin kulkua sekä saavutettuja teknisiä tuloksia. Loppuarvioinnin vetäjäksi voidaan nimetä joko ulkopuolinen asiantuntija tai yrityksen oma projektipäällikkö. Mikäli vetäjä valitaan yrityksen sisältä, tulee hänen olla henkilö, joka ei ole osallistunut arvioitavaan projektiin, jotta arviointi voidaan suorittaa mahdollisimman objektiivisesti ja riippumattomasti. (Ulrich ym. 2020, 420–421.)

Loppuarvioinnista tehdään raportti, joka voi olla osa virallista projektin päättämiprosessia. Raporttia voidaan käyttää apuna tulevissa projekteissa helpottaen uusia tiimin jäseniä hahmottamaan, mitä projekteilta odotetaan, ja minkälaisia ongelmia edellisissä projekteissa on tullut vastaan. Raportit jäävät yrityksen tietokantaan, ja ovat arvokkaita tietolähteitä yrityksen tuotekehityksen harjoittamisessa. (Ulrich ym. 2020, 420–421.)

3 Opinnäytetyön toteutus

3.1 Opinnäytetyön tehtävä

Opinnäytetyöni tehtävänä oli suunnitella nostomekanismi kehitteillä olevaan mittalaitteeseen sekä valmistaa fyysinen prototyyppi mekanismin testaamista varten. Tehtäväni toteutus keskittyi mittalaitteen tekniseen puoleen eli elektroniikka ja ulkomuotosuunnittelu rajattiin ulkopuolelle. Mittalaitteen suuruusluokaksi annettiin 40 x 20 cm ja tilavuudeksi 2 litraa.

Mittalaitteen nostomekanismin avulla mittausaltaan sisällä oleva ritilä tulee saada nousemaan ja laskemaan, joka on mittausprosessin kannalta pakollinen ominaisuus. Mittalaitteen tavoitteena on nopeuttaa sairaaloiden kunnossapidon käyttämää aikaa kirurgisten instrumenttien, kuten saksien tarkastamisessa mahdollisen ruosteen varalta. Tuotteen reunaehdot olivat mekanismin helppokäyttöisyys ja prototyypin valmistaminen koululta löytyvillä valmistusmenetelmillä ja materiaaleilla.

Opinnäytetyön keskeiset kysymykset, joita tarkastelen työssäni ovat seuraavat:

1. Mitä tuotekehitysprosessin suunnittelussa ja toteutuksessa tulee huomioida?
2. Minkälainen mittalaitteen toimivan nostomekanismin tulee olla?

3.2 Projektiympäristö

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Molekyyli­tieteen ja tekniikan laboratorio, Åbo Akademi. Tukena projektissa olivat mittalaitteen toimintatavan kehittänyt ryhmä, johon kuului kolme asiantuntijaa. Projektin edetessä pidimme tapaamisia sekä etänä että paikan päällä PET-keskuksen ja Åbo Akademin tiloissa. Tapaamisissa käytiin läpi tuotekehitysprojektin etenemistä, tehtiin päätöksiä tuotteen

ominaisuuksista, ja sovittiin, mitä tulee tehdä valmiiksi ennen seuraavaa tapaamiskertaa. Tapaamisten välissä työskentelin itsenäisesti suunnittelun ja prototyypin valmistamisen parissa. Suurin osa suunnittelutyöstä suoritettiin etänä, mutta prototyypin valmistus tapahtui Turun ammattikorkeakoulun tuotekehityksen laboratorioissa.

3.3 Mittalaitteen nostomekanismin vaatimukset

Mekanismin vaatimukset määriteltiin asiakastarpeen avulla. Toimeksiantaja oli kehittänyt mittalaitteen toimintatavan projektiryhmänsä kanssa, joten asiakastarve oli valmiiksi määritelty. Tarvelauseet muodostettiin aloituskokouksessa kerättyjen tietojen pohjalta, ja niiden avulla määriteltiin tuotteelle selkeät tavoitteet ja ominaisuudet.

Aloituskokouksessa esille tulleet toiveet olivat tuotteen koko, materiaali, huollettavuus ja helppokäyttöisyys. Osa esille tulleista toiveista kohdistui valmiin tuotteen ulkonäköön. Tuotteen ulkonäköä koskevia toiveita ei tässä opinnäytetyössä otettu huomioon, koska ne eivät tule vaikuttamaan kohdistetun prototyypin valmistukseen.

Toiveiden pohjalta tehdyt tarvelauseet:

- Tuotteen koko tulee olla samankaltainen, kuin mittalaitteen toiminnan testaamiseen tehdyn prototyypin.
- Mekanismissa käytettävät materiaalit eivät saa johtaa sähköä.
- Mekanismin kuluvat osat tulee olla helposti huollettavia tai vaihdettavia.
- Mekanismin täytyy olla helppokäyttöinen, jotta mittaaminen on nopeaa ja mittalaitteen käyttö onnistuu ilman erityistä koulutusta.

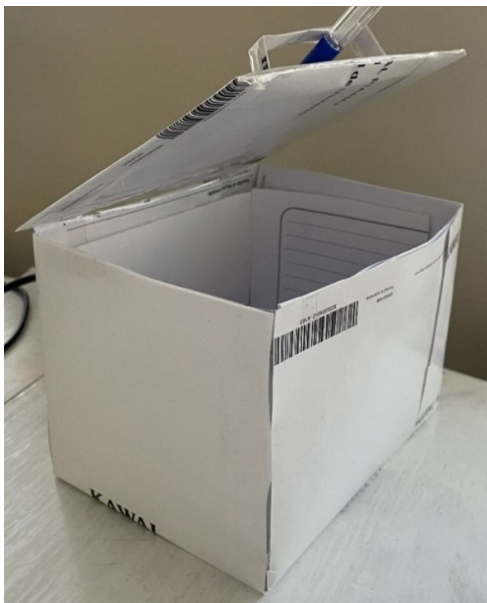
Tarvelauseiden perusteella nostomekanismille määriteltiin spesifikaatiot, jotka näkyvät taulukossa 2.

Taulukko 2. Nostomekanismin spesifikaatiot

Tarvelause	Spesifikaatio	Yksikkö	Arvo
Ritilämoduulin leveys ja pituus	Leveys / Pituus	mm	100/170
Materiaalit ei johda sähköä	Materiaalin sähkönjohtavuus	Kyllä/Ei	Ei
kuluvat osat helposti vaihdettavia	vaihtoon menevä aika	Sekuntia	<300
Helppokäyttöinen ja nopea mekanismi	Käyttämiseen menevä aika	Sekuntia	<60

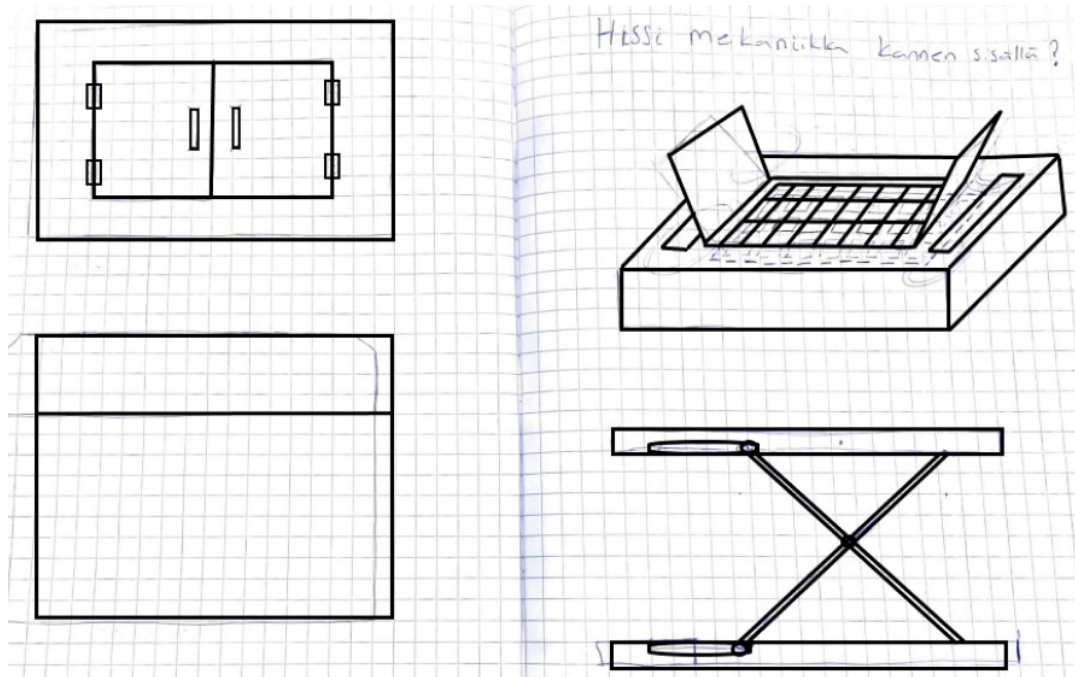
3.4 Nostomekanismin ideointi ja luonnostelu

Ideointivaihe aloitettiin tekemällä kartongista alkeismalli mittausaltaasta ja kannesta mittasuhteiden hahmottamiseksi sekä mekanismin ideoinnin tueksi (kuva 3).



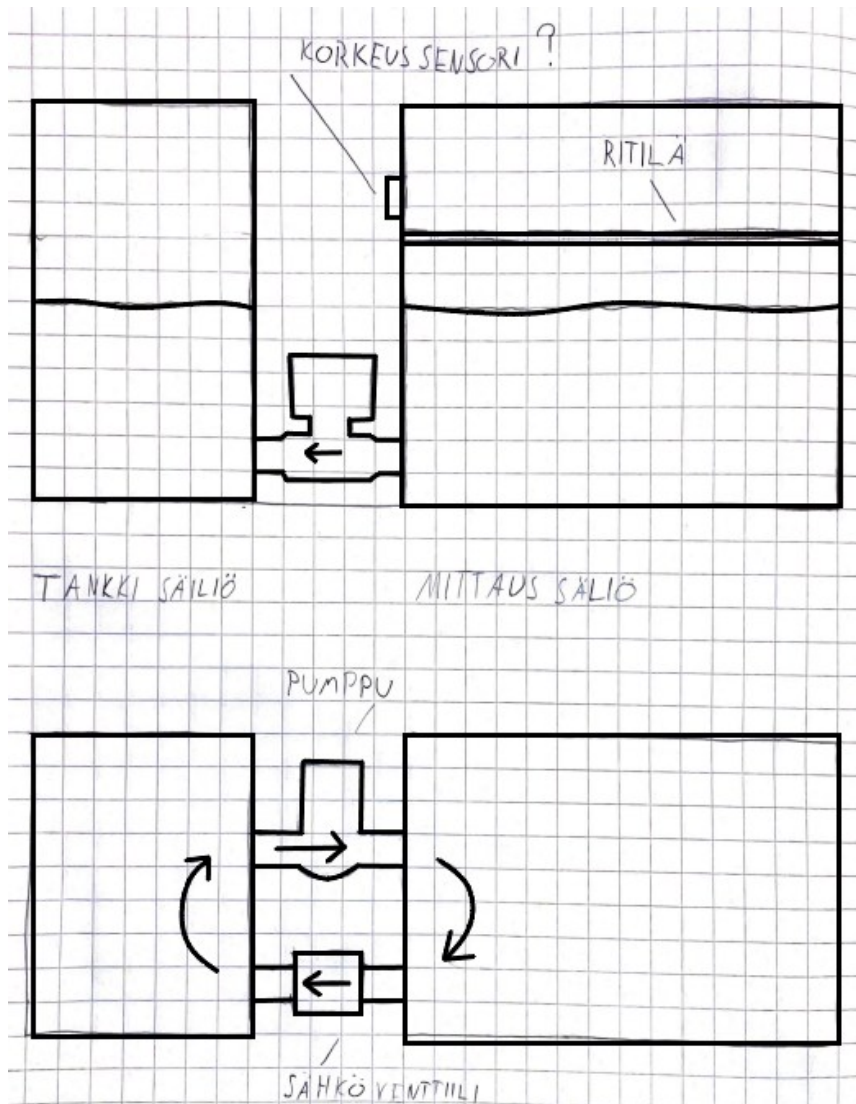
Kuva 3. Alkeismalli

Alkeismallia apuna käyttäen ideoitin erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja mekanismeille. Potentiaalisista vaihtoehdoista tehtiin luonnoksia paperille. Luonnoksia täydennettiin piirtämällä ääriiviivat uudestaan Paint 3D -ohjelman avulla. Luonnokset näkyvät kuvissa 4–6.



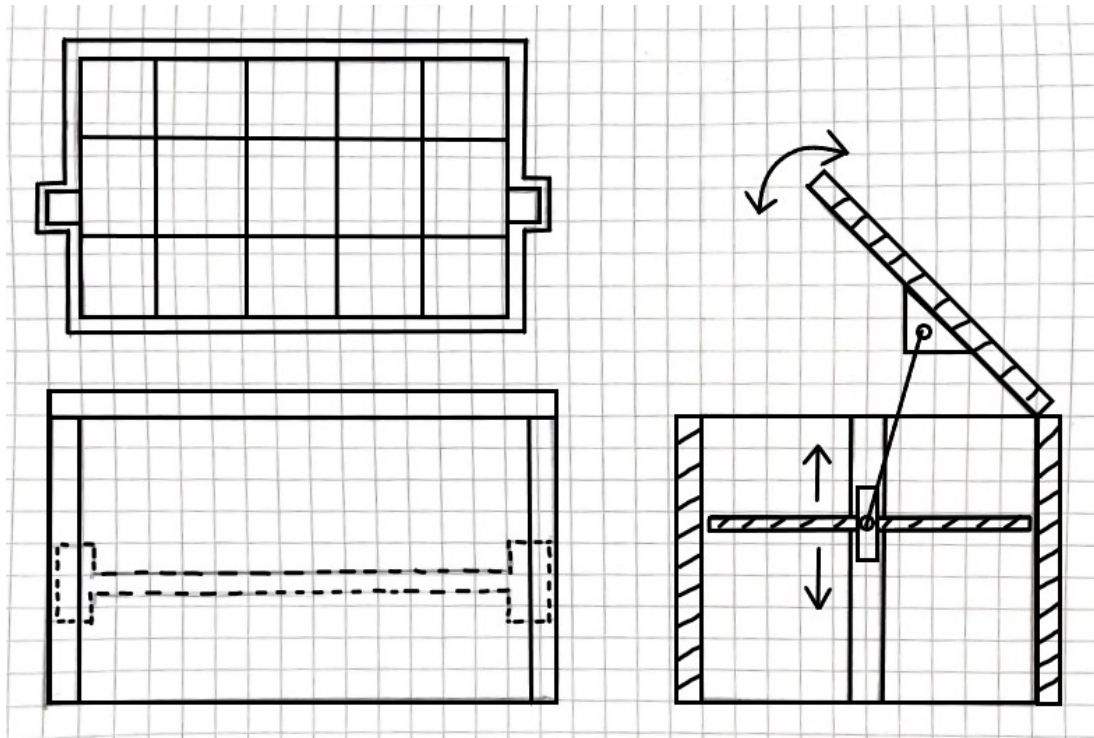
Kuva 4. Nostomekanismi kannen sisällä

Ensimmäinen vaihtoehto oli suunnitella nostomekanismi laitteen yläosaan kannen sisälle. Tällaisella ratkaisulla mekanismin osat altistuisivat nesteelle ainoastaan mittauksen aikana, jolloin ritilää lasketaan nesteen pinnan alapuolelle. Tämä vähentää korroosion ja mekaanisen kulumisen riskiä. Nostomekanismi toimii sähköllä, ja ritilän liikuttaminen ylös ja alas tapahtuu painikkeen avulla. Tämä mahdollistaa tarkan ja hallitun liikkeen sekä käyttäjäystävällisen toiminnan. Sähköinen ohjausjärjestelmä voitaisiin integroida osaksi laajempaa automaatiojärjestelmää, mikä parantaisi mittausprosessin toistettavuutta ja luotettavuutta.



Kuva 5. Nesteen nostaminen ritilän sijaan

Toinen vaihtoehto oli säätää nesteen pinnan korkeutta ritilän liikuttamisen sijaan. Tässä ratkaisussa nesteen pinnan tasoa ohjataan pumpun ja sähköventtiilin avulla. Tarkemman ja joustavamman ohjauksen saavuttamiseksi voidaan käyttää peristalttista pumppua, joka mahdollistaa nesteen pumppaamisen molempiin suuntiin. Tämä poistaa erillisen sähköventtiilin tarpeen ja yksinkertaistaa järjestelmää sekä vähentää huollettavien osien määrää.



Kuva 6. Kanteen integroitu nostomekanismi

Kolmas vaihtoehto oli suunnitella kanteen integroitu nostomekanismi, jossa ritilä liikkuu mittausaltaassa pystysuuntaisia kiskoja pitkin ylös ja alas. Idea perustuu suoraviivaiseen liikerataan, jossa kansi ja ritilä ovat kiinnitettyinä toisiinsa kahdella vipuvarrella. Kyseinen rakenne on yksinkertainen ja luotettava, sillä se ei vaadi sähköisiä tai hydraulisia komponentteja.

3.5 Vaihtoehtojen evaluointi

Kolmen eri vaihtoehdon evaluointi suoritettiin yhdessä toimeksiantajan kanssa. Nostomekanismin sijoittaminen kannen sisään todettiin liian monimutkaiseksi suhteessa saavutettaviin hyötyihin, jonka takia tämä vaihtoehto päätettiin hylätä. Vaihtoehto peristalttisen pumpun käytöstä nesteiden pinnan nostamiseen eliminoitiin myös, sillä pumpun käyttö ei olisi ollut ajallisesti tehokasta mittausprosessin kannalta. Vaikka peristalttinen pumppu ei soveltunut nostomekanismin toteutukseen, toimeksiantaja piti ideaa lupaavana mittalaitteen jatkokehityksessä. Pumppumekanismia voitaisiin hyödyntää mittalaitteen

nesteen kierrättämisessä, ja suodatinpatruunan integroiminen pumppumeکانismissiin mahdollistaisi nesteen puhdistuksen kierron aikana.

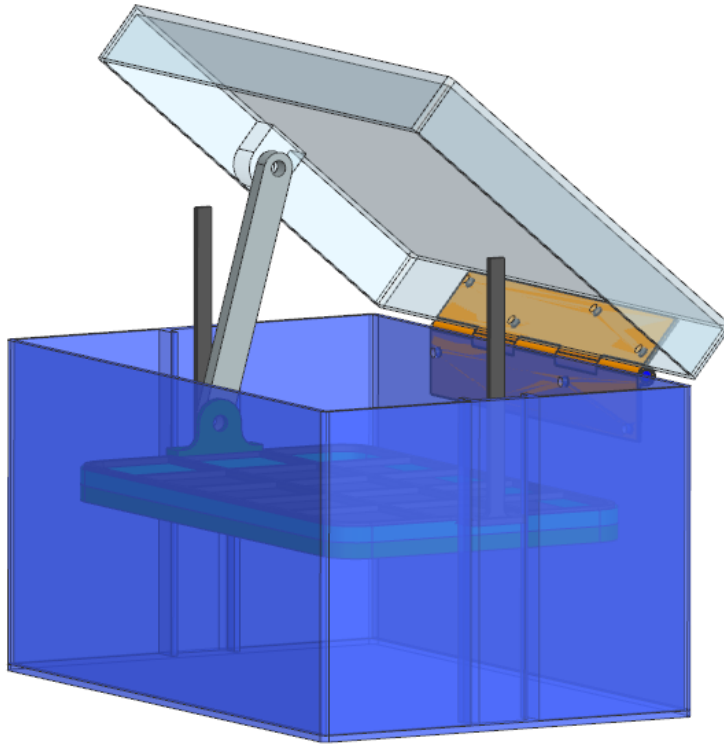
Lopullisena valintana jatkokehitykseen otettiin kanteen integroitu nostomeکانismissi. Tämä vaihtoehto osoittautui ylivoimaisesti parhaaksi yksinkertaisen rakenteen ja huoltamisen helppouden ansiosta. Lisäksi meکانin toteutus ei edellytä sähköisten tai hydraulisten komponenttien käyttöä, mikä vähentää tuotantokustannuksia ja parantaa laitteen luotettavuutta.

3.6 Nostomeکانismin modulointi

Jatkokehitykseen valitun vaihtoehdon arkkitehtuuri määriteltiin jakamalla tuote toiminnallisiin ryhmiin ja tuote moduloitiin seuraavasti: mittausaltaasta ja kannesta muodostettiin yksi moduuli ja ritilään kuuluvista osista toinen moduuli. Mittausaltaasta ja kannesta tehtiin oma moduulinsa, koska ne kiinnittyvät toisiinsa saranalla, ja toimivat yhdessä kokonaisuutena. Ritilämoduuli muodostettiin, koska se tulee olemaan oma toimiva kokonaisuus, ja lisäksi ritilämoduulia voidaan jälleenmyydä erillisenä varaosana. Nostomeکانismin loput osat suunniteltiin erillisinä, mikä yksinkertaisti ja tehosti suunnittelua.

3.7 Nostomeکانismin 3D-mallintaminen

Nostomeکانismin 3D-mallintaminen suoritettiin Siemens NX -suunnitteluohjelmalla. Aluksi meکانismin toiminnasta mallinnettiin pelkistetty versio (kuva 7). Tämä helpottaa meکانismin hahmottamista varsinaisen mallin ideoinnissa.



Kuva 7. Pelkistetty 3D-malli

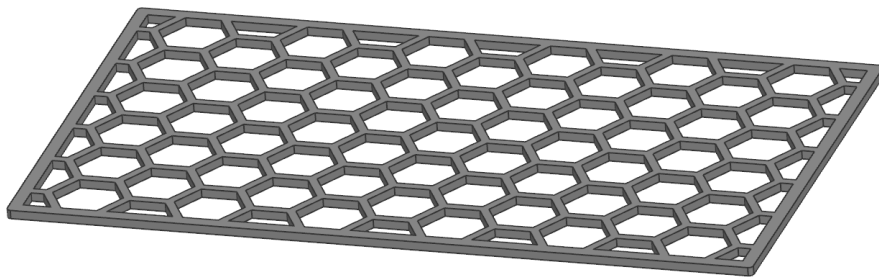
Pelkistetyn mallin avulla pystyttiin jatkojalostamaan mekanismin toimintaa paremmin kokonaisuutena. Nostomekanismin liikettä tarkasteltiin suunnitteluohjelmassa tehtyjen geometristen rajoitusten avulla. Tällöin saatiin selville, ongelmakohtia ja osien suunnittelun kannalta hyödyllisiä näkökulmia, kuten vipuvarsien kiinnittäminen ja sijoittaminen sekä liukupalojen muoto, pituus, ja sijoittaminen niin, etteivät ne rajoita mekanismin liikettä. Pelkistetty malli antoi hyvän pohjan nostomekanismin varsinaiseen suunnitteluun.

3.7.1 Ritiämoduulin mallintaminen

Nostomekanismin suunnittelu aloitettiin ritiämoduulin mallintamisella, koska ritiämoduulin mitat kuuluivat aikaisemmin määriteltyihin reunaehtoihin. Aikaisemmassa mittalaitteen toiminnan testaamiseen tehdyssä prototyypissä ritiämoduuli koostui ritiästä, umpilevystä ja kahdesta muovikehyksestä. Koska nostomekanismi nostaa ritiämoduulia nesteestä ylös ja alas, huomattiin, että umpilevyn nostaminen nesteen sisällä tekisi mekanismista liian raskaan ja

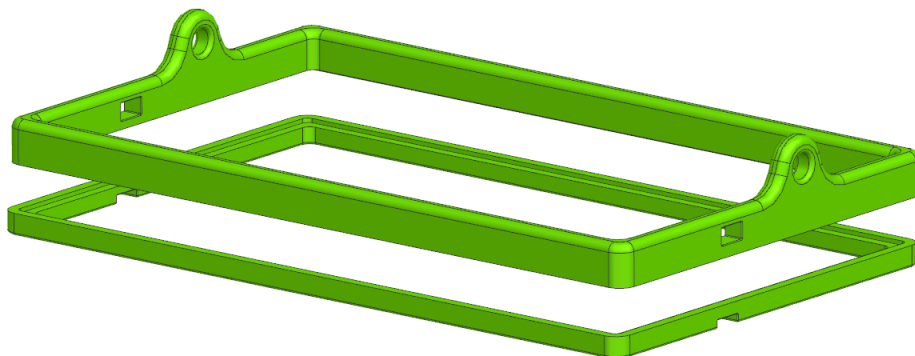
vaikuttaisi mekanismin kestävyYTEEN. Tämä otettiin huomioon ritilämoduulin suunnittelussa ja umpilevy päätettiin erottaa ritilämoduulista. Umpilevy voitiin uudelleen sijoittaa mittausaltaan pohjaan, sillä mittauksen kannalta sen ei tarvitse nousta ritilän mukana.

Ritilämoduulin mallintaminen aloitettiin ritilästä, koska loput moduulin osat rakentuvat sen ympärille. Ensimmäinen versio ritilästä sisälsi neliön muotoisia reikiä, mutta myöhemmin ritilässä päädyttiin käyttämään kennomaista rakennetta vahvuutensa ja suuren aukotuksen ansiosta. Ritilän valmis 3D-malli näkyy kuvassa 8.



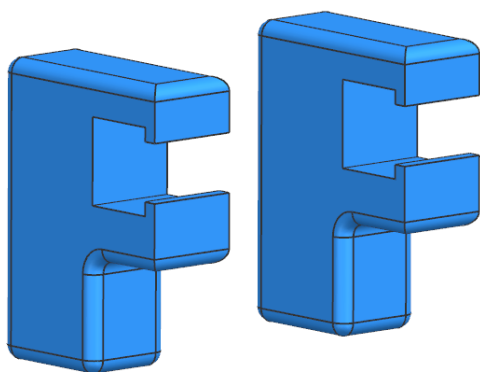
Kuva 8. Ritilän 3D-malli

Seuraavaksi mallinnettiin kehykset, joiden väliin ritilä kiinnittyy. Kehyksiä suunnitellessa tarkasteltiin, mihin kohtaan ja miten liukupalat kannatta sijoittaa. Lisäksi vipuvarren kiinnityskorvake sijoitettiin ylempään kehykseen niin ettei liukupalat rajoita vipuvarrien liikerataa mekanismia käytettäessä. Kehysten valmis 3D-malli näkyy kuvassa 9.



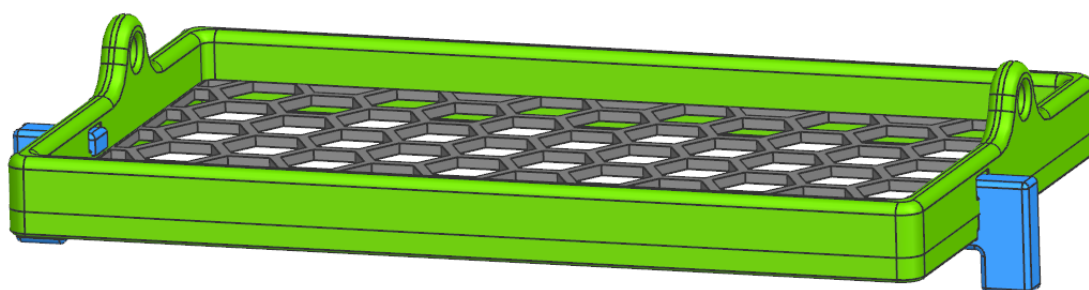
Kuva 9. Kehysten 3D-mallit

Ritilän kehysten kiinnitys päätettiin toteuttaa liukupalojen avulla, joka tekee moduulin kokoonpanosta yksinkertaisemman sekä varaosien vaihtamisesta helppoa ja nopeaa. Liukupalat mallinnettiin mittausaltaan liuku-urien alustavien mittojen ja ritilämoduulin kehysten kiinnikepaikkojen mukaan. Koska tiedettiin, että prototyyppiä tehdessä liukupaloista tullaan testaamaan useita eri kokoja ja malleja parhaiden toimintojen löytämiseksi, ei liukupalojen mallintamiseen keskitytty sen enempää tässä vaiheessa. Liukupalojen ensimmäinen 3D-malli näkyy kuvassa 10.



Kuva 10. Liukupalojen 3D-mallit

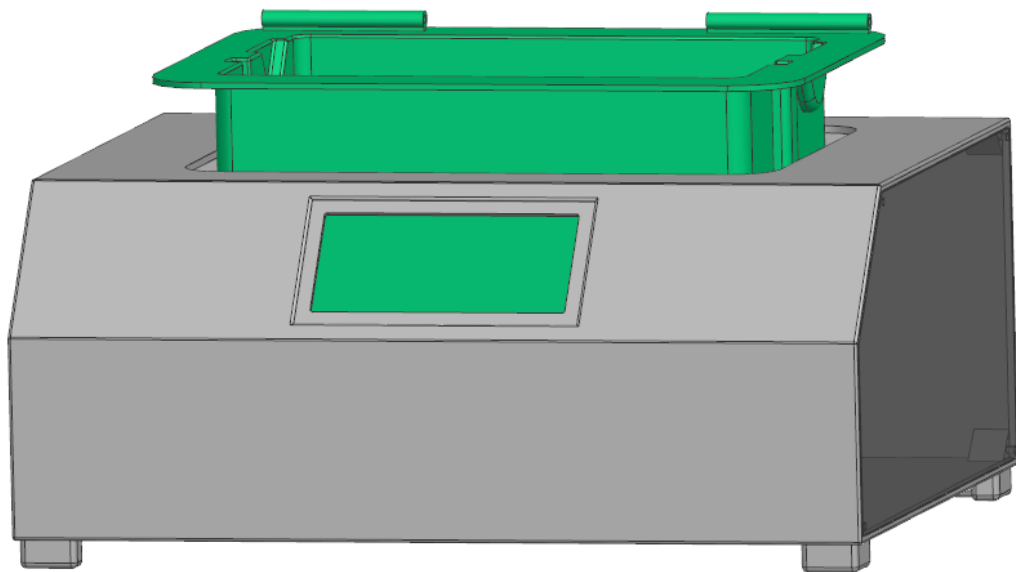
Kun ritilämoduulin osat oli suunniteltu, niistä tehtiin kokoonpano, jonka pohjalta voitiin aloittaa mittausaltaan suunnittelu. Ritilämoduulin kokoonpano näkyy kuvassa 11.



Kuva 11. Ritilämoduulin kokoonpanon 3D-malli

3.7.2 Mittausaltaan ja kannen mallintaminen

Mittausaltaan liuku-urat kuluvat, kun mittalaitetta käytetään. Tämän takia mittausaltaasta oli tärkeää suunnitella vaihdettava varaosa. Suunnittelu aloitettiin tarkastelemalla tuotteen kokonaisuutta tarkemmin ja päätettiin, että valmiissa tuotteessa olisit erillinen runko-osa, johon mittausaltaan ja mittalaitteen komponentit saa helposti asennettua. Erillinen runko mahdollistaa sen, ettei mittausaltaan tarvitse toimia laitteen runkona, vaan siitä voidaan tehdä irrotettava ja vaihdettava varaosa. Tässä opinnäytetyössä ei kuitenkaan keskitytty rungon suunnitteluun, vaan siitä tehtiin karkea malli, jonka avulla mittausaltaan suunnittelu voitiin toteuttaa tehokkaammin. Kuvassa 12 näkyy karkea malli rungosta ja miten mittausallas voidaan asentaa mittalaitteen runkoon.



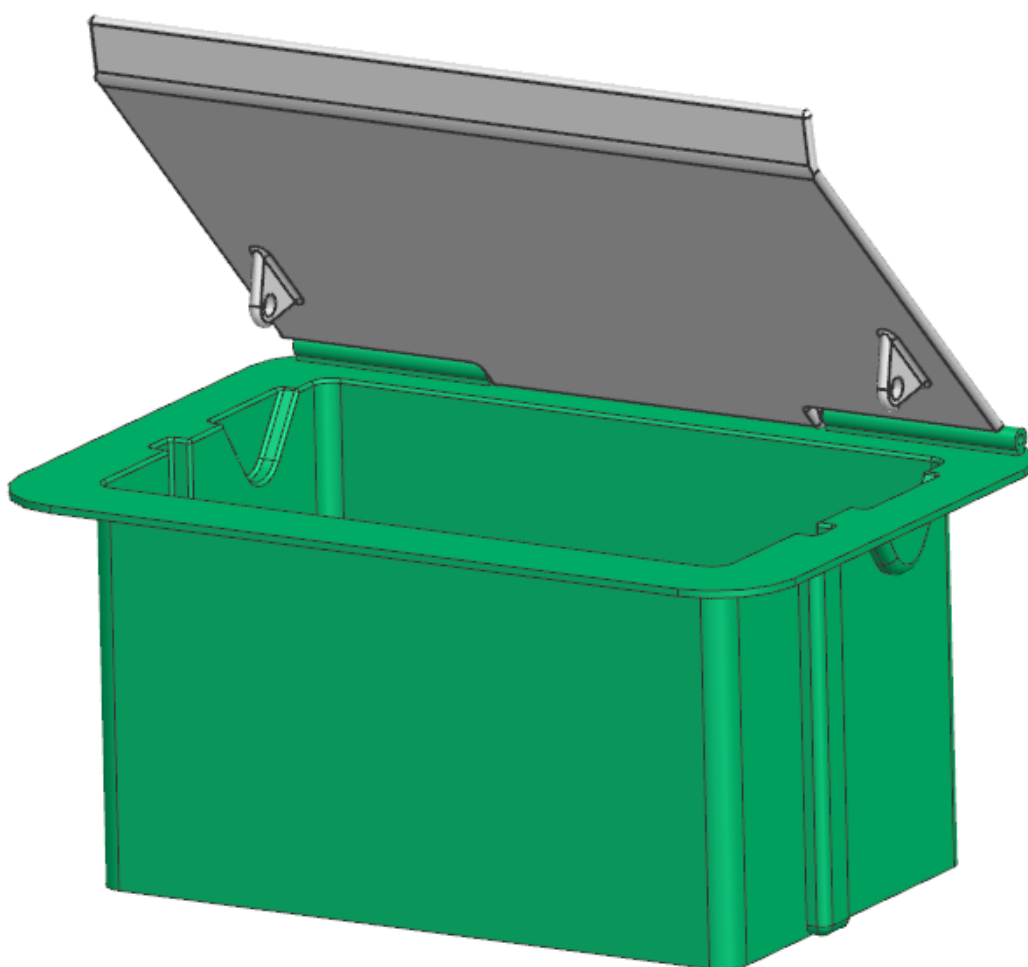
Kuva 12. Mittausaltaan ja mittalaitteen rungon 3D-malli

Rungon oikealla puolella on avattava huoltoluukku, josta mittalaitteen sähköiset komponentit voidaan asentaa. Lisäksi rungon etuosassa on paikka digitaaliselle käyttöliittymälle, jonka avulla voidaan toteuttaa mittaus ja tarkastella sen tuloksia.

Mittausallas voidaan asentaa rungon yläosassa olevaan aukkoon. Mittausaltaan yläosassa oleva laippa mahdollistaa kiinnittämisen tasaisesti mittalaitteen runkoon. Varsinaista kiinnitysmekanismia rungon ja mittausaltaan välille ei

suunniteltu tarkemmin, sillä opinnäytetyö keskittyi nostomekanismin suunnitteluun, mutta kiinnityksen voisi toteuttaa esimerkiksi ruuveilla.

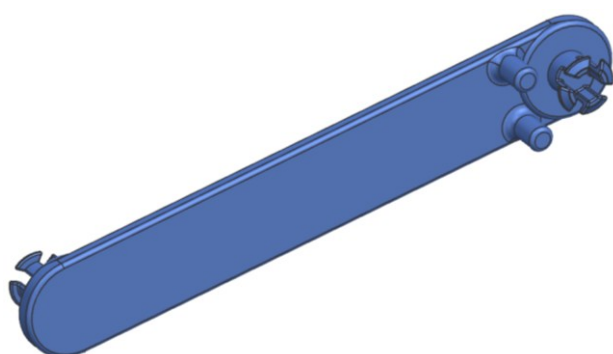
Mittausallas mallinettiin ritilämoduulin ympärille. Mittausaltaan päätyihin mallinettiin liuku-urat, käyttäen liukupalojen suunnittelussa määriteltyjä mitoituksia. Kanteen mallinettiin vipuvarsien kiinnityskorvakkeet ja kannen sekä mittausaltaan saranapiirteet. Mittausaltaaseen mallinettiin väistöt kannessa oleville vipuvarsien kiinnityskohdille, jotta kansi ei törmää liikkeen aikana mittausaltaaseen. Mittausaltaan ja kannen valmis 3D-malli näkyy kuvassa 13.



Kuva 13. Mittausaltaan ja kannen 3D-malli

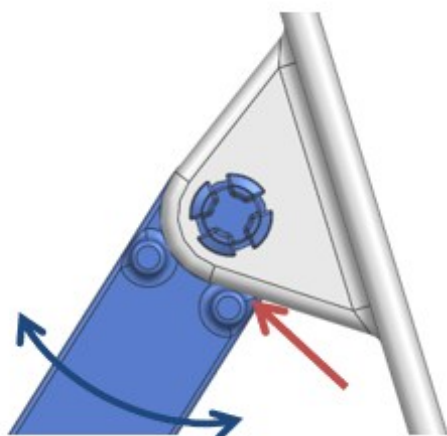
3.7.3 Vipuvarsien mallintaminen

Vipuvarsi mallinnettiin sopimaan ritilämoduulin ja kannen geometriaan. Mitoituksessa käytettiin apuna sekä geometrista että 3D-mallia. Vipubarren kiinnitystapa suunniteltiin mahdollisimman yksinkertaiseksi. Kiinnitys tapahtuu Snap-fit-kiinnityksellä, jonka ansiosta vipubarren kiinnitykseen ei tarvita erillisiä kiinnikkeitä eikä työkaluja. Vipubarresta suunniteltiin symmetrinen, jotta samaa osaa voidaan käyttää nostomekanismin kummallakin puolella. Vipubarren valmis 3D-malli näkyy kuvassa 14.



Kuva 14. Vipubarren 3D-malli

Vipubarren lisätiin piirre, joka rajoittaa ylemmässä nivelpisteessä vipubarren kääntymiskulmaa, jonka avulla voidaan pienentää liukupalaan kohdistuvaa sivusuuntaista voimaa. Kuvassa 15 näkyy, miten vipubarren kääntymiskulmaa rajoitetaan lieriömäisellä piirteellä, joka tukeutuu korvakkeeseen.

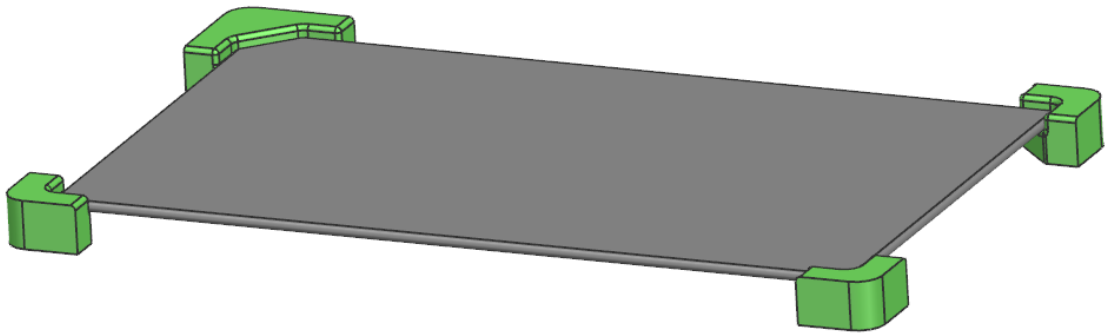


Kuva 15. Vipubarren kääntymiskulman rajoittaminen

3.7.4 Umpilevyn ja sen kiinnikkeiden mallintaminen

Umpilevy on mittausprosessin kannalta pakollinen osa, joka päätettiin sijoittaa kiinteästi mittausaltaan pohjaan sen liikuttamisesta koituvien ongelmien takia. Umpilevy kiinnitetään mittausaltaan pohjaan, sille suunnitelluilla kiinnikkeillä.

Umpilevy suunniteltiin käyttäen ritilän mittoja ja yhdestä kulmasta tehtiin erilainen, jotta vältetään virheelliseltä asennukselta. Kiinnikkeet suunniteltiin mittausaltaan pohjan ja umpilevyn mukaan. Kiinnikkeiden korkeus määräytyy ritilän al-asennon mukaan niin, että umpilevyn ja ritilän väliin jää sopiva etäisyys. Umpilevyn ja sen kiinnikkeiden valmis 3D-malli näkyy kuvassa 16.

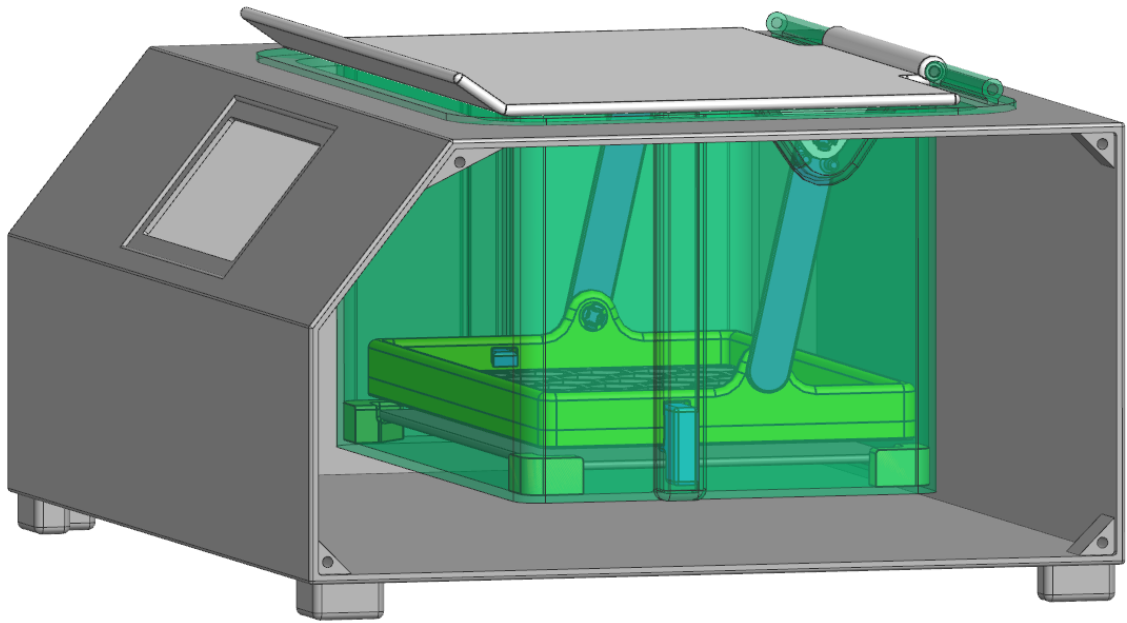


Kuva 16. Umpilevyn ja sen kiinnikkeiden 3D-malli

Lopulliseen tuotteeseen umpilevyn kiinnikkeet voidaan integroida mittausaltaan pohjaan, mikäli se ei tule vaikuttamaan valmistettavuuteen. Umpilevylle ei tarvita kiinnikkeiden lisäksi muuta lukitusta, sillä se valmistetaan teräksestä, ja tulee pysymään mittausaltaan pohjassa omalla painollaan.

3.8 Nostomekanismin 3D-malli

Nostomekanismin valmiin 3D-mallin (kuva 17) avulla pystyttiin tarkastelemaan mekanismin toimintaa ennen prototyypin valmistamisen aloittamista. Mekanismi toimi valmiissa kokoonpanossa halutulla tavalla, joten projektissa päätettiin siirtyä prototyypin valmistusvaiheeseen.

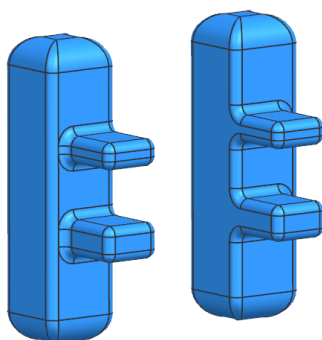


Kuva 17. Nostomekanismin kokoonpanon 3D-malli

4 Prototyypin valmistaminen

Proto-osat valmistettiin 3D-tulostamalla, lukuun ottamatta saranan akselia, joka tehtiin metallista. Tulostimina käytettiin Turun ammattikorkeakoulun tuotekehityksen laboratorion MakerBot Replicator+ -tulostimia. Materiaalina käytettiin PLA-muovia, koska sitä oli hyvin saatavilla, se on kustannukseltaan edullinen, sähköä johtamaton ja riittävän kestävä prototyypin testaamiseen. Lopputuotteen valmistusmenetelmät vaikuttavat lopulliseen materiaalivalintaan, joten materiaaleja ei vertailtu tässä vaiheessa. Kaikkia osia ei voitu suoraan tulostaa 3D-mallien pohjalta, vaan osien geometriaa muokattiin 3D-tulostimelle sopivaksi ja esimerkiksi vipuvarsien Snap-fit-piirteet korvattiin erilaisella osalla.

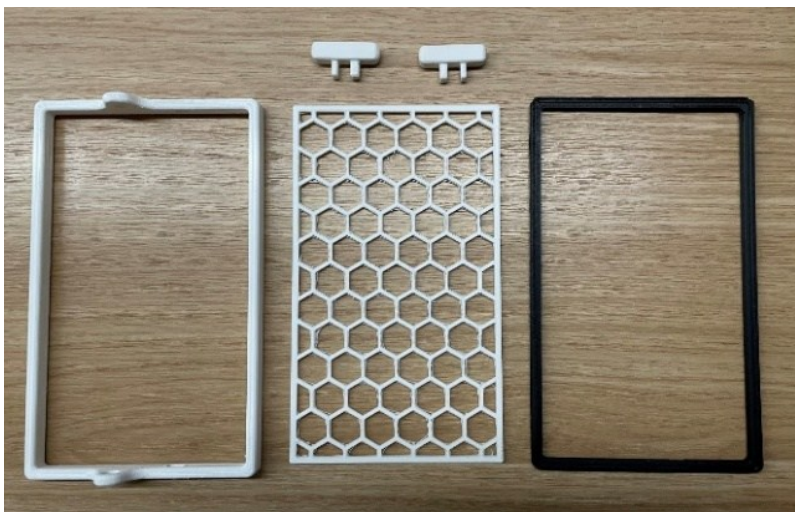
Prototyypin testausvaiheessa havaittiin, että liukupalojen mittoja tuli kasvattaa sekä pituuden että leveyden osalta, jotta ne vastaisivat toiminnallisia vaatimuksia. Koska kaikki prototyypin osat oli tässä vaiheessa jo valmistettu 3D-tulostamalla, ei ritilämoduulin kehysten kiinnityskohtien suurentamiseen ryhdytty. Tähän ratkaisuun päädyttiin, jotta vältettäisiin ylimääräistä työtä ja materiaalihukkaa. Sen sijaan kaikki tarvittavat muutokset tehtiin ainoastaan liukupaloihin. Liukupalojen paranneltu ja lopullinen 3D-malli näkyy kuvassa 18.



Kuva 18. Liukupalojen lopullinen 3D-malli

Muutosten seurauksena liukupaloista tuli epäsymmetrisiä, joka ei kuitenkaan vaikuta prototyypin toimintaan. Lopullista tuotetta varten liukupaloista suunnitellaan kuitenkin symmetriset, koska symmetrinen rakenne yksinkertaistaa valmistusprosessia, vähentää valmistuskustannuksia ja estää osan virheellisen asennuksen moduuliin.

Nostomekanismin 3D-tulostetut proto-osat näkyvät kuvissa 19–23.



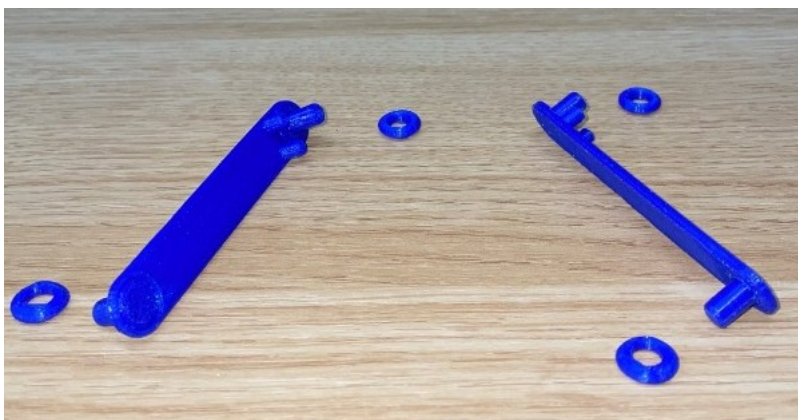
Kuva 19. Ritilämoduulin osat



Kuva 20. Mittausaltaan osat



Kuva 21. Mittausaltaan kansi



Kuva 22. Vipuvarret ja lukitusosat



Kuva 23. Umpilevy ja sen kiinnikkeet

Prototyypin kokoonpanon yhteydessä tarkastettiin mekanismin toiminta, ja se todettiin toimivaksi (kuva 24). Tämän jälkeen suoritettiin lisätestejä täyttämällä mittausallas nesteellä ja simuloimalla ritilän todellista painoa laittamalla ritilän päälle lisäpaino. Mekanismi toimi odotetusti, eikä nesteen lisäämisestä aiheutuva virtausvastus vaikuttanut sen toimivuuteen merkittävästi.



Kuva 24. Nostomekanismin valmis prototyyppi

5 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyössäni suunnittelin nostomekanismin kehitteillä olevaan mittalaitteeseen ja valmistin fyysisen prototyypin, jonka avulla mekanismin toimivuus voitiin varmistaa. Tehtäväni toteutus keskittyi mittalaitteen tekniseen puoleen; elektroniikkaan ja ulkomuotoiluun liittyvät tehtävät eivät kuuluneet työn piiriin. Teoriaosuudessa perehdyin tuotekehitysprosessin teoriaan ja sen etenemiseen Ulrichin, Eppingerin ja Yangin yleisen tuotekehitysprosessimallin mukaan, jota sovelsin opinnäytetyöni käytännön toteutuksessa. Opinnäytetyössä saavutettiin toimeksiantajan asettamat tavoitteet. Työn tuloksena syntyi toimiva prototyyppi nostomekanismista.

Opinnäytetyössäni pääsin toteuttamaan toimeksiannon tuotekehitysprojektin mukaisesti yhteistyössä projektiryhmän kanssa. Työni eteni tuotekehitysprosessin mukaisesti ja suunnittelu- ja ideointipalavereilla pystyttiin seuraamaan työni edistymistä. Palavereissa käytiin läpi projektin etenemistä ja päätökset tehtiin yhdessä. Toteutuksesta ja aikataulusta vastasin itsenäisesti.

Nostomekanismin geometrisen laskentamallin, 3D-mallinnuksen ja proto-osien valmistaminen sujuivat suunnitellulla tavalla. Geometrista laskentamallia käytettiin kannen, ritilämoduulin ja vipuvarsien liikeratojen sekä mittojen määrittämisessä. 3D-mallinnuksessa hyödynnettiin kokoonpanoa, jolloin osat saatiin sovitettua keskenään toimivaksi kokonaisuudeksi. Tuotekehityslaboratorion 3D-tulostimilla saatiin aikaan toimivat proto-osat.

Työn tekeminen sujui kokonaisuudessaan hyvin ja aikataulun mukaisesti. Toimeksiantaja oli tyytyväinen työn lopputulokseen. Tämä työ oli projektiryhmälle antoisa mahdollistaen tuotteen jatkokehityksen. Useita jatkokehityksiä nousi esille tuotekehitysprojektin aikana. Esille nousseita ideoita ovat esimerkiksi kannen lukitus yläasennossa, mittausaltaan kiinnittäminen runkoon ja nesteiden kierron suunnitteleminen.

Lähteet

Ebnesajjad, S. 2013. Handbook of biopolymers and biodegradable plastics: Properties, processing and applications. 1. painos. Amsterdam: Elsevier/William Andrew. Viitattu 7.5.2025.

https://turkuamk.finna.fi/Record/turkuamk_electronic.995570942005970?sid=5015951363. Vaatii käyttäjätunnuksen.

Hietikko, E. 2021. Tuotekehitystoiminta. 4. painos. Helsinki: Books on Demand.

Jokinen, T. 2001. Tuotekehitys. 6. painos. Helsinki: Otatieto.

Mastro, P.F. 2016. Plastics product design. 1. painos. Beverly: Scrivener Publishing. Viitattu 7.5.2025.

https://turkuamk.finna.fi/Record/turkuamk_electronic.995577026905970?sid=5015927750. Vaatii käyttäjätunnuksen.

Tyks 2025. PET-keskus. Viitattu 28.4.2025 osoitteesta

<https://www.tyks.fi/tietoa-tyksista/tyksin-organisaatio/huippuosaamisyksikot/pet-keskus>.

Ulrich, K.T.; Eppinger S.D. & Yang, M.C. 2020. Product design and development. 7. painos. New York: McGraw-Hill Education.