



Tasapainoharjoittelulaitteen tuotekehitys

Heikki Pietiläinen

Opinnäytetyö, AMK

Huhtikuu 2023

Insinööri (AMK), konetekniikka

Pietiläinen, Heikki

Tasapainoharjoittelulaitteen tuotekehitys

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Huhtikuu 2023, 100 sivua.

Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

Tiivistelmä

Opinnäytetyö pohjautui toimeksiantajan tuoteideaan uudenlaisesta tasapainoharjoittelulaitteesta. Markkinoilla on huomattava määrä erilaisia tasapainoharjoitteluun tarkoitettuja laitteita. Laitteita on tarjolla yksinkertaisista ja kompakteista tyynyistä sekä laudoista aina hyvinkin suurin ja säädettäviin laitteisiin. Toimeksiantajan tuoteideassa yhdistyi laitteen kompaktikoko ja säädettävyys, joka tarjoaa mahdollisuuden monipuolisiin harjoitteisiin.

Opinnäytetyön tavoitteena oli muodostaa kolme vaihtoehtoista konseptia laitteen toteuttamiseksi. Työ toteutettiin kehittämistutkimuksena. Laadullinen tutkimus oli merkittävässä osassa tuotekehitystyön alkua, jossa teemahaastatteluun haettiin poikkitieteellistä ja käyttäjäkeskeistä näkökulmaa laitteen vaatimuksien määrittämiseen. Tuotekehitystyön kannalta merkittävimäksi muodostui konseptisuunnitteluvaihe, jossa edettiin systemaattisesti vaiheittain teoriaan tukeutuen. Kehitystyöhön sisältyi neljä päävaihetta, jotka olivat vaatimuksien määrittäminen, ideoiden generointi, ratkaisuluonnoksien muodostaminen ja lopullisten konseptien kehittäminen. Jokaisen vaiheen jälkeen siinä tuotettuja tietoja tarkasteltiin ja analysoitiin, jonka perusteella pystyttiin tekemään seuraavaan vaiheeseen siirtymiseen vaadittavia päätöksiä objektiivisesti.

Opinnäytetyössä saavutettiin asetettu tavoite. Lopputuloksena muodostui kolme vaihtoehtoista konseptia toimeksiantajan tuoteidean toteuttamiseksi. Lisäksi lopputuloksena muodostuneita konsepteja arvioitiin kriittisesti työn alussa määriteltäviin vaatimuksiin perustuen. Teemahaastatteluun osallistuneilta informanteilta myös pyydettiin arvioinnit ja vapaa palaute kustakin konseptista. Opinnäytetyössä tuotettiin merkittävä määrä uutta tietoa toimeksiantajan tuoteideaan liittyen, jota on myös mahdollista hyödyntää tuotteistamisprojektin seuraavissa vaiheissa.

Avainsanat (asiasanat)

Tuotekehitys, konseptisuunnittelu

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Liitteet 1–16 ovat salassa pidettäviä, ja ne on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon peruste on Julkisuuslain 621/1999 24§, kohta 21, teknologista taikka muuta kehittämistyötä ja niiden arviointia koskevat tiedot. Salassapitoaika viisi (5) vuotta, salassapito päättyy 08.05.2028.

Pietiläinen, Heikki

Product development of a balance training device

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, April 2023, 100 pages.

Degree Programme in Mechanical Engineering. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

The thesis was based on the client's product idea for a new type of balance training device. There is a considerable amount of different equipment for balance training on the market. Equipment is available from simple and compact pillows and boards to very large and adjustable equipment. The client's product idea combined the device's compact size and adjustability, which offers the possibility for versatile exercises.

The aim of the thesis was to develop three alternative concepts for implementing the device. The work was carried out as development research. Qualitative research was a significant part of the beginning of the product development work, where focused interviews sought an interdisciplinary and user-centered perspective to determine the requirements of the device. From the point of view of product development, the most significant was the concept design phase, where we proceeded systematically step by step, relying on theory. The development work included four main phases, which were the determination of requirements, the generation of ideas, the formation of solution sketches and the development of final concepts. After each step, the information produced in it was reviewed and analyzed, on the basis of which it was possible to make the decisions required to move to the next step objectively.

The set goal was achieved in the thesis. The end result was three alternative concepts to realize the client's product idea. In addition, the resulting concepts were critically evaluated based on the requirements defined at the beginning of the work. The informants who participated in the focused interview were also asked for evaluations and free feedback on each concept. The thesis produced a significant amount of new information related to the client's product idea, which can also be used in the next stages of the productization project.

Keywords/tags (subjects)

Product development, concept design

Miscellaneous (Confidential information)

Appendices 1–16 are confidential and removed from the public thesis. The basis for secrecy is section 24(21) of the Act on the Openness of Government activities (621/1999), information on technological or other development work and their evaluation. The period of secrecy is five (5) years, the secrecy will end on 08.05.2028

Sisältö

1	Johdanto	4
1.1	Työn tausta.....	4
1.2	Työn tavoitteet ja rajaus	6
1.3	Työn merkittävyys	7
2	Tutkimusasetelma	8
2.1	Tutkimusstrategia.....	8
2.2	Tutkimusongelma ja -kysymykset	8
2.3	Tutkimusmenetelmä	9
2.3.1	Teemahaastattelu	10
2.4	Kehittämistutkimuksen eettisyys	11
3	Tuotekehitystoiminta	11
3.1	Geneerinen tuotekehitysprosessi	12
3.2	State-Gate malli.....	15
3.3	Saumaton, käyttäjäkeskeinen tuotekehitys.....	19
3.4	Konseptisuunnittelu	24
4	Tasapainoharjoittelulaitteen vaatimustenmukaisuus	27
5	Kehitystyön lähtökohdat.....	28
6	Vaatimusten määrittäminen.....	29
7	Ratkaisujen tuottaminen	31
7.1	Ideoiden generointi.....	32
7.2	Ensimmäinen suodatus ideoille	33
7.3	Ratkaisuluonnokset	34
7.4	Ratkaisuluonnoksien arviointi	40
8	Konseptien kehitys	43
8.1	Mahdolliset materiaalit	43
8.2	Lujuustarkastelun lähtökohdat	47
8.3	Konsepti 1.....	50
8.4	Konsepti 2.....	51
8.5	Konsepti 3.....	52
8.6	Valmistuskustannuksien vertailu	53
8.7	Konseptien arviointi	54

9 Työn tulokset.....	58
10 Pohdinta.....	58
10.1 Tavoitteet ja toteutus.....	58
10.2 Tulosten luotettavuus	59
10.3 Työn eettisyys.....	60
10.4 Jatkotoimet	60
Lähteet	61
Liitteet	64
Liite 1. Teemahaastattelun runko (salassa pidettävä)	64
Liite 2. Teemahaastattelujen litterointi ja segmentointi (salassa pidettävä)	65
Liite 3. Teemahaastattelu 1 (salassa pidettävä).....	66
Liite 4. Teemahaastattelu 2 (salassa pidettävä).....	67
Liite 5. Teemahaastattelu 3 (salassa pidettävä).....	68
Liite 6. Teemahaastattelu 4 (salassa pidettävä).....	69
Liite 7. Teemahaastattelu 5 (salassa pidettävä).....	70
Liite 8. Ideointiharjoituksen ideat (salassa pidettävä)	71
Liite 9. Ideoiden ensimmäinen suodatus (salassa pidettävä)	72
Liite 10. Ratkaisuluonnokset (salassa pidettävä)	73
Liite 11. Konsepti 1 (salassa pidettävä)	74
Liite 12. Konsepti 2 (salassa pidettävä)	75
Liite 13. Konsepti 3 (salassa pidettävä)	76
Liite 14. Konseptien esitysmateriaali (salassa pidettävä)	77
Liite 15. Käyttäjäkeskeiset arvioinnit ja palaute (salassa pidettävä)	78
Liite 16. Lopulliset konseptit (salassa pidettävä)	79

Kuviot

Kuvio 1. Tasapainolauta	5
Kuvio 2. Slackline laite.....	5
Kuvio 3. Tuoteidea	6
Kuvio 4. Esimerkki tuotekehitystiimistä	7
Kuvio 5. Yritystoiminnan kaksi keskeistä prosessia	12
Kuvio 6. Geneerisen tuotekehitysprosessin vaiheet.....	13
Kuvio 7. State-Gate malli.....	16
Kuvio 8. Saumaton tuotekehitysprosessi osana koko tuotekehitysprosessia.....	20

Kuvio 9. Vaivalloinen alkutaival jäsennettynä sarjaksi suppiloita.....	21
Kuvio 10. Konseptisuunnittelun vaiheet	24
Kuvio 11. Konseptisuunnittelun askeleet	25
Kuvio 12. Ideoiden ensimmäinen suodatus.....	34
Kuvio 13. Ratkaisuluonnokset 1–4.....	38
Kuvio 14. Ratkaisuluonnos 5	38
Kuvio 15. Ratkaisuluonnos 6	39
Kuvio 16. Ratkaisuluonnos 7	39
Kuvio 17. Ratkaisuluonnos 8	40
Kuvio 18. Ratkaisuluonnos 9	40
Kuvio 19. Tasapainoharjoitteen kuormitustilanne	47
Kuvio 20. Vapaakappalekuva	48
Kuvio 21. Tukivoimien ratkaisu trigonometriallla.....	48
Kuvio 22. Voima F_x suhteessa kulmaan α	49
Kuvio 23. Oletettu harjoite ja sen mitoitus.....	50

Taulukot

Taulukko 1. Vaatimusluettelo	31
Taulukko 2. Ideoinnissa syntyneiden luonnosten lajittelu eri muotojen mukaan	35
Taulukko 3. Ykstyiskohtia koskevien ideoiden lajittelu	36
Taulukko 4. Painokertoimien määrittäminen	41
Taulukko 5. Ratkaisuluonnoksien arviointi	42
Taulukko 6. Terästen ominaisuudet.....	44
Taulukko 7. Alumiinien ominaisuudet	45
Taulukko 8. Muovien ominaisuudet	45
Taulukko 9. Muovikomposiittien ominaisuudet	46
Taulukko 10. Vanerien ominaisuudet	47
Taulukko 11. Konseptien suhteelliset kustannukset	54
Taulukko 12. Painokertoimien määrittäminen	55
Taulukko 13. Konseptien arviointi	55
Taulukko 14. Käyttäjäkeskeisen arvioinnin kriteerit.....	56
Taulukko 15. Käyttäjäkeskeinen arviointi	57
Taulukko 16. Konseptien arvioinnit koottuna.....	58

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

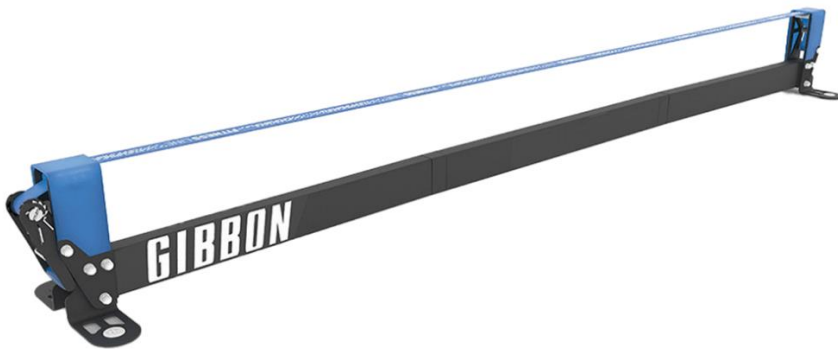
Tasapaino vaikuttaa merkittävästi kykyyn ylläpitää asentoa istuessa, seisottaessa tai liikkuesssa. Eli tasapaino on perusta kaikkiin arkielämässä tehtäviin toimiin. Liikehallintakyvyn perusta luodaan jo lapsuudessa, mutta tasapainoa voidaan kehittää tasapainoharjoittelulla koko elämän ajan. (Saarikoski & Väyrynen 2016.) Tasapainoharjoittelun vaikutuksia ja hyötyjä on tutkittu monissa eri asiayhteyksissä. Tutkimusten mukaan tasapainoharjoittelusta saadaan hyötyjä esimerkiksi ikäihmisten kaatumisen ehkäisyyn ja kaatumisen pelkoon, erilaisien liikehallintaan vaikuttavien sairauksien hoitoon, liikuntaelinvammojen kuntoutukseen ja eri harrastuksien fysiikkaharjoitteluun.

Opinnäytetyö pohjautui työn toimeksiantajan lehtori Juha Saukkosen tuoteideaan uudeltaisesta tasapainoharjoittelulaitteesta, jota voidaan käyttää sekä kuntoilu- että kuntoutusmielessä. Opinnäytetyönä tehty tuotekehitystyö oli osa kyseisen laitteen tuotteistamista. Toimeksiantaja oli saanut tuoteidean kehitystyöhön Yritystehtaan apurahan, jolla Komia Design oli tehnyt tuoteideasta alustavaa ideointia. Komia Design ideoi laitteesta eri asiakassegmenttejä palvelevia tuotevariantteja, jotka olivat ammattilaiskäyttöön tarkoitettu kuntoutusväline, joka kuluttajan perusterveys kuntoilulaite ja designtuote (SITB idea concept 2022). Lisäksi Komia Design ideoi tuotteen rakennetta ja lopputuloksena oli kolme alustavaa luonnosta laitteen mahdollisesta toteutuksesta.

Markkinoilla on paljon erilaisia tasapainoharjoitteluun kehitettyjä välineitä ja laitteita. Valikoimaa on hyvinkin yksinkertaisista ja kompakteista välineistä aina hyvinkin suuriin ja monimutkaisiin laitteisiin. Yksinkertaisiin ja kompakteihin välineisiin kuuluu erilaiset tasapainolaudat (ks. kuvio 1), -tyynyt ja -palikat. Taas suurempiin ja monimutkaisempiin laitteisiin lukeutuu esimerkiksi kuvion 2 mukaiset slackline laitteet.



Kuvio 1. Tasapainolauta (Dinox Tasapainolauta Ø40cm n.d.)



Kuvio 2. Slackline laite (Gibbon Slackrack Classic n.d.)

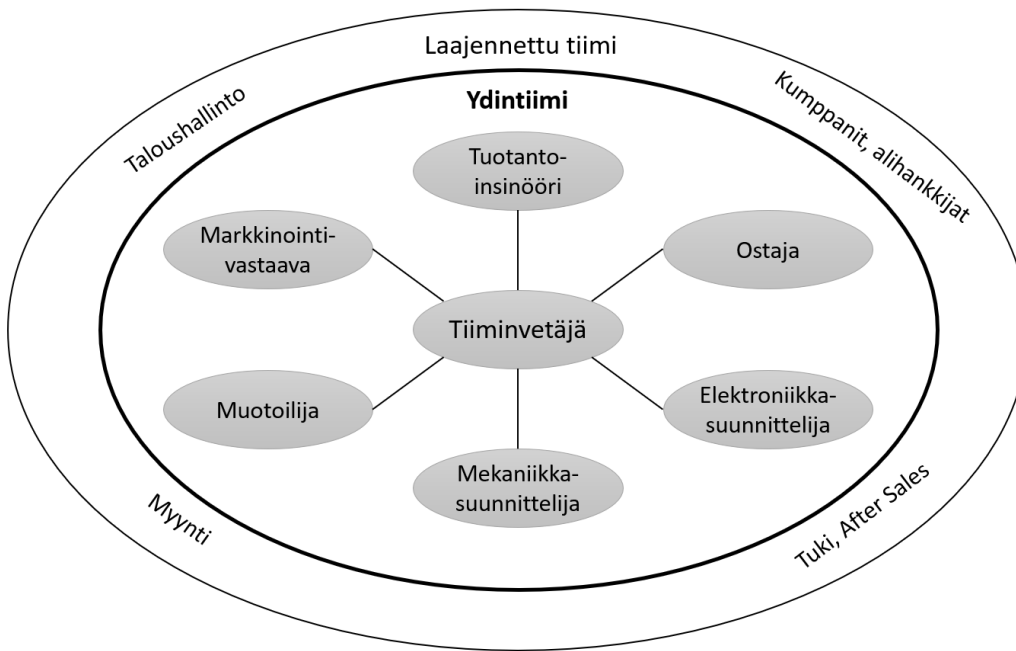
Toimeksiantajan tuoteideassa yhdistyy laitteen kompakti koko sekä monimutkaisemman laitteen säädettävyys. Kuviossa 3 toimeksiantajan tekemä ensimmäinen prototyyppi havainnollistaa tuoteideaa, jossa slacklinen ominaisuuksia hyödynnetään yksinkertaisessa ja kompaktin kokoisessa laitteessa. Tuoteidean kantavia ajatuksia ovat laitteen tukevuuden tuoma turvallinen käytettävyys, sekä säädettävyys. Tuoteidean mukaan remmit, joiden päällä tasapainoillaan ovat säädettäviä jännityksen puolesta ja laitteessa voidaan käyttää eri levyisiä remmejä eri asennoissa.



Kuvio 3. Tuoteidea (Saukkonen 2021)

1.2 Työn tavoitteet ja raja

Lähes poikkeuksetta tuotekehitystyötä tehdään tiimissä, joka koostuu poikkitieteellisistä asiantuntijoista. Caganin ja Vogelín (2013, 167) mukaan tuotekehitystoiminnan ydintiimin tulisi edustaa asiantuntijuutta markkinointitutkimuksessa, teknisessä suunnittelussa ja teollisessa muotoilussa. Lisäksi tiimiä tulisi täydentää projektikohtaisesti tarvittavalla asiantuntijuudella (Cagan & Vogel 2003, 167). Hietikko (2015, 49) jakaa samantyyppisesti tarvittavan tuotekehitystiimin asiantuntijuuden ydintiimiin ja laajennettuun tiimiin, kuvio 4 havainnollistaa tiimin rakennetta.



Kuvio 4. Esimerkki tuotekehitystiimistä (Hietikko 2015, 49 muokattu)

Koska opinnäytetyö tehtiin yksilötyönä konetekniikan asiantuntijuuden näkökulmasta, työn tavoitteet ja raja-asetettiin sen mukaan, että työ pystyttiin toteuttamaan luotettavasti ja opinnäytetyön laajuudessa. Työstä rajattiin pois tuotekehitysprosessin alun markkinatutkimus. Luvussa 3.2 käsitellyn mukaisesti markkinatutkimus on tärkeä osa tuotekehitysprosessin alkua, mutta vaihe pystyttiin rajaamaan pois, koska toimeksiantaja oli jo tehnyt ja teettänyt markkinointitutkimusta.

Luvun 3.2 mukaisesti tuotekehitysprosessista riippuen työn lopputuloksena on yksi lopullinen konsepti tai detaljitasolle suunniteltu tuote, josta on valmistettu prototyyppi ja sitä on testattu. Opinnäytetyön laajuudesta johtuen tavoitteeksi asetettiin 2–3 konseptin muodostus, joiden yksityiskohtien ratkaisut on suunniteltu periaatteellisesti. Vaikka tavoitteeksi ei asetettu valita lopullista konseptia, lopputuloksena opinnäytetyö tarjoaa kuitenkin riittävän tiedon mahdollista valintaa varten.

1.3 Työn merkittävyys

Vaikka opinnäytetyö rajattiin tuotekehitystoiminnan kokonaiskuvan näkökulmasta suppeaksi, työ on kuitenkin merkittävä osa luvun 3.1.3 käsitellyä tuotekehitysprosessin vaielloista alkutaivalta.

Vaivalloinen alkutaival sisältää laadullista tutkimusta, ideointia, luonnostelua ja kehittämistä. Lisäksi työn lopputulos muodosti merkittävän päätöksentekopisteen, jossa tulee tehdä päätös siitä, jatketaanko tuotteistamisprosessia eteenpäin.

Toimeksiantajan päättäessä jatkaa tuotteistamisprosessia tulee prosessiin sitoa huomattavasti aiempaa enemmän resursseja ja pääomaa. Opinnäytetyössä huolellisesti tehty pohjatyö kuitenkin pienentää epäonnistumisen riskiä huomattavasti. Lisäksi tavoitteena oli, että työssä saatuja tuloksia pystytään hyödyntämään myös tuotteistamisprosessin seuraavissa vaiheissa.

2 Tutkimusasetelma

2.1 Tutkimusstrategia

Opinnäytetyön tutkimusstrategiana oli kehittämistutkimus. Kehittämistutkimuksella pyritään aina tuottamaan käytännön elämään perusteltuja käytännöllisiä ratkaisuja, jotka johtavat muutokseen (Kananen 2012, 19–20). Kehittämistutkimus yhdistää kaksi prosessia – käytännön kehittämistyön ja tutkimuksen, joista kumpikin osa-alue noudattaa ilmiölle tyypillistä prosessia (mts. 45). Kehittämistutkimus on lähellä kehittämistyötä, jota tehdään organisaatiossa tuottamaan konkreettisia ratkaisuja ja muutoksia prosesseihin, toimintoihin, tuoteisiin, palveluihin ja asiantiloihin (mts. 20–21). Kehittämistutkimus edellyttää tutkimusprosessin yhdistämistä kehittämistyöhön, jonka myötä työssä käytetään tutkimuksellisia menetelmiä, jotka tuottavat luotettavaa ja uutta tietoa (mts. 20). Kehittämistutkimus ei ole itsessään tutkimusote, vaan se on monimenetelmäinen tutkimusprosessi. Tapaus kohtaisesti hyödynnetään tarpeen mukaan kvalitatiivisen ja kvantitatiivisen tai vain kvalitatiivisen tutkimuksen menetelmiä. (Kananen 2017, 49.)

Aiheena olevan laitteen tuotekehitys oli tyypillistä organisaatiossa tehtävää kehittämistyötä. Kehittämistutkimuksen mukaisesti kehitystyöhön yhdistettiin tutkimusprosessi, jolla haettiin ratkaisuja itse kehitystyön toteuttamiseen sekä laitteen vaatimusten määrittelyyn.

2.2 Tutkimusongelma ja -kysymykset

Tieteellisen tutkimuksen toteuttaminen vaatii aina ongelman. Tutkimusasetelmasta muotoillaan tutkimusongelma, joka pyritään ratkaisemaan tutkimuksella. Tutkimusongelma taas muotoillaan

tutkimuskysymyksiksi tutkimusprosessin helpottamiseksi. Tutkimuskysymykset muotoillaan niin, että niihin vastaamalla tutkimusongelmaan saadaan ratkaisu. (Kananen 2017, 56–61.)

Työssä tutkimusongelmana oli tuotekehitysprosessin toteutus sekä laitteen vaatimusten määrittely. Tutkimusongelmasta voitiin johtaa tutkimuskysymykset ja niiden alakohdat:

- Miten laitteen tuotekehitysprosessi toteutetaan?
- Mitkä ovat tasapainoharjoittelulaitteen vaatimukset?
 - Mitä ominaisuuksia pitää olla?
 - Mitä toimintoja pitää olla?
 - Mitkä ovat laitteen fyysiset mitat?
 - Mikä mahdollistaa turvallisen käytön?
- Työn lopputuloksena muodostuneiden konseptien arviointi?

2.3 Tutkimusmenetelmä

Kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus pyrkii ymmärtämään ilmiötä ja sen ominaisuuksia. Laadullinen tutkimus soveltuu esimerkiksi tapauksiin, joissa ilmiöstä halutaan saada syvällinen näkemys tai muodostaa ilmiöstä hyvä kuvaus. Laadullisen tutkimuksen kohteena olevalle ilmiölle on tyypillistä, että siitä ei ole aiempaa tietoa, teorioita, tutkimusta tai ymmärrystä. Tutkimustekniikat eivät ole ennalta määriteltäviä, vaan käytettävät menetelmät muuttuvat ja mukautuvat tutkimuksen tarkoituksen mukaisesti tutkimuksen aikana. Tutkimuksen aineistonkeruu on empiiristä, usein käytetään keskustelun tapaista teemahaastattelua ja/tai havainnoinnista koostettua havainnointipäiväkirjaa. Laadullisessa tutkimuksessa tutkijan rooli on merkittävä, koska aineisto muodostuu keskusteluista ja tutkijan omista havainnoista, eikä niinkään mitatuista arvoista. (Kananen 2012, 29–30.)

Kvantitatiivinen eli määrällinen tutkimus perustuu mitattaviin arvoihin. Tutkittavasta ilmiöstä on oltava ymmärrystä, teorioita ja malleja, joista voidaan koostaa mitattava numeerisista muuttujista koostuva aineisto. Aineiston avulla ilmiöstä pystytään muodostamaan johtopäätöksiä tilastotieteen perustuen. Tutkimuksen aineiston keruu tehdään strukturoiduilla yksikäsitteisillä kysymyksillä, jolloin tutkijan rooli muodostuu ulkopuoliseksi havainnoijaksi ja tutkijan vaikutus tuloksiin on hyvin pieni. (Mts. 31–32.)

Työssä tutkimuskysymyksiin vastauksen saaminen tutkimusongelman ratkaisemiseksi edellytti, että tutkittava ilmiö pystyttiin kuvaamaan hyvin ja muodostamaan siitä syvälinen näkemys. Tutkimusongelman ja -kysymyksien perusteella tutkimusmenetelmäksi valittiin laadullinen eli kvalitatiivinen tutkimusote, joka on myös yleisesti tuotekehitysprojekteissa käytetty tutkimusote. Kehittämistutkimuksen kehitystyön eli tuotekehitysprosessin toteuttamiseksi perehdyttiin alan kirjallisuuteen. Tietoperustassa kuvataan tuotekehitysprosessia työn toteuttamisen kannalta oleellisesta näkökulmasta. Lisäksi tutkimuksen kohteena oli tasapainoharjoituslaitteen teknisten vaatimusten määrittely, joiden avulla tehtiin tuotekehitystyötä ohjaava vaatimuslista. Vaatimusten määrittämiseksi selvitettiin kehitettävän laitteen lainsäädännön edellyttämää vaatimustenmukaisuutta. Poikkitieteellistä ja käyttäjäkeskeistä näkökulmaa laitteen vaatimusten määrittelyyn ja konseptien arviointiin haettiin liikunta- ja fysioterapia-alan asiantuntijoilta teemahaastatteluin.

2.3.1 Teemahaastattelu

Teemahaastattelu on yksi yleisimmin käytetyistä laadullisen tutkimuksen aineistonkeruumenetelmistä. Haastattelu ei noudata ennalta määriteltyä kaavaa, eikä se sisällä strukturoituja kysymyksiä, joille on määritelty vastausvaihtoehdot. Haastattelija ohjaa keskustelutyypistä haastattelua ennalta määriteltyjen tutkittavan ilmiön kannalta keskeisten teemojen avulla. Informantit eli haastateltavat valitaan tutkittavan ilmiön mukaan. (Kananen 2017, 89–91.)

Teemahaastattelusta tehdään tyypillisesti tallenne, jolloin haastattelija pystyy keskittymään keskustelun ohjaamiseen muistiinpanojen tekemisen sijaan. Haastattelulla kerätyn aineiston analysoimiseksi aineisto litteroidaan, eli puretaan sanalliseen muotoon. Litteroitu aineisto taas tiivistetään ja segmentoidaan ymmärrettävään muotoon ilmiön kannalta keskeisien kohtien mukaisesti. Aineiston litterointi ja segmentointi tulee tehdä viipymättä haastattelun jälkeen, koska tämä mahdollistaa aineiston analysoinnin, joka taas määrittelee tarvittavien haastateltavien määrää. Haastateltavien määrää ei voida ennalta määritellä. Kerätty aineisto voidaan katsoa riittäväksi, kun saadut vastaukset/tulokset saturoituvat eli alkavat toistaa itseään. (Mts. 133–138.)

Työssä haastateltaviksi valittiin liikunta- ja fysioterapia-alan asiantuntijoita. Teemahaastattelun tuksi luotiin liitteen 1 mukainen runko avustamaan ja ohjaamaan haastattelua. Haastateltavat profiloitiin strukturoitujen kysymyksien avulla ja ilmiön ympärille muodostettiin keskustelua ohjaavat

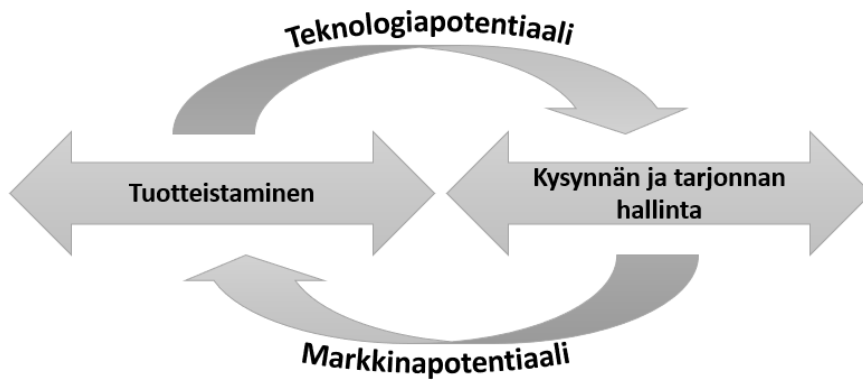
teemat. Haastatteluista tehtiin tallenteet, jotka litteroitiin ja tekstistä purettiin tutkimuskysymyksiä vastaavat havainnot liitteen 2 mukaiselle pohjalle.

2.4 Kehittämistutkimuksen eettisyys

Opinnäytetyössä noudatettiin tutkimuseettisen lautakunnan ja suomalaisen tiedeyhteisön yhteistyössä laatimaa ohjeistusta hyvästä tieteellisestä käytännöstä (Hyvä tieteellinen käytäntö 2021). Työssä noudatettiin ohjeistuksen mukaisia toimintatapoja eli rehellisyyttä ja yleistä huolellisuutta, sekä tarkkuutta tutkimustyön toteuttamisessa ja tutkimustulosten käsittelyssä (mt.). Lähteiksi valittiin luotettavia alkuperäisteoksia, tai lähteiden luotettavuutta arvioitiin lähdekriittisesti. Toisten teoksia ei plagioitu ja lähteiden käytössä noudatettiin Jamkin ohjeistusta. Tutkimus toteutettiin luotettavan tutkimusprosessin vaiheistuksen mukaisesti. Tutkimuksessa noudatettiin tieteellisen tiedon luonteeseen kuuluvaa avoimuutta (mt.), kuitenkin niin, että tietosuoja laki huomioitiin (Tietosuoja laki 1050/2018).

3 Tuotekehitystoiminta

Yritysten tekemällä tuotekehitystoiminnalla on tyypillisesti kaksi vaihtoehtoista päämäärää. Tuotekehitystoiminta voi olla uusien tuotteiden tai palvelujen kehittämistä, joiden kautta yritys pyrkii uudistamaan toimintaansa tai pyrkii uudelle markkina-alueelle (Martinsuo, Aalto & Artto 2003, 25). Vaihtoehtoisesti tuotekehitystoiminta voi liittyä olemassa olevien tuotteiden tai palveluiden ylläpitoon ja kehittämiseen (mts. 25). Tuotekehitystä tehdään osana tuotteistamista, joka on kuvion 5 mukaisesti toinen yritystoiminnan keskeisistä prosesseista. Tuotteistamisprosessin tavoitteena on saavuttaa tuotteelle tai palvelulle uutta kysyntää hyödyntämällä ja jalostamalla teknologioita oikea-aikaisesti ja oikealla tavalla (mts. 22).



Kuvio 5. Yritystoiminnan kaksi keskeistä prosessia (Martinsuo 2003, 23 muokattu)

Tuotekehitystoiminta on prosessimuotoista toimintaa, jota usein myös toteutetaan projektityyppisesti (Hietikko 2015, 45). Tuotekehitysprosesseista on monia tunnettuja malleja, usein yritysten tuotekehitysprosessit mukailevat tunnettuja malleja yritys tai projekti kohtaisesti räätälöitynä (Martinsuo ym. 2003, 66–67). Hietikko (2015) jakaa tuotekehitysprosessit neljään kategoriaan niiden luonteen perusteella:

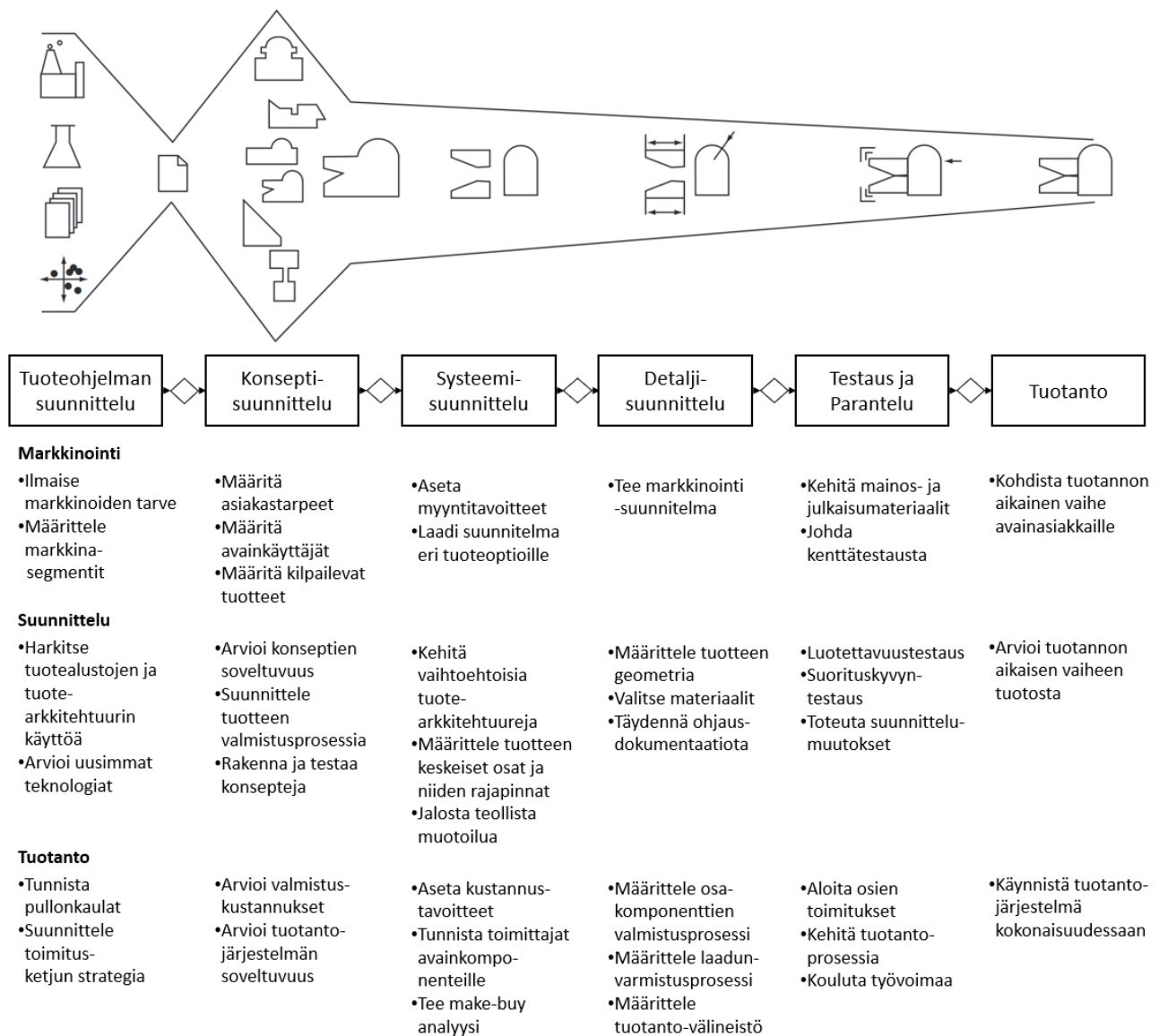
- Markkinavetoinen prosessi
- Teknologiatyöntöprosessi
- Paranteluprosessi
- Räätälöintiprosessi

Seuraavissa osioissa on esitelty kolme erityyppistä tunnettua tuotekehitysprosessia. Lisäksi tarkemmalla tasolla on käsitelty opinnäytetyön kannalta keskeistä konseptisuunnitteluvaihetta.

3.1 Geneerinen tuotekehitysprosessi

Ulrichin, Eppingerin ja Yangin (2020, 12–13) geneerinen, eli yleisluontoinen tuotekehitysprosessi sisältää vaiheistuksen tuoteohjelman suunnittelusta – tuotteen lanseeraukseen. Prosessi on lineaarisesti etenevä määriteltyjen vaiheiden ja toimintojen sarja, jossa tuotteelle asetetut tavoitteet ja vaatimukset perustuvat vahvasti tunnistettuihin asiakastarpeisiin (Ulrich, Eppinger & Yang 2020, 12). Ulrichin ja muiden (2020, 12–13) mukaan hyvin määritelty prosessi on oleellinen kehityshankkeen laadunvarmistuksen, koordinoinnin, suunnittelun, johtamisen ja parantamisen kannalta. Yleisluontoinen tuotekehitysprosessi on tyypillinen markkinavetoisissa hankkeissa käytetty malli,

mutta prosessi mukautuu myös muihin hankkeisiin kuten teknologiatyöntö tuotteille, sekä tuotteiden paranteluun ja räätälöintiin (mts. 18). Alla olevan kuvion 6 mukaisesti tuotekehitysprosessi koostuu kuudesta vaiheesta, joissa kussakin vaiheessa organisaation eri toiminnoille on omat tehtävät (mts. 13).



Kuvio 6. Geneerisen tuotekehitysprosessin vaiheet (Ulrich 2020, 14 muokattu)

Tuotekehitysprosessin käynnistäjänä toimii **tuoteohjelman suunnittelu** vaihe, joka on niin sanottu 0-vaihe, jota seuraa viisi varsinaisen tuotekehitysprosessin vaihetta. Tuoteohjelman suunnittelussa pyritään tunnistamaan yrityksen strategiaan sopiva tuotemahdollisuus, huomioiden tuotemahdollisuuden markkinat ja teknologia. Tuotekehitysprojektin käynnistäjänä toimiva vaiheessa syntyvä

tuoteohjelma määrittelee liiketoiminnan tavoitteet, kohdemarkkinat, sekä tuotemahdollisuuteen liittyvät keskeiset oletukset ja rajoitukset. (Mts. 13–15.)

Konseptisuunnittelu vaihe sisältää useita rinnakkain sekä iteroiden tehtäviä toimia. Vaiheeseen kuuluu kohdemarkkinoiden asiakkaiden tarpeiden tunnistaminen ja niiden näkyväksi tuominen, eli vaatimuksien ja reunaehtojen määrittäminen. Tunnistettuihin tarpeisiin vastaavia vaihtoehtoisia tuotekonsepteja pyritään luomaan useita. Tuotekonseptit muodostetaan käsitteen tasolla, joka sisältää luonnoksen konseptista sekä kuvauksen sen ominaisuuksista ja toiminnoista. Muodostettuja konsepteja arvioidaan, analysoidaan, testataan, kehitetään ja karsitaan iteratiivisesti parhaan mahdollisen konseptin tai konseptien löytämiseksi, jotka viedään jatkokehitykseen. (Mts. 15, 17–18.)

Systeemisuunnittelu vaiheessa käsitteen tasolla oleva konsepti kehitetään järjestelmätasolle. Systeemisuunnittelussa määritellään tuotteen arkkitehtuuri ja modulaarisuus, sekä muodostetaan komponenteista ja osakokoonpanoista koostuva tuoterakenne. Lisäksi tuotantoprosessit suunnitellaan alustavasti. Vaiheen lopputuloksena tuote on määritelty toiminnallisella ja geometrisella tasolla niin, että se voidaan siirtää detaljisuunnitteluun. (Mts. 15.)

Detaljisuunnittelu vaiheessa tuote ja sen valmistus suunnitellaan yksityiskohtaisesti. Vaiheessa määritellään ja suunnitellaan yksityiskohtaisesti jokainen osa materiaalivalintoineen ja toleransseineen, sekä valitaan käytettävät valmiskomponentit. Suunnittelussa huomioidaan valmistusmenetelmät ja tehdään tuotantosuunnitelma, sekä suunnitellaan tehtävät hankinnat. Tuotanto- ja hankintasuunnitelmien lisäksi tehdään valmistus- ja kokoonpanopiirustukset, jotka ovat edellytyksiä seuraavassa vaiheessa tarvittavan prototyypin valmistamiselle. (Mts. 15.)

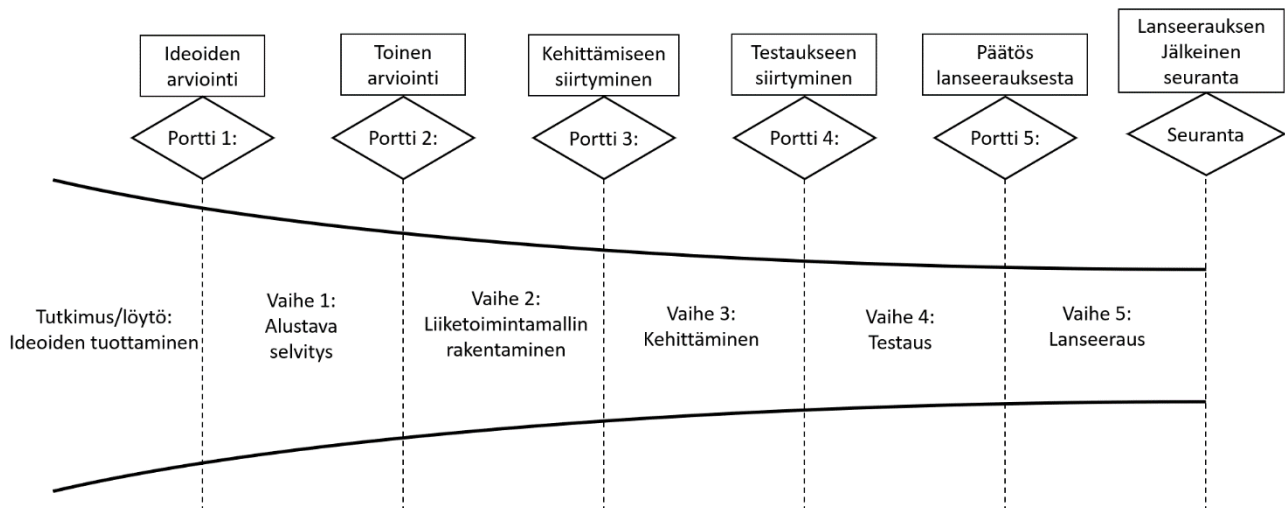
Testaus ja parantelu vaiheessa ensimmäisellä prototyypillä on tarkoitus testata, toimiiko tuote suunnitellusti täyttäen määritellyt asiakastarpeet. Ensimmäisen prototyypin tulee vastata rakenteeltaan ja toiminnallisuudeltaan tulevaa tuotantoversioita, mutta tyypillisesti valmistusprosessit poikkeavat määritellystä tuotantosuunnitelmasta. Ensimmäisen testauksen tuloksien perusteella tuotetta pystytään parantelemaan ja kehittämään vaadittavilta osin, jonka myötä voidaan valmistaa uusi prototyyppi seuraavaa testausvaihetta varten. Paranneltua prototyyppiä testataan yrityk-

sen sisäisesti sekä valitulla asiakasryhmällä tuotteen omassa käyttöympäristössä. Testaus ja parantelu vaihe on iteratiivinen, jossa testauksessa uuden tiedon myötä muodostunut tarve johtaa paranteluun. Itse tuotteen testauksen lisäksi viimeisimmät prototyypit valmistetaan tuotantosuunnitelman mukaisesti valmistusprosessien testaamiseksi. (Mts. 15.)

Tuotannon käynnistäminen tapahtuu asteittain, tuotantosuunnitelman mukaisesti. Asteittaisen käynnistykseen tavoitteena korjata on mahdolliset tuotantoprosessin ongelmat ja optimoida tuotanto, sekä varmistua tuotetusta laadusta. Tuotteen lanseeraus tapahtuu samanaikaisesti tuotannon aloittamisen kanssa niin, että tuote on lanseerattu ennen kuin jatkuva tuotanto alkaa. Prosessin viimeiseen vaiheeseen kuuluu myös projektin seuranta, jossa tarkastellaan hanketta teknisestä ja kaupallisesta näkökulmasta. Seurannan tarkoituksena on tehdä alussa tarvittavia korjausliikkeitä sekä löytää tapoja parantaa tulevien hankkeiden tuotekehitysprosessia. (Mts. 15–16.)

3.2 State-Gate malli

Cooperin (2011, 83) State-Gate malli on systemaattinen tuotekehitysprosessi, joka sisältää vaiheet tuoteideasta tuotteen lanseeraukseen saakka. State-Gate mallin tavoitteena on tehostaa tuotekehitysprosessia ja vähentää sen riskejä, sekä parantaa prosessissa syntyneen tuotteen menestymisen todennäköisyyttä (Cooper 2011, 83). Toimintamallilla on seitsemän menestyksen kannalta keskeistä tavoitetta (mts. 86): Laadukas toteutus, oikeisiin asioihin keskittyminen ja priorisointi, nopea ja tempoinen rinnakkain tapahtuva eteneminen, monialainen lähestymistapa, käyttäjäkeskeinen markkinointifokus, alkutaipaleen tarkka määrittely ja kilpailuetua tuovat tuotteet. Kuvio 7 havainnollistaa tyypillistä Stage-Gate prosessin virtausmallia, joka on sarja toisiaan seuraavia vaiheita ja niiden välissä olevia portteja (mts. 100).



Kuvio 7. State-Gate malli (Cooper 2011, 102 muokattu)

Prosessi lähtee liikkeelle tuoteideasta, jota seuraa viisi vaihetta: Alustava selvitys, liiketoimintamallin rakentaminen, kehittäminen, testaus ja lanseeraus. Jokainen vaihe koostuu joukosta ennalta määriteltyjä toimia, joiden avulla on tarkoitus kerätä tietoa prosessin eteenpäin viemiseksi. Eri vaiheissa kerättyjä ja analysoituja tietoja hyödynnetään vaiheiden välissä olevilla päätöksentekoportteilla. Portit muodostavat vaiheiden väliin prosessia ohjaavia Go/Kill -tarkistuspisteitä. Tarkistuspisteellä tehdään päätös, onko edellytyksiä viedä projektia seuraavaan vaiheeseen vai tuleeko se lopettaa, vaihtoehtoisesti prosessi voidaan jähdyttää portille lisäselvitysten tekemiseksi tai voidaan palata edelliseen vaiheeseen. Tyypillisesti prosessin edetessä seuraava vaihe on aina kalliimpi kuin edellinen ja porttien tavoitteena onkin estää epäonnistuneen projektin eteenpäin vieminen. (Mts. 89–102.)

Seuraavissa kappaleissa on kuvailtu ja selvennetty State-Gate mallin kussakin vaiheessa ja portissa tehtäviä toimia ja päätöksiä. Vaiheistus kulkee tuoteidean löytämisestä tuotteen lanseerauksen jälkeiseen seurantaan saakka.

Tuoteidea. Tuotekehitysprosessin käynnistämiseksi tarvitaan merkittävä määrä ideoita, joita tarkastellaan ensimmäisellä portilla. Ideointi on luovantyönvaihe, jossa ideoiden generoimiseksi hyödynnetään yleensä erilaisia tekniikoita. Ideoita etsiessä hyödynnetään myös tutkimuksellista otetta esimerkiksi etsiessä tuotemahdollisuuksia markkinoilta, asiakkaiden tarpeiden ymmärtämiseksi ja kilpailija-analyysin tekemiseksi. (Mts. 103–104.)

Portti 1: Ideoiden arviointi. Ensimmäinen portti toimii projektin käynnistäjänä. Mahdollisen projektin käynnistämispäätöksen tekemiseksi edellisessä vaiheessa syntyneitä ideoita arvioidaan ja karsitaan alustavasti. Portin keskeisin tavoite on muodostaa käsitys siitä, onko idea järkevä tai edes mahdollinen toteuttaa. Koska tässä vaiheessa tietoa on kerättynä rajallinen määrä, arviointikriteereinä toimivat esimerkiksi tuotteen pakolliset vaatimukset, hankkeen toteutettavuus, markkinoiden koko ja houkuttelevuus, sekä yrityksen resurssit toteuttaa mahdollinen hanke. Portilla mahdollisesti tehtävä go-päätös tarkoittaa, että projekti käynnistetään ja se alkaa sitoa resursseja. (Mts. 104.)

Vaihe 1: Alustava selvitys. Tässä vaiheessa tehdään alustavia selvityksiä ensimmäisestä portista selvinneille ideoille. Tavoitteena on kerätä tietoja markkinoiden koosta ja potentiaalista, teknisestä ja toiminnallisesta toteutettavuudesta, kustannuksista, sekä säädösten ja turvallisuusvaatimusten tuomista vaatimuksista ja esteistä. Vaiheessa muodostetaan myös alustava liiketoimintasuunnitelma. (Mts. 105.)

Portti 2: Toinen arviointi. Toisella portilla tehtävä arviointi on samantapainen kuin ensimmäisellä portilla, mutta tässä vaiheessa on huomattava määrä enemmän ja tarkempaa tietoa käytettävissä. Tällä portilla arviointiin käytetään samoja pakollisia kriteerejä kuin ensimmäisellä, mutta uuden tiedon myötä voidaan myös muodostaa uusia kriteerejä, joiden perusteella arvioidaan teknistä näkökulmaa, markkinoita, kilpailuetua, riskejä ja tuottoarvioita. Go-päätöksen tekeminen tarkoittaa, että projektiin tulee sitoa yhä enemmän resursseja ja näin ollen seuraava vaihe on edellistä kalliimpi. (Mts. 106.)

Vaihe 2: Liiketoimintamalli rakentaminen. Tämä vaihe on yksityiskohtainen tutkimusvaihe, joka määrittelee selkeästi tuotteen. Muodostettavan liiketoimintamallin osatekijöihin kuuluu markkinoiden määrittely, tuotekonseptien rajaaminen, arvolutausten määrittely, sekä tuotteen teknisten näkökulmien, ominaisuuksien ja vaatimusten määrittely. Liiketoimintamallin rakentamiseksi tehdään muun muassa markkinaselvitystä- ja tutkimusta, kilpailijaselvitystä, konseptien testausta ja yksityiskohtaista taloudellista tarkastelua. (Mts. 107–108.)

Portti 3: Kehittämisvaiheeseen siirrettävät ideat. Kolmas portti on merkittävä päätöksentekopiste projektin kustannuksien näkökulmasta, jossa tehtävä Go-päätös johtaa kehitysvaiheeseen, joka

tarkoittaa projektin aloittamista täyspainoisesti. Portilla tehtävän päätöksen tekemiseksi edellisessä vaiheessa tehtyä liiketoimintamallia tarkastellaan ja arvioidaan kriittisesti. Kriteerit ovat edelleen samat kuin edellisillä porteilla, mutta arviointia tehdään entistä tarkemmin. (Mts. 109.)

Vaihe 3: Valittujen ideoiden kehittäminen. Edellisessä portissa tehdyn go-päätöksen myötä tässä vaiheessa lähdetään toteuttamaan edellä tehtyä suunnitelmaa, eli varsinaisen tuotteen kehittäminen ja suunnittelu alkaa. Tuotteesta tehdään prototyyppejä ja niitä testataan tyypillisesti yrityksen sisäisesti tai rajatulla asiakaskunnalla, testauksen tavoitteena on saada aikaan toimiva prototyyppi. Vaikka kolmas vaihe keskittyy merkittävästi tekniseen toteutukseen, tehdään rinnalla myös yksityiskohtainen markkinointi-, testaus- ja tuotantosuunnitelma, sekä talouslaskelmia ja analyysyjä päivitetään ja tarkennetaan. Kehitysvaihe on yleensä verrattain pitkä ja sisältää lukuisia virstanpylväitä ja projektin arviointeja, mutta Go/Kill -päätöksiä ei tehdä vaiheen sisällä. (Mts. 109.)

Portti 4: Testaukseen siirrettävä tuote. Neljännellä portilla tarkastellaan ja analysoidaan kehitysvaiheen tuloksia, joiden perusteella tehdään päätös siitä, onko tuote valmis testausvaiheeseen. Kehitysvaihetta arvioidessa varmistetaan, että työ on tehty laadukkaasti ja tuote vastaa edellä muodostettua määritelmää. Projektin ollessa tässä vaiheessa saatetaan palata takaisin porttia edeltävään vaiheeseen, jos nähdään että tuote ei ole vielä valmis seuraavaan vaiheeseen. (Mts. 110.)

Vaihe 4: Testausvaihe. Neljännessä vaiheessa jatketaan tuotteen testaamista yrityksen sisäisesti ja valituilla asiakasryhmillä. Tuotetestien lisäksi testataan kaikkien osa-alueiden elinkelpoisuutta, joihin kuuluu testimarkkinointi, kokeilumyynti ja koetuoanto. Testien perusteella tehdään suunnitelma jatkotoimenpiteistä tuotteen lanseeraamiseksi. Sekä edellisten vaiheiden tapaan talous-suunnitelma päivitetään. (Mts. 110.)

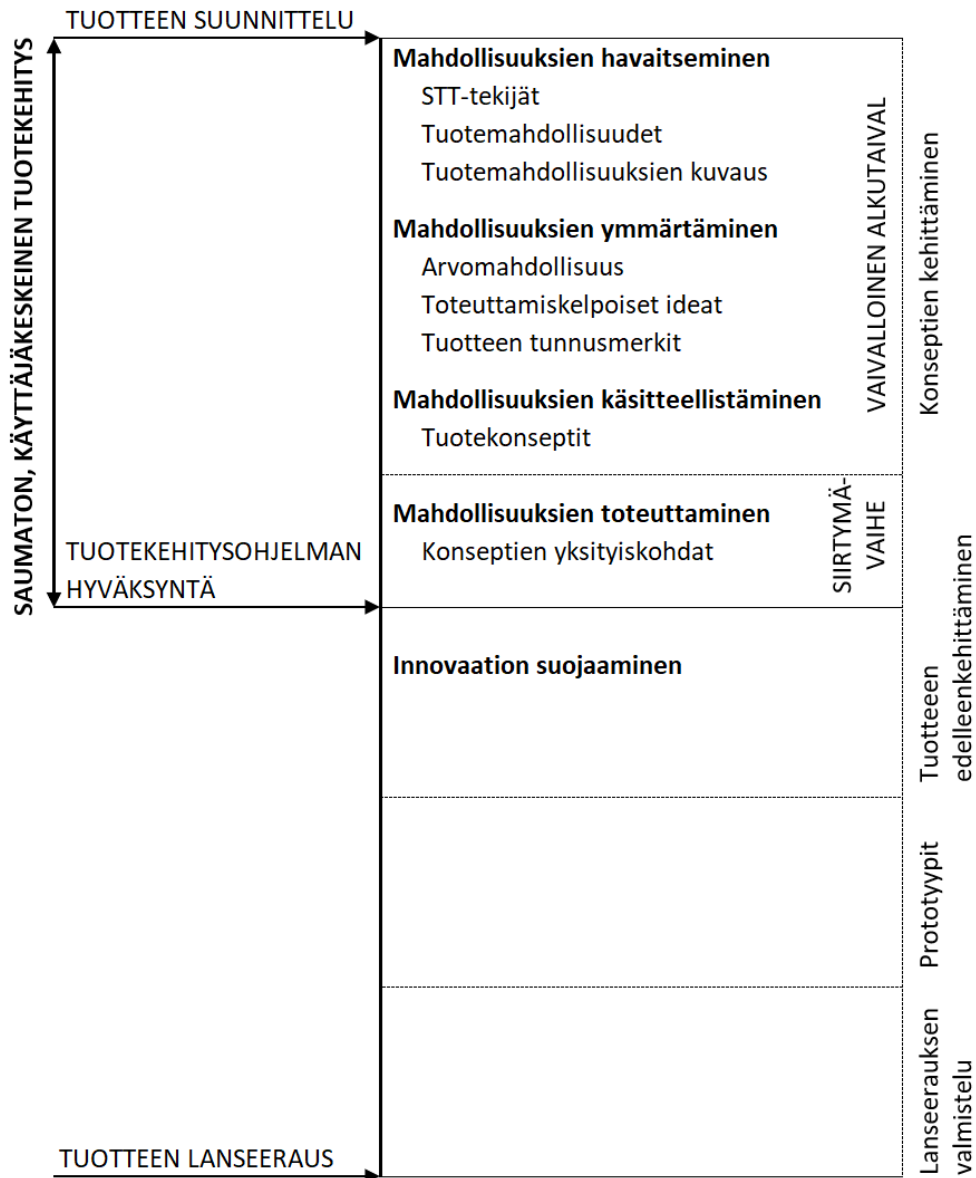
Portti 5: Päätös tuotteen lanseerauksesta. Viimeisellä portilla tehdään päätös siitä, onko tuote valmis lanseerattavaksi. Portin läpäisy tarkoittaa, että tuote saatetaan markkinoille ja tuotanto käynnistetään. Portilla tehtävä päätös perustuu testausvaiheen tuloksien tarkasteluun ja analysointiin. Testausvaiheen tuloksien ollessa positiivisia voidaan tehdä Go -päätös, mutta tuloksien ollessa negatiivisia voidaan Kill -päätöksen sijasta palata takaisin kehitysvaiheeseen. (Mts. 111.)

Vaihe 5: Tuotteen lanseeraus. Tähän viimeiseen vaiheeseen päätyminen tarkoittaa, että tuotteella on kaikki edellytykset lanseeraukseen. Tässä vaiheessa ei enää kerätä uutta tietoa, vaan vaiheeseen kuuluu edellä tehtyjen suunnitelmien toteuttaminen, jotka käynnistävät tuotteen myynnin, markkinoinnin ja tuotannon. (Mts. 111.)

Seuranta. Projekti ei pääty vielä viimeisen toteutusvaiheen jälkeen, vaan lanseerauksen jälkeinen seuranta on myös oleellinen osa prosessia. Seurannassa tarkastellaan tietoja tuloista, kustannuksista, menoista sekä voitoista, ja niitä verrataan ennusteisiin projektin suorituskyvyn mittaamiseksi. Monet yritykset tekevät lanseerauksen jälkeen kaksi erillistä tarkastelua, joista ensimmäinen tehdään hyvin pian lanseerauksen jälkeen, joka antaa vielä mahdollisuuden tehdä tarvittavia korjausliikkeitä. Projektin päättämiseen johtava lopullinen tarkastelu tehdään tyypillisesti 12–18 kuukauden kuluttua lanseerauksesta. Seuranta vaiheen viimeisenä tehtävänä on kriittinen arviointi hankkeen vahvuuksista ja heikkouksista, jonka perusteella saadaan oppia seuraaviin hankkeisiin. (Mts. 111–112.)

3.3 Saumaton, käyttäjäkeskeinen tuotekehitys

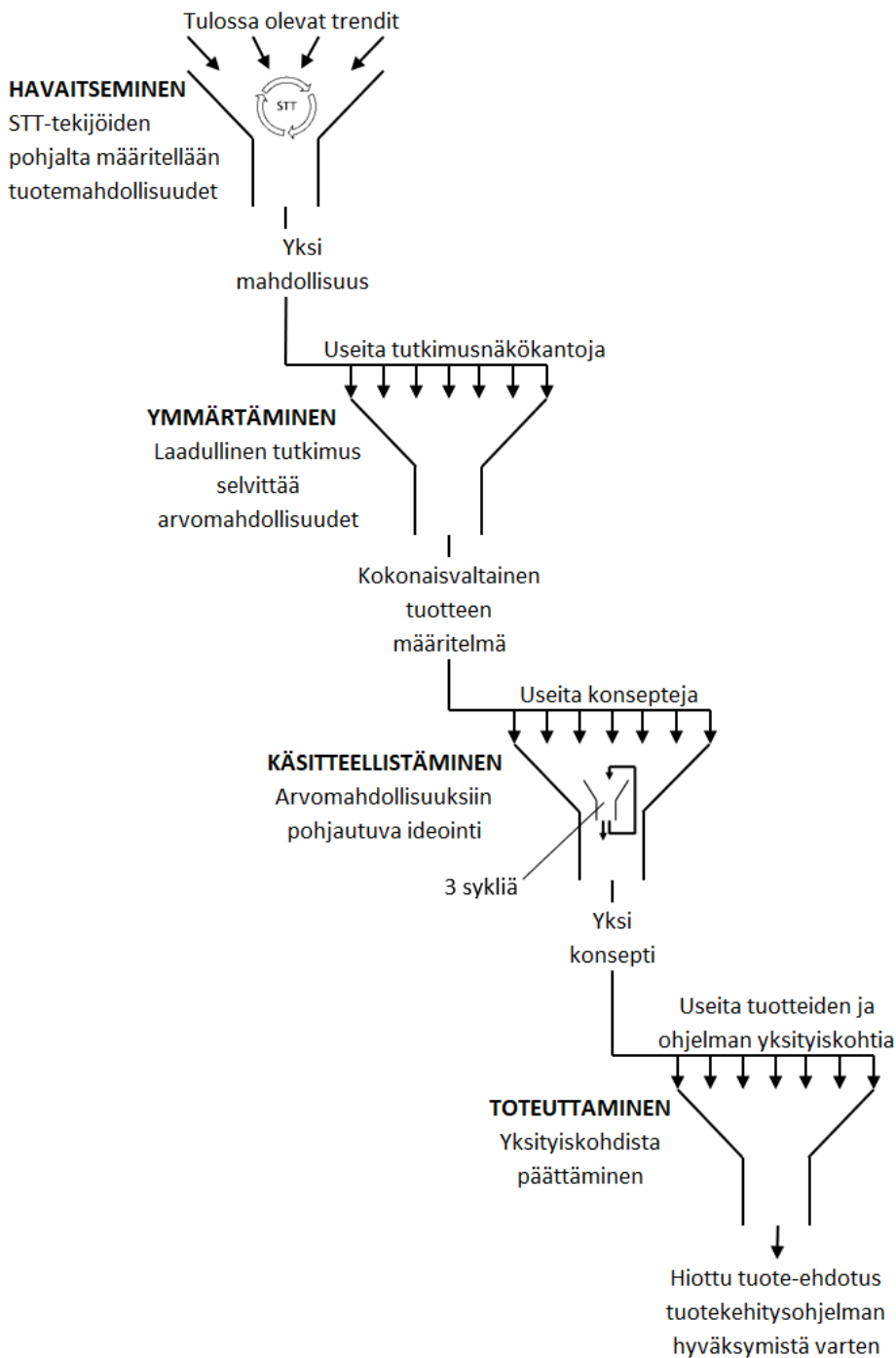
Toisin kuin kaksi edellä esiteltyä prosessimallia, jotka alkavat ideoinnista ja päättyvät valmiin tuotteen julkaisuun, Caganin ja Vogelien (2003, 168) saumaton tuotekehitys -malli keskittyy tuotekehitysprosessin alkuvaiheisiin. Cagan ja Vogel (2003, 169–170) kuvaa tuotekehitysprosessin alkuvaihetta vaivalloiseksi ja prosessimallissa tämä alkutaival on jaettu neljään vaiheeseen kuvion 8 mukaisesti. Prosessi alkaa mahdollisuuksien havaitsemisesta perustuen STT-tekijöihin (Cagan & Vogel 2013, 166). STT kirjainyhdistelmä kuvaa kolmea seikkaa, joita on seurattava tuotemahdollisuuksien tunnistamiseksi: Sosiaaliset suuntauksia (S), taloudellisia voimia (T) ja teknisiä edistysaskeleita (T) (mts. 41). Prosessin lopputuotoksena on tarkkaan harkittu tuotekonsepti, joka on valmiina tuotekehitysohjelman hyväksymiseen tai hylkäämiseen (mts. 168).



Kuvio 8. Saumaton tuotekehitysprosessi osana koko tuotekehitysprosessia (Cagan 2003, 169 muokattu)

Kuten jo edellä mainittu, saumaton tuotekehitys on vain kokonaisprosessin yksi osa, joka on jaettu neljään vaiheeseen (mts. 168). Kokonaisprosessin alkuvaiheet voidaan jäsentää vaiheistusta kuvaavaksi sarjaksi suppiloita kuvion 9 mukaisesti (mts. 170). Caganin ja Vogelín (2003, 166) mukaan saumaton tuotekehitys -malli parantaa markkinoilla menestymisen todennäköisyyttä. Prosessin myöhempien vaiheiden tehostaminen ja virhealttiuden vähentäminen perustuu alkuvaiheiden huolelliseen jäsentämiseen ja laadullisten menetelmien hyödyntämiseen (mts. 165). Suppilo-kaavio kuvaa prosessin etenemistä ylhäältä alaspäin. Vaiheittain kuhunkin suppiloon menee paljon käsiteltävää tietoa ja ulos tulee aina yksi tarkkaan harkittu asia, joka antaa herätteen seuraavan

suppilon täyttämiseksi (mts. 170). Kuvion alla tarkempi kuvaus suppilokohtaisista prosessin vaiheiden sisällöstä.



Kuvio 9. Vaivalloinen alkutaival jäsennettynä sarjaksi suppiloita (Cagan 2003, 172 muokattu)

Vaihe 1: Mahdollisuuksien havaitseminen. Ensimmäinen suppilo täytetään tuotemahdollisuuksilla. Kyseessä ei ole vielä tuoteideat, vaan STT-tekijöihin perustuen pyritään löytämään osa-alueita, joissa nähdään tuotemahdollisuuksia. Tuotemahdollisuuksien havaitseminen vaatii laadullista tutkimusta epävirallisten keskusteluiden ja havainnoinnin merkeissä, sekä toissijaisten tutkimuslähteiden läpikäyntiä. Tutkimuksesta saatuun tietoon perustuen ideoidaan suppilon täyttäviä tuotemahdollisuuksia käyttäen eri ideointimenetelmiä. Ideoita on tavoitteena generoida suodatettavaksi huomattava määrä, Caganin ja Vogelín (2003, 178) mukaan 100 tai enemmän. Suurelle tuotemahdollisuuksien määrälle tehdään ensin karkea suodatus perustuen terveeseen järkeen, tietoon mahdollisista projektin resursseista, arvioon tuotteen menestys mahdollisuuksista ja tiimin kykyyn toteuttaa mahdollisuus. Karkealla suodatuksella ideoiden määrä on tavoitteena karsia noin kymmeneen tuotemahdollisuuteen. Jäljelle jääneitä mahdollisuuksia tutkitaan lisää ja tarkemmin ennen lopullista valintaa. Jotta ensimmäisestä suppilosta saadaan ulos potentiaalisin tuotemahdollisuus, käytetään seuraavaan suodatuksen painotettua arviointimatriisia, jonka käyttöä on esitelty tarkemmin luvussa 3.3. Matriisissa käytettävät arviointikriteerit ja niiden painotus määräytyy yritys- ja projektikohtaisesti, mutta tyypillisesti käytettävät arviointikriteerit liittyvät käytettäviin resursseihin ajan ja rahan suhteen, tuotteen menestys mahdollisuuksiin ja markkinoiden kokoon. Matriisilla ei ole tarkoituksena vielä valita lopullista tuotemahdollisuutta, vaan suodattaa vaihtoehtoja kahteen tai kolmeen parhaaseen. Jäljellä jääneille vaihtoehtojen tehdään vielä lisäselvityksiä, joihin perustuen voidaan valita lopullinen suppilosta ulos tuleva tuotemahdollisuus. Prosessin ensimmäinen vaihe päättyy tuotemahdollisuuden muuntamiseen skenaarioksi, skenaario selvittää miksi tuotetta tarvitaan, mitä tarpeita se täyttää ja kuka tuotetta käyttää. (Mts. 176–183.)

Vaihe 2: Mahdollisuuden ymmärtäminen. Ensimmäisestä suppilosta herätteen saanut toisen suppilon prosessi on käyttäjäkeskeistä arvomahdollisuuksien määrittästä. Edellisessä vaiheessa muodostuneen skenaarion viitoittamana tiimi perehtyy syvällisesti tuotemahdollisuuteen liittyviin osa-alueisiin. Alun tavoitteena on valita kiinnostavimmat osa-alueet, jonka jälkeen aloitetaan tutkimustyö, joka jatkuu ensimmäisen vaiheen tapaan laadullisella tutkimusotteella. Tutkimus kohdistuu laajasti tuotemahdollisuuteen liittyvien asiantuntijoiden haastatteluihin ja havainnointiin. Tutkimusaineistoa analysoimalla tiimi muodostaa mallin tuotekokemuksesta ja pyrkii ymmärtämään sen arvomahdollisuudet, eli tekijät, joiden vuoksi tuote on hyödyllinen, käyttökelpoinen ja mieluisa. Myös tuotteen markkinoiden ominaispiirteiden selvittäminen on olennainen osa tutkimustyötä. Kohdemarkkinoita tutkimalla pyritään selvittämään muun muassa asiakkaiden käyttäytymistä sekä markkinoiden kokoa. Kokonaisuutena muodostuneen tuotetta koskevan tietoisuuden

avulla kehitetään ja tarkennetaan edellisessä vaiheessa laadittua skenaariota. Lisäksi toisen suppilon prosessin tuloksena on kokonaisvaltainen määritelmä tuotteesta, jota tarvitaan kolmannessa suppilossa. Lopputuloksena muodostuvasta tuotteesta on jo jonkinlainen käsitys ja sen arvomahdollisuudet on sisäistetty, sekä tuotteen ominaisuudet, reunaehdot ja vaatimukset on määritelty. (Mts. 185–190.)

Vaihe 3: Mahdollisuuden käsitteellistäminen. Kolmannessa suppilossa tapahtuva työ mukailee perinteisen kokonaisvaltaisen tuotekehitysprosessin konseptisuunnittelua. Edellisessä vaiheessa pyrittiin käsitteellistämään tuotemahdollisuus, kun taas tässä vaiheessa pyritään käsitteellistämään varsinainen tuote. Parhaan tuoteidean ja siitä muodostuvan konseptin löytämiseksi tarvitaan ensin paljon ideoita, joita generoidaan ensimmäisen vaiheen tapaan hyödyntämällä erilaisia ideointimenetelmiä. Konseptien ideointia ohjaavana tekijänä toimivat edellisessä vaiheessa muodostuneet määrittelyt, jotka konseptin tulisi täyttää. Ideoinnin tuloksena muodostuneita konsepteja yhdistellään mahdollisuuksien mukaan ja karsitaan niiden määrä noin kymmeneen konseptiin. Kokonaisprosessin kantavan ajatuksen mukaisesti työskentely konseptien kanssa on myös käyttäjakeskeistä. Jäljellä olevia konsepteja testataan useassa vaiheessa asiantuntijakäyttäjillä ja neuvonantajilla. Testausta toteutetaan konsepteista tehdyillä yksinkertaisilla prototyypeillä tai virtuaalisilla prototyypeillä. Caganin ja Vogelín (2003, 192–193) mukaan testauskierroksia kutakin konseptia kohti pitäisi toteuttaa vähintään kolme, niin että saadun palautteen avulla konseptia kehitetään koko ajan lisää. Kolmannesta suppilosta on tavoitteena saada ulos yksi konsepti. Testattuja ja kehitettyjä konsepteja karsitaan ensimmäisen vaiheen tapaan painotetulla arviointimatriisilla, jonka kriteerit koostuvat edellisessä suppilossa muodostuneista tuotteen määrittelyistä. Lopullista suppilosta ulos tulevaa konseptia ei kuitenkaan valita pelkästään matriisilla saatujen arvosanojen perusteella. Valinta tehdään hyödyntämällä niin arvosanoja kuin asiantuntijoilta saatua palautetta, joiden perusteella valitaan yksi konsepti, joka vastaa kaikilta osilta kohdemarkkinoita. (Mts. 192–196.)

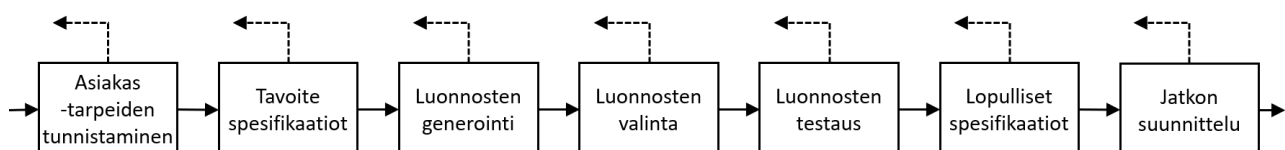
Vaihe 4: Mahdollisuuden toteuttaminen. Neljännen eli viimeisen suppilon lopputulos antaa edellytykset päätökselle tuotekehitysohjelman hyväksymisestä tai hylkäämisestä. Neljännessä vaiheessa valitun konseptin kehitys jatkuu yksityiskohtiin, niin että lopputuloksena on todellinen tuote, josta on olemassa yksityiskohtainen prototyyppi. Lisäksi vaiheessa on tarkoituksena laatia

strategia tuotteen siirtämisestä markkinoille, niin että tuotteen markkinoille vieminen tuottaa tulosta. Strategian laatiminen edellyttää tuotteen valmistus- ja markkinointisuunnitelmaa taloudellisine laskelmineen. Kaikki vaiheen toimet jatkuvat edelleen käyttäjäkeskeisesti toisen vaiheen määrittelyjen toimiessa onnistumisen kriteereinä. Käsitelty neljä vaihetta antavat edellytykset tehdä päätös siitä viedäänkö tuotemarkkinoille. Jos yritys päättää hyväksyä tuotekehitysohjelman viimeisen suppilon lopussa tulee sen sitoa tuotemahdollisuuden toteuttamiseksi huomattavasti inhimillisiä ja taloudellisia resursseja. Caganin ja Vogelín (2003, 200) mukaan kuitenkin huolellisesti tehdyt ensimmäiset neljä vaihetta säästävät myöhemmin huomattavasti aikaa ja rahaa, sekä parantavat tuotemahdollisuuden menestymisen todennäköisyyttä. (Mts. 197–201.)

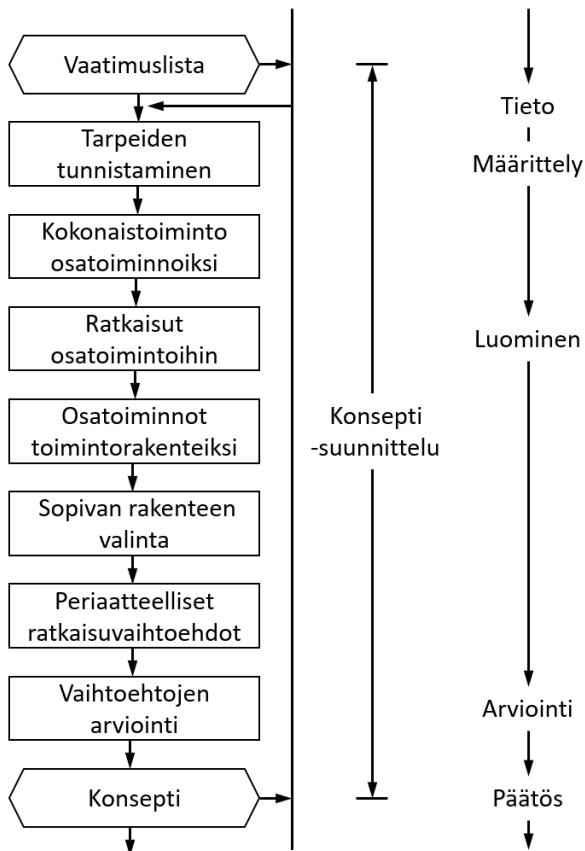
3.4 Konseptisuunnittelu

Konseptisuunnitteluvaihe on mittava osa tuotekehitysprosessia sisältäen luovaa työtä, uuden tiedon etsimistä ja tuottamista, ratkaisujen etsimistä ja suunnittelua, sekä arviointia ja analysointia. Konseptisuunnittelu on tyypillisesti tuotekehitysprosessin ensimmäinen vaihe sen jälkeen, kun kohdemarkkinat ja asiakastarve on tunnistettu ja päätös uuden tuotteen kehittämisestä on tehty. (Jokinen 1999, 20–22.)

Ulrich ja muut (2020, 16) jakavat konseptisuunnittelun kuvio 10 mukaisiin vaiheisiin, kun taas Pahl, Beitz, Feldhusen ja Grote (2007, 160) määrittelevät vastaavasti konseptisuunnittelun askeleet kuvion 11 mukaisesti. Konseptikehitysvaihe alkaa aina asiakastarpeiden tunnistamisella ja kehitettävän tuotteen vaatimuksien määrittelyllä, jonka jälkeen edetään vaiheittain lopullisen jatkoon siirrettävän konseptin tuottamiseksi (Ulrich ym. 2020, 16). Tyypillisesti konseptisuunnittelu ei ole puhtaasti lineaarisesti etenevä toimintojen sarja, vaan toiminnot ovat usein osittain päällekkäisiä ja eteneminen tapahtuu iteroiden (mts. 16). Vaiheen lopputuloksena muodostuva tuotekehitysprosessin etenemisen mahdollistava konsepti on arvioitu ja perusteltu luonnos tuotteesta, joka täyttää asetetut vaatimukset ja kuvaa tuotteen periaatteelliset ratkaisut (Pahl ym. 2007, 198–199).



Kuvio 10. Konseptisuunnittelun vaiheet (Ulrich 2020, 16 muokattu)



Kuvio 11. Konseptisuunnittelun askeleet (Pahl 2007, 160 muokattu)

Konseptisuunnittelun alun asiakkaiden tunnistaminen ja ymmärtäminen vaatii empiiristä otetta, eli laadullisen tutkimuksen menetelmiä kohteena olevan ilmiön ymmärtämiseksi (Hietikko 2015, 61–62). Laadullisella tutkimuksella ei kuitenkaan saada tarkkoja tietoja vaadittavista ominaisuuksista ja vaatimuksista, vaan pikemminkin käyttäjäkeskeisiä kokemuksia ja tarpeita ilmiöön liittyen (mts. 62). Hietasen (2020, 73) mukaan subjektiiviset tutkimustulokset pitää muuntaa spesifikaatioksi, jotka ovat mitattavista suureista koostuvia vaatimuksia. Pahl ja muut (2007, 164–165) taas kuvaavat spesifikaatioiden määrittämistä vaatimusluettelon laatimiseksi. Vaatimusluettelo toimii ohjeistuksena projektin jatkolle, sisältäen yksiselitteiset mitattavista arvoista koostuvat tuotteen kiinteät vaatimukset, vähimmäisvaatimukset ja mahdollisuuksien mukaan toteutettavat toivomukset (mts. 147–148).

Tuotteen vaatimusten määrittämisen jälkeen alkaa luova työvaihe, jossa on tavoitteena generoida ratkaisuideoita tuotteen toteuttamiseksi (Ulrich ym. 2020, 122). Ideoitavat ratkaisut ovat

tässä vaiheessa karkeita luonnoksia ja kuvauksia tuotteen tekniikasta, toimintaperiaatteista ja rakenteesta (mts. 122). Jokisen (1999, 30) mukaan edellä tarkkaan määritellyt vaatimukset tyypillisesti rajoittavat vapaata ideoiden tuottamista, jonka vuoksi tehtävä tulee yleistää. Tehtävä yleistetään kuvaamalla vain tuotteen merkityksellisimmät vaatimukset karkeasti ja unohdetaan tarkat määrittelyt ja toiveet (mts. 30). Yleistäminen vapaan ideoinnin mahdollistamiseksi on tärkeää, koska tavoitteena on generoida mahdollisia ratkaisuja huomattava määrä (mts. 30). Ulrichin ja muiden (2020, 122) mukaan eri menetelmiä hyödyntämällä tuotekehitystiimi pystyy generoimaan jopa useita satoja ideoita. Tyypillisiä ideointiin käytettäviä menetelmiä ovat muun muassa erilaiset intuitiiviset aivoriihet, sekä erilaiset systemaattiset menetelmät (Jokinen 1999, 39–40).

Prosessi ideoiduista ratkaisuista yksityiskohtaiseen suunnitteluun siirrettäväksi konseptiksi sisältää useita arviointi- ja karsintavaiheita, luonnostelua, testaamista ja kehittämistä (Hietikko 2015, 109–111). Lukuisista tuotetuista ideoista on tarkoituksena muodostaa 5–20 varteenotettavaa ratkaisuluonnosta (Ulrich ym. 2020, 122). Ideoiden arviointia ja karsimista tehdään useassa vaiheessa, käyttäen ensimmäisessä vaiheessa täysin sopimattomien ideoiden eliminoimiseksi kriteereinä keskeisiä vaatimuksia ja soveltuvuutta tuotteen käyttötarkoitukseen (Pahl ym. 2007, 106–107). Ideoiden karkean suodatuksen jälkeen voidaan muodostaa ideoista ratkaisun tuottavia variantteja (mts. 106–107).

Ratkaisuluonnoksia arvioidessa kriteereitä tarkennetaan ja tyypillisesti käytetään painotettua arviointimatriisia. Arviointimatriisissa eri kriteereille määritetään painoarvokertoimet niiden tärkeyden mukaan ja ratkaisuluonnoksia pisteytetään kunkin kriteerin mukaan. Matriisilla saadaan kokonaisarvosanat kullekin arvioidulle kohteelle, mutta painotuksen avulla voidaan tunnistaa heikkoudet ja vahvuudet. Tuloksien perusteella ratkaisuluonnoksien heikkouksia voidaan kehittää ja mahdollisia vahvuuksia taas hyödyntää muissa luonnoksissa. Myös lopullisen yksityiskohtaiseen suunnitteluun valittavan konseptin valinnassa voidaan hyödyntää vastaavaa matriisia, mutta tehtävä päätös ei saa perustua pelkästään arvosanoihin, vaan ne toimivat vain apuna päätöksenteossa. (Mts. 112–113, 190–191.)

4 Tasapainoharjoittelulaitteen vaatimustenmukaisuus

Kaikkiin EU:ssa kaupattaviin tavaroihin sovelletaan yleisiä turvallisuusvaatimuksia kuluttajien suojelemiseksi. EU:n direktiivit, asetukset ja päätökset sekä kansalliset lainsäädännöt asettavat tuotekohtaisia vähimmäisvaatimuksia, joiden tarkoituksena on taata tuotteiden turvallinen käyttö. Tuotekohtainen lainsäädäntö määrittelee vastuut vaatimustenmukaisuuden takaamiseksi tuotteen valmistajalle, maahantuojalle ja jakelijalle. (Tuotteiden vaatimustenmukaisuus n.d.)

Osaan tuotteista vaatimukset määrittää tuotekohtainen erityislainsäädäntö, joka edellyttää tuotteiden CE-merkitsemistä (Vaatimukset yleisille kulutustavaroille n.d.). Tuotteen valmistaja tai valtuutettu edustaja vakuuttaa CE-merkillä, että tuote on sitä koskevan lainsäädännön mukainen (CE-merkintä n.d.). CE-merkintä ei kuitenkaan ole yleinen turvallisuusmerkintä ja sitä saa käyttää vain tuotelainsäädännön edellyttämiin tuotteisiin (mt.). CE-merkittäviä tuotteita ovat (mt.):

- Lelut
- Koneet
- Hissit
- Sähkölaitteet
- Henkilösuojaimet
- Tietyt rakennustuotteet
- Kaasulaitteet
- Mittauslaitteet

Erityislainsäädäntöön kuulumattomille tuotteille turvallisuusvaatimukset määrittää kuluttajaturvallisuuslaki 22.7.2011/920 (Vaatimukset yleisille kulutustavaroille n.d.). Yleisiin kulutustavaroihin kuuluvia tuotteita ovat muun muassa (mt.):

- Huonekalut
- Tikkaat
- Kynttilät
- Sytyttimet
- Rullaverhot ja kaihtimet
- Tekstiilit ja lastenvaatteet
- Kotipihojen uima-altaat ja kylpytynnyrit
- Urheilu- ja kuntoiluvälineet
- Kodin yleiset sisustus- ja tarve-esineet

Edellä olevan määrittelyn perusteella tasapainoharjoittelulaitteen turvallisuusvaatimukset asettaa kuluttajaturvallisuuslaki, jos laite suunniteltaisiin käytettäväksi alle 14-vuotiaille ilman ohjausta ja valvontaa, vaatisi laite myös CE-merkinnän. Vaatimusten täyttämiseksi käytetään yleensä standardeja. Standardit ovat markkinoiden toiveesta ja tarpeesta syntyneitä yhdenmukaistettuja ohjeistuksia, joissa määritetään esimerkiksi tuotteiden ja palvelujen ominaisuuksia ja vaatimuksia tai järjestelmien toimintaa (Mitä standardi tarkoittaa? n.d.). Tasapainoharjoittelulaitteen turvallisuusvaatimuksien täyttämiseksi voidaan käyttää kuntolaitteita koskevaa standardia SFS-EN ISO 20957 (Ota standardi avuksi kuntokeskuksen toiminnan parantamisessa 2021).

Eri kuntolaitteiden turvallisuusvaatimukset määrittelee kansainvälinen standardisarja SFS-EN ISO 20957 (mt.). Standardisarja sisältää eri laitteita koskevia osia sekä yleisiä turvallisuusvaatimuksia ja testausmenetelmiä koskevan osan. Tasapainoharjoittelulaitteen turvallisuusvaatimuksien täyttämiseksi soveltuu SFS-EN ISO 20957-1:2013 Kuntolaitteet. Osa 1: Yleiset turvallisuusvaatimukset ja testimenetelmät.

Valittu standardi määrittelee yleisesti kuntolaitteisiin sovellettavat turvallisuusvaatimukset ja testimenetelmät (SFS-EN ISO 20957-1:2013, 5). Standardissa kuvataan yksityiskohtaisesti laitteen rakenteessa huomioitavia yksityiskohtia, sekä testattavat kohteet menetelmineen ja testikuormineen (mts. 10–13). Testeistä laadittavan vaatimustenmukaisuuden osoittavan testiraportin sisältö on myös esitelty ja kuvattu standardissa (mts. 19). Standardi sisältää myös ohjeistuksen huolto-, asennus- ja käyttöohjeiden laatimiseen (mts. 14).

5 Kehitystyön lähtökohdat

Tasapainoharjoittelulaitteen tuotekehityksen prosessimalli on teknologiatyöntöprosessi tyyppinen. Eli tuoteidea sisältää uudenlaista teknologiaa, jolla haetaan etua kilpailijoihin nähden jo olemassa olevilla markkinoilla.

Ennen opinnäytetyön toimeksiantoa tuotekehitysprosessi oli jo käynnistetty. Toimeksiantaja oli tutkinut markkinoita ja niiden potentiaalia, sekä teettänyt laitteeseen liittyen alustavaa konseptointia, jossa oli tehty kilpailija-analyysiä ja ideointia, ja lopputuloksena oli muodostunut laitteesta kolme ratkaisuluonnosta (Saukkonen 2022).

Toimeksiannon mukaisesti opinnäytetyössä ei kuitenkaan lähdetty jatkamaan tuotekehitysprosessia muodostettujen ratkaisuluonnoksien pohjalta, vaan tuotekehitykselle tyypilliseen tapaan prosessissa päätettiin palata taaksepäin. Näin ollen opinnäytetyön keskeiseksi sisällöksi muodostui konseptisuunnitteluvaihe.

6 Vaatimusten määrittäminen

Tasapainoharjoittelulaitteen vaatimusten määrittämistä ohjasi kolme eri asiaa. Työn toimeksiantajalla oli omat kantavat ajatukset laitteesta, jotka tuoteidea mahdollistaa. Toimeksiantajan näkemysten lisäksi asiakastarpeen ymmärtämisen myötä muodostui laitteelle vaatimuksia asettavia tarvelauseita. Edellisten lisäksi vaatimuksia määrittäessä tuli huomioida lainsäädännön asettamat vaatimukset.

Laitteelle vaatimuksia asettavat toimeksiantajan tuoteidean kantavat ajatukset olivat:

- Yksinkertainen
- Turvallinen
- Säädetty
- Edullinen
- Kompakti
- Siirrettävä
- Sopii eri ympäristöihin

Eri tuotekehitysprosessimallien teorian mukaisesti laadullisella tutkimuksella pyrittiin ymmärtämään asiakastarve. Tehdyillä teemahaastatteluilla saatiin käyttäjäkeskeistä näkemystä laitteen vaatimukseen liittyen. Liitteissä 3–7 olevien litteroitujen haastattelujen perusteella pystyttiin muodostamaan käyttäjäkeskeisiä tarvelauseita:

- Laitteen tulee olla tukeva
- Laite ei saa liukua lattiapinnalla
- Laitteeseen pääsy ja siitä pois pääsy tulee olla esteetön
- Laitteen pitää mahdollistaa erilaiset harjoitteet
- Harjoitteen vaatimustaso pitää olla säädettävissä
- Laitteen käytön ja säätöjen tekemisen tulee olla nopeaa ja yksinkertaista
- Laitteen tulee olla helposti siirrettävä ja varastoitava

Luvun 4 selvityksen mukaan myös lainsäädäntö edellyttää laitteelle vaatimuksia. Lainsäädännön täyttämiseksi käyttöön valittu standardi SFS-EN ISO 20957-1:2013 asettaa huomattavan määrän turvallisuusvaatimuksia, jotka tulee huomioida tuotekehitystyössä.

Tuotekehitystyölle muodostettu vaatimuslista taulukossa 1. Toimeksiantajan näkemysten ja teemahaastattelun tuloksien tuottamat subjektiiviset vaatimukset ja tavoitteet pyrittiin ensisijaisesti muuntamaan määrällisiksi arvoiksi ja toissijaisena yksiselitteisesti laadullisiksi määritelmiksi. Määritellyt vaatimukset jaettiin kolmeen eri tyyppiin (Lappi 2021a):

- Kiinteät vaatimukset (KV)
 - Vaatimus on täytettävä kaikissa tilanteissa
- Vähimmäisvaatimukset (VV)
 - Asettaa raja-arvot
- Toivomukset (T)
 - Toteutetaan mahdollisuuksien mukaan

Vaatimuksien muodostamisessa standardin tuomat vaatimukset olivat selkeitä määritelmiä, vaatimuksen kohdalla viitattiin standardiin ja pilkulla erotettiin sivunumero, josta kutakin vaatimusta koskeva määritelmä löytyy. Toimeksiantajan näkemysten ja tarvelauseiden muuntaminen yksiselitteisiksi vaatimuksiksi oli taas huomattavasti haastavampaa. Kuten esimerkiksi laitteen kompaktin koon tai valmistuskustannuksien määrittäminen, koska tilan tarve on aina suhteellinen, ja koska kyseessä on uuden tyyppinen laite sen hintaa ei voinut suoraan verrata olemassa oleviin ratkaisuihin.

Taulukko 1. Vaatimusluettelo

VAATIMUSLUETTELO		
Tasapainoharjoittelulaiteen tuotekehitys 7.3.2023		
Vaatusmus	Luokitus KV, VV, T	Lukuarvo/ Standardi/ Määritelmä
Geometria		
Laitteen vaatima lattiapinta-ala	VV	< 1 m ²
Kulmat ja reunat	KV	SFS-EN ISO 20957-1:2013, 10
Putkien päät	KV	SFS-EN ISO 20957-1:2013, 10
Puristumis- ja leikkauskohdat	KV	SFS-EN ISO 20957-1:2013, 10-11
Toiminnallisuus		
Remmit	KV	Jännitys säädettävä
	KV	Mahdollisuus käyttää eri asennoissa
Runko	T	Kokoontaittuva
Voimat		
Käyttäjä	VV	< 120 kg
Kuormitukset	VV	SFS-EN ISO 20957-1:2013, 13
Remmit	VV	SFS-EN ISO 20957-1:2013, 11
Materiaali		
Käyttöympäristö	KV	Sisätilat
	T	Ulkotilat
Remmit	KV	Kontakti paljaan ihon kanssa
Turvallisuus		
Vakaus	KV	SFS-EN ISO 20957-1:2013, 10, 16
Laitteeseen juuttuminen	KV	SFS-EN ISO 20957-1:2013, 11
Esteettömyys	KV	Vapaa askellus pois laitteesta
Laite ei saa liukua lattialla	KV	Kitkakertoimen maksimointi
Valmistus		
Valmistusmenetelmä	KV	Yleisesti tunnettu ja käytetty
Käyttö		
Säätöjen tekeminen	T	< 1 min.
	KV	Pitää kestää useita toistoja
	T	Määriteltä vaatavuustaso
Kunnossapito		
Helposti puhdistettava	KV	Materiaalivalinnat
Mahdollisuus varaosiin	T	
Talous		
Valmistuskustannus	KV	Minimointi

7 Ratkaisujen tuottaminen

Tämä luku käsittelee asiakastarpeen ja vaatimusten määrittämisen jälkeisiä toimia. Vaiheen keskeisimpiä toimia oli ensimmäisten ideoiden generointi ja niiden suodatus, josta edettiin vaiheittain

ratkaisuluonnoksia kehittäen, arvioiden ja karsien niin, että lopulta saatiin muodostettua konsepti-kehitykseen siirrettävät ratkaisuluonnokset.

7.1 Ideoiden generointi

Ideointivaiheessa oli tavoitteena muodostaa mahdollisimman paljon asiakastarpeet ja vaatimukset täyttäviä ratkaisuideoita. Luvun 3.4 neljännen kappaleen mukaisesti ideoiden generoimiseksi on monia eri menetelmiä, mutta suurin osa menetelmistä on ryhmässä toteutettavia. Koska opinnäytetyö tehtiin yksilötyönä, ideointitiimi piti muodostaa erikseen. Apuna ideoiden tuottamisessa hyödynnettiin Jyväskylän ammattikorkeakoulun syksyllä 2021 aloittanutta konetekniikan monimuotoryhmää. Ideointi toteutettiin pitämällä ryhmälle ideointiharjoitus heidän lähiopiskelupäivänsä yhteydessä.

Ideointiharjoitus toteutettiin käyttämällä 6-3-5 -menetelmää. Kyseinen menetelmä on hiljainen aivoriihi, jossa kuuden hengen tiimi etenee ideoiden viiden minuutin sykleissä, pyrkien tuottamaan kolme ideaa per sykli (Dhulekar 2021). Prosessin alkaessa jokaisella jäsenellä on tyhjä paperi, jolle ensimmäisen viiden minuutin aikana tulee keksiä kolme ideaa (mt.). Ensimmäisen kierroksen jälkeen paperit kierrätetään ryhmän seuraavalle jäsenelle, jonka tavoitteena on seuraavan viiden minuutin aikana tuottaa kolme uutta ideaa tai kehittää kolmea edellistä (mt.). Prosessi etenee sykleittäin, kunnes jokainen paperi on kiertänyt kaikilla jäsenillä (mt.). Teoreettisesti kuuden henkilön tiimi voi tuottaa puolessa tunnissa 108 ideaa (mt.). Menetelmä antaa huomattavasti enemmän tilaa vapaalle ideoinnille tavalliseen aivoriiehen verrattuna, jossa kaikki ovat yhtä aikaa äänessä (mt.). Lisäksi menetelmä on havaittu tehokkaaksi keinoksi aikaisempiin kokemuksiin perustuen.

Ideointiharjoitukseen osallistui 11 opiskelijaa, jotka jaettiin kahdeksi neljän hengen ryhmäksi ja yhdeksi kolmen hengen ryhmäksi. Harjoituksen alkuun kerrottiin ja esiteltiin työn tausta, tavoite ja toteutustapa. Seuraavana ryhmälle esiteltiin kuva toimeksiantajan tekemästä tasapainoharjoittelulaitteen ensimmäisestä prototyypistä ja käytiin läpi idean kantavat ajatukset, jotta kaikki saivat selkeän käsityksen ideoinnin kohteesta, johon haetaan ratkaisuja. Ennen prosessin aloittamista ideoinnin kohde vielä yleistettiin vapaan ideoinnin mahdollistamiseksi. Ideoinnin kohde yleistettynä oli ”Laite tasapainoiluun, jossa voidaan käyttää erilaisia remmejä eri asennoissa”.

Ideointi toteutettiin neljässä viiden minuutin syklissä, suurimman ryhmäkoon mukaisesti. Harjoituksen kokonaiskesto oli 45 minuuttia ja se tuotti 65 ratkaisuun liittyvää ideaa. Tuotokset ovat liitteessä 8, josta nähdään, että osa ideoista oli kokonaisratkaisun luonnoksia ja osa yksityiskohtia koskevia ratkaisuehdotuksia. Seuraavassa alaluvussa käsitellään tuotettujen ideoiden ensimmäistä tarkastelua ja karsintaa.

7.2 Ensimmäinen suodatus ideoille

Ensimmäisen suodatuksen tavoitteena oli eliminoida kaikki ratkaisua tukemattomat ideat, kuitenkin niin että kaikki varteen otettavat vaihtoehdot jäävät jäljelle. Suodatusta varten ideat numeroitiin yksilöllisesti erilliseen tiedostoon ja suodatus tehtiin kuvion 12 havainnollistamalla taulukolla, joka on kokonaisuudessaan liitteessä 9.

Ideoita tarkasteltiin ja arvioitiin kolmen kriteerin perusteella: A, B, C ja D. Arvioinnissa edettiin jokaisen idean kohdalla tarkastellen kriteereihin sopivuutta järjestyksessä A:sta D:hen. Kriteerit A–C liittyivät kokonaisratkaisun luonnoksien arviointiin. Niissä tarkasteltiin vastaako idea kokonaistehtävän tavoitteita, eli tavoitteena oli suunnitella laite ja idean ollessa jotain muuta se eliminointiin. Seuraavana ideaa verrattiin vaatimuksiin ja tavoitteena oli eliminoida ideat, jotka ovat selvästi jonkun vaatimuksen vastaisia. Viimeisenä vielä arvioitiin, onko idea toteutettavissa järkevästi huomioiden esimerkiksi normaalit valmistusmenetelmät ja luonnonlait. Positiivisen päätöksen saanut idea vaati kyllä -päätöksen kaikkiin A–C kriteereihin. Jos esimerkiksi heti A kohdassa nähtiin, että idea ei vastaa kokonaistehtävää seuraavaa kohtaa ei ollut tarvetta arvioida. Kriteeri D mahdollisti suodatuksessa sen, että yksityiskohtia koskevia ratkaisuehdotuksia ei eliminoitu, jos nähtiin tällaisen idean mahdollisesti tukevan laitteen kehittämistä.

Ideoiden suodattamisen helpottamiseksi taulukkoon määriteltiin ehdollinen muotoilu, joka tuotti värikoodin sen mukaan mitä idealle tehdään. Kirkkaan vihreä väri tarkoitti jatkoon menevää kokonaisratkaisun luonnosta, vaalean vihreä oli jatkoon menevä kokonaisratkaisua tukeva idea ja punainen tarkoitti idean eliminoimista. Ensimmäisessä suodatuksessa karsiutui pois 19 ideaa. Jatkoon meni 46 ideaa, joista 18 oli kokonaisratkaisun luonnoksia ja 28 yksityiskohtia koskevia ratkaisuehdotuksia.







Arvointi kriteerit:					
A On yhteen sopiva kokonaistehtävän kannalta					
B Täyttää vaatimusluettelon vaatimukset					
C Ratkaisu on toteutettavissa					
D Kokonaistehtävään sopiva vaatimuksia tukeva toiminto					
Valinta kriteerit:					
+ Kyllä					
- Ei					
? Ei tarvittavaa tietoa päätöksen tekoon					
Päätöksenteon kriteerit:					
+ Idea menee jatsoon					
- Idea eliminoidaan					
? Vaatii lisäselvityksiä					
Idea	A	B	C	D	Päätös
1	-				-
2				+	+
3	+	+	+		+
4	+	+	+		+
5	-				-

Kuvio 12. Ideoiden ensimmäinen suodatus

7.3 Ratkaisuluonnokset

Vaatimukset ja asiakastarpeen täyttäviä ratkaisuluonnoksia muodostettiin systemaattisesti ensimmäisestä suodattuksesta jäljelle jääneisiin ideoihin tukeutuen. Ensimmäisenä tarkasteltiin kokonaisratkaisua tukevia ideoita ja havaittiin, että ideoissa toistuu samankaltaiset rakenneratkaisut. Taulukon 2 mukaisesti eri muotoisia rakenteita havaittiin kuusi ja ideat lajiteltiin taulukoon samantyyppisten rakenteiden mukaan, taulukon ylin rivi kuvaa rakenteen muotoa. Taulukkoon tehtiin myös värikoodaus hyödyntäen ehdollista muotoilua, jolloin oli helppo löytää suodatetuista ideoista samankaltaiset ratkaisut.

Taulukko 2. Ideoinnissa syntyneiden luonnosten lajittelu eri muotojen mukaan

Rakenne						
Idea						
3			x			
4			x			
12	x					
14						x
17		x				
18						x
19	x					
25	x					
26		x				
31					x	
32					x	
39	x					
43				x		
44				x		
49	x					
57			x			
63	x					
65				x		

Edellistä vastaavasti myös yksityiskohtia koskevat ratkaisuideat lajiteltiin. Taulukon 3 mukaisesti tunnistettiin viisi eri kategoriaa, joiden mukaan ideoille tehtiin lajittelu. Ideat myös värikoodattiin taulukoon sen mukaan mitä osa-aluetta idea koskee. Taulukon alla myös koonti kategorioittain keskeisimmistä ideoista.

Taulukko 3. Yksityiskohtia koskevien ideoiden lajittelu

Idea	Runko	Remmit	Remmien kiinnitys	Valmistusmenetelmä	Turvallisuus
2		x			
20	x				
21			x		
22			x		
23		x			
24	x				
27			x		
28	x				
29	x				
30					x
33		x			
34			x		
35	x				
37		x			
38					x
41					x
42					x
45		x	x		
46					x
47	x				
48	x				
50				x	
52	x				
53	x				
55		x			
56	x				
59				x	
60		x			

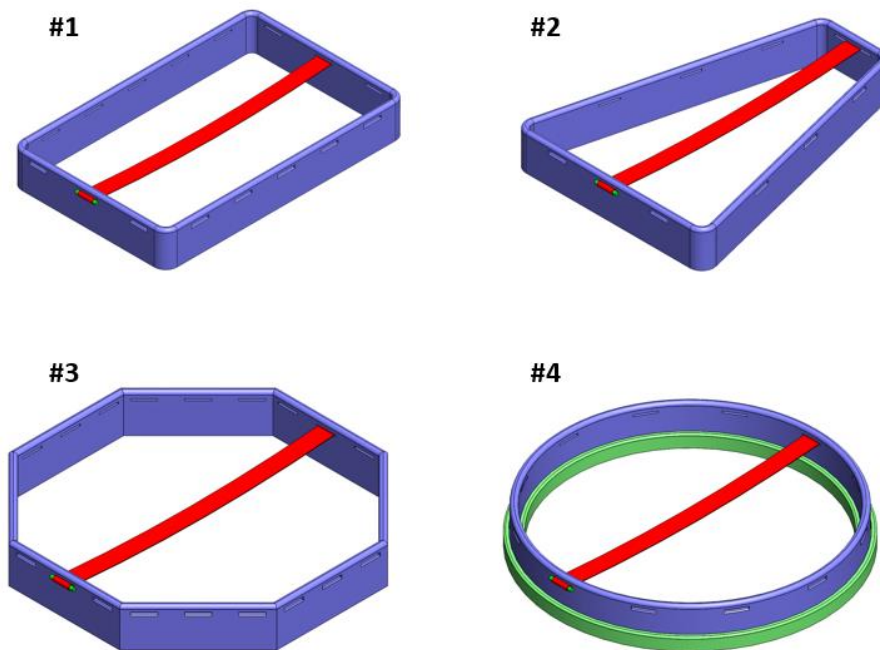
Yksityiskohtia koskevat ideat kootusti:

- Runko
 - Korkeussäädettävä
 - Remmien eriasentoihin sijoittamisen mahdollistava muoto
 - Teleskooppirunko
 - Kokoontaittuva/purettava pikakiinnityksellä
 - Pyöreät reunat
 - Modulaarinen rakenne
 - Rungon rakenne voisi mahdollistaa muitakin kuin tasapainoharjoitteita
- Remmit
 - Joustavat remmit

- Mahdollisuus eri levyisiin remmeihin
- Remmin leveyden muuttaminen erillisellä lisäosalla
- Remmien kiinnitys
 - Pikakiinnitys
 - Jännityksen säätö
 - Jännityksen säätö kiristysräikällä
- Valmistusmenetelmä
 - Muovinen runko
 - Teräsrunko
 - Putkista tai profiileista valmistettu runko
- Turvallisuus
 - Remmiin asennettava leveämpi lisätaso
 - Tuki käyttäjän avuksi
 - Imukupit, joilla laite kiinnittyy lattiaan

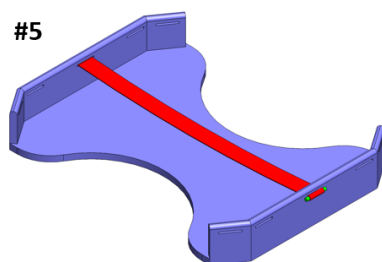
Vaatimukset täyttäviä ratkaisuluonnoksia muodostettiin tarkastellen lajittelussa tunnistettuja samankaltaisia rakennevaihtoehtoja, samalla silmällä pitäen yksityiskohtia koskevia ideoita. Luonnostelussa edettiin tarkastelemalla lajittelussa havaittuja samankaltaisia rakenteita poimien jokaisesta parhaat ajatukset, joita yhdistämällä muodostettiin luonnoksia, joihin vielä mahdollisuuksien mukaan pyrittiin yhdistämään sopivia yksityiskohtia koskevia ideoita. Ratkaisuluonnoksista tehtiin yksinkertaisia 3D-malleja havainnollistamaan kutakin ratkaisua. Tässä vaiheessa ei vielä yritetty löytää ratkaisuja kaikkiin yksityiskohtiin, vaan pikemminkin tavoitteena oli luoda toteutuskelpoisia kokonaisratkaisua kuvaavia luonnoksia. Luonnostellessa kuitenkin pohdittiin alustavasti kuhunkin vaihtoehtoon sopivia materiaalivalintoja ja mahdollista mitoitusta. Liite 10 esittää kokonaisuudessaan tuotetut yhdeksän ratkaisuluonnosta ja niiden yksityiskohdat sekä ominaisuudet.

Ensimmäisenä tehtiin luonnokset laitteista, joiden muoto ja rakenne oli hyvin yksinkertainen, näin oli helppo saada luonnosteluprosessi käyntiin. Yksinkertaisen rakenteen omaavia luonnoksia syntyi kuvio 13 mukaiset neljä erilaista. Kaikissa neljässä luonnoksessa toistuu samalainen idea remmin kiinnityksestä ja sen jännityksen säätämisestä. Kaikissa on myös yksinkertainen kiinteä runkorakenne, poikkeuksena luonnos 4, johon yhdistettiin lisätoiminto (ks. liite 10).



Kuvio 13. Ratkaisuluonnokset 1–4

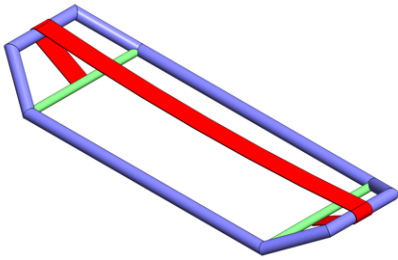
Kuvion 14 mukainen viides ratkaisuluonnos mukailee neljää edellistä yksinkertaisuuden ja remmien kiinnityksen osalta. Edellisistä poiketen rakenteesta pyrittiin kehittämään reunoilta avoimempi, kuitenkin niin että remmit pystytään sijoittamaan eriasentoihin.



Kuvio 14. Ratkaisuluonnos 5

Kuviossa 15 esitetty kuudes ratkaisuluonnos poikkeaa rakenteeltaan merkittävästi edellisistä. Laitteen runko on tehty putkista ja remmien kiinnitys ja jännityksen säätö on toteutettu eri tavalla. Mutta edellisten tapaan toteutus on hyvin yksinkertainen ja rakenne on kiinteä.

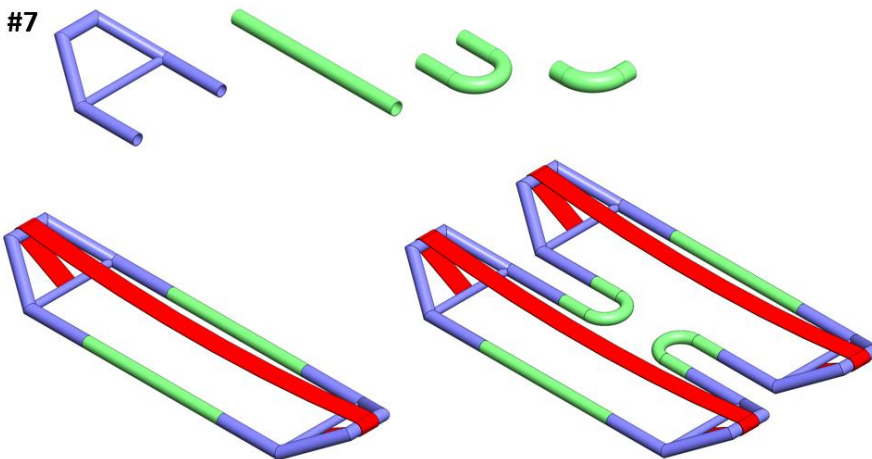
#6



Kuvio 15. Ratkaisuluonnos 6

Seitsemäs ratkaisuluonnos muodostui edellisen luonnoksen jatkokehityksen tuloksena. Runko on edelleen putkista tehty, mutta rakenne ei ole kiinteä, vaan se muodostuu irtonaisista osista. Modulaarisen rakenteen avulla laite mukautuu eri variaatioihin kiinteä runkoista paremmin. Laitteen rungossa tulisi olemaan 4–5 perusosaa, joista voidaan kasata erilaisia variaatioita kuvion 16 mukaisesti.

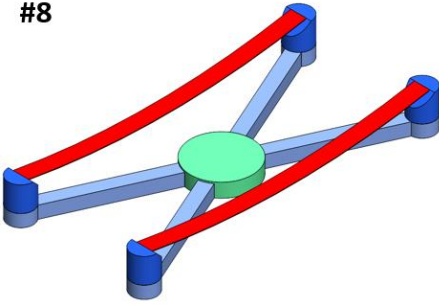
#7



Kuvio 16. Ratkaisuluonnos 7

Kuvion 17 esittämässä kahdeksannessa ratkaisuluonnoksessa pyrittiin kehittämään rakenne säädettävyyden näkökulmasta. Laitteen eri osat ideoitiin niin että kaikki dimensiot olisivat säädettävissä, joka mahdollistaa eri variaatiot yhdellä laitteella, säätömahdollisuuksia kuvattu tarkemmin liitteessä 10.

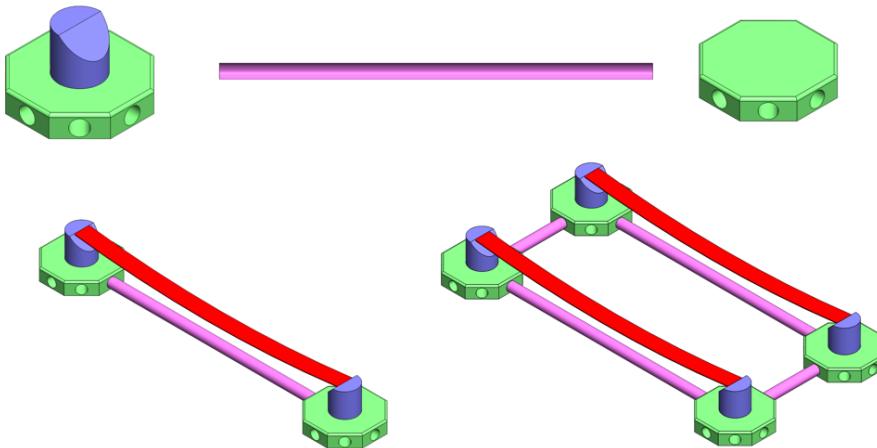
#8



Kuvio 17. Ratkaisuluonnos 8

Viimeisessä yhdeksännessä ratkaisuluonnoksessa edellistä säädettävää rakennetta kehitettiin modulaariseksi. Kuvio 18 havainnollistaa modulaarisen rakenteen kolme pääosaa ja mahdollisia variaatiota, joita lisää liitteessä 10.

#9



Kuvio 18. Ratkaisuluonnos 9

7.4 Ratkaisuluonnoksien arviointi

Ratkaisuluonnoksia arvioidessa pyrittiin muodostamaan työn tavoitteen mukaisesti objektiivinen näkemys siitä mitkä kolme vaihtoehtoa tulisi valita jatkokehitykseen. Valinnan tueksi käytettiin luonnosten arviointiin painotettua pistematriisia, jossa painotukset muodostettiin ristiin arvioimalla arviointikriteereitä.

Painotetussa pistematriisissa arvioinnin kohteille annetaan pisteitä eri arviointikriteerien mukaan. Eri arviointikriteereille on oma painoarvo, jonka mukaan muodostuu kokonaispisteet kullekin arvioinnin kohteelle. Painoarvot taas määritetään vertailemalla eri arviointikriteerejä keskenään sen mukaan ovatko kriteerit keskenään yhtä tärkeitä tai onko toinen tärkeämpi. (Lappi 2021b.)

Arvioinnissa käytetyt kriteerit muodostettiin laitteelle määriteltyihin vaatimuksiin perustuen. Tässä vaiheessa huomioitiin, että kriteereistä ei muodosteta liian tarkkoja, koska ratkaisuluonnokset eivät vielä kuvanneet kaikkia vaatimuksia koskevia yksityiskohtia. Arviointikriteereiksi valittiin turvallisuus, säädettävyyden ja toteutettavuus. Arviointikriteerien painokertoimien määrittäminen taulukossa 4. Koska kriteerejä oli vertailussa vain kolme, painokertoimien erot muodostuivat suuriksi.

Taulukko 4. Painokertoimien määrittäminen

Kriteerit:	Pisteytys:
1 = Turvallisuus	1 = Vaaka- ja pystyrivi ovat yhtä tärkeitä
2 = Säädettävyyden	2 = Vaakarivi on tärkeämpi kuin pystyrivi
3 = Toteutettavuus	0 = Pystyrivi on tärkeämpi kuin vaakarivi

Kriteeri	1	2	3	Yhteensä	Painokerroin
1	0	2	2	4	0,67
2	0	0	1	1	0,17
3	0	1	0	1	0,17

Painotetussa pistematriisissa ratkaisuluonnoksia pisteytettiin edellä määriteltyjen kriteerien mukaan ja yhteispisteissä huomioitiin painoarvot. Turvallisuutta arvioidessa tarkasteltiin laitteen käytettävyyttä tukevuuden ja esteettömyyden näkökulmasta. Säädettävyydessä huomioitiin mahdollisuus sijoittaa remmejä eriasentoihin ja remmien jännityksen säädettävyyden. Toteutettavuudessa arvioitiin valmistettavuutta ja sitä kuinka yksinkertainen rakenne on. Pisteitä annettiin asteikolla 0–5, 0=luonnos ei täytä millään tavalla vaatimusta, 5=luonnos täyttää vaatimuksen kaikilta osin. Arviontiin käytetty painotettu pistematriisi täydennettynä ja yhteispisteiden mukaan värikoodatuna taulukossa 5.

Taulukko 5. Ratkaisuluonnoksien arviointi

Kriteeri	Turvallisuus		Säädettävyyys		Toteutettavuus		Yhteensä ilman painotusta	Yhteensä painotettuna
Painokerroin	0,67		0,17		0,17			
	Pisteet	Painotettu	Pisteet	Painotettu	Pisteet	Painotettu		
Ratkaisuluonnos 1	2	1,33	3	0,5	4	0,67	9	2,5
Ratkaisuluonnos 2	2	1,33	3	0,5	4	0,67	9	2,5
Ratkaisuluonnos 3	2	1,33	3	0,5	4	0,67	9	2,5
Ratkaisuluonnos 4	2	1,33	3	0,5	4	0,67	9	2,5
Ratkaisuluonnos 5	4	2,67	3	0,5	4	0,67	11	3,83
Ratkaisuluonnos 6	4	2,67	1	0,17	4	0,67	9	3,50
Ratkaisuluonnos 7	4	2,67	4	0,67	3	0,5	11	3,83
Ratkaisuluonnos 8	4	2,67	4	0,67	3	0,50	11	3,83
Ratkaisuluonnos 9	4	2,67	4	0,67	4	0,67	12	4,00

Pistematriisista havaittiin, että ratkaisuluonnokset 1–4 saivat huomattavasti muita heikommat kokonaispisteet. Koska aiemmin tunnistettiin painokertoimien erojen muodostuneen suuriksi, arviointi iteroitiin muuttamalla painokertoimiksi turvallisuudelle 0,4 sekä säädettävyydellä ja toteutettavuudelle 0,3. Iteroitu arviointi pienensi piste-eroja, mutta lopputuloksen nähtiin kuitenkin olevan ensimmäistä arviointia vastaava, jonka vuoksi sen katsottiin tarjoavan käyttökelpoiset tulokset.

Asiantuntijat määrittivät, että laitteesta poistumisen tulee olla esteetön ja lisäksi myös käyttöön valittu standardi tukee tätä määritelmää. Ratkaisuluonnoksien 1–4 rakenne ei täyttänyt riittävän hyvin tätä vaatimusta, jonka vuoksi kokonaispisteet jäivät heikoksi ja se nähtiin riittävän syynä hylätä ratkaisuluonnokset 1–4. Seuraavaksi heikoimmat pisteet sai ratkaisuluonnos 6, joka oli onnistunut turvallisuuden ja toteutettavuuden näkökulmasta. Kokonaispisteitä kuitenkin heikensi säädettävyyden tarkastelu, jossa havaittiin, että mahdollisuus sijoittaa remmejä eri asentoihin on hyvin puutteellinen. Vaatimusten mukaan kuitenkin edellä mainittu ominaisuus nähtiin tärkeänä, jonka vuoksi ratkaisuluonnokselle 6 muodostui selkeä hylkäämisperuste. Jäljellä jääneistä neljästä ratkaisuluonnoksesta tuli vielä tavoitteiden mukaisesti hylätä yksi. Ratkaisuluonnos 9 nähtiin vahvana vaihtoehtona kaikkien kriteerien pisteitä tarkastellessa, joten se valittiin suoraan jatkokon. Ratkaisuluonnokset 5, 7 ja 8 olivat kaikki hyvin erityyppisiä, mutta ne saivat kuitenkin arvioinnissa tasapisteet. Edellä mainittuja kolmea vaihtoehtoa tarkastellessa havaittiin ratkaisuluonnoksen 7 mukailevan samaa ajatusta kuin ratkaisuluonnoksen 9, mutta jo jatkokon valittu ratkaisuluonnos oli selkeästi parempi vaihtoehto, joka antoi perusteet ratkaisuluonnoksen 7 hylkäämiselle.

Edellä tehdyllä painotetun pistematriisin tuloksien analyysillä saatiin valittua perustellusti seuraavaan vaiheeseen siirrettävät ratkaisuluonnokset. Valituiksi tuli ratkaisuluonnokset 5, 8 ja 9, jotka olivat kaikki täysin erilaisia, mutta vastasivat hyvin asetettuihin vaatimuksiin. Kolme erityyppistä rakennetta nähtiin myös arvokkaana työn lopputuloksen kannalta.

8 Konseptien kehitys

Konseptien kehitysvaiheessa edellä valitut kolme ratkaisuluonnosta kehitettiin työn tavoitteen mukaisiksi konsepteiksi ja niitä arvioitiin keskenään. Kullekin konseptille pyrittiin ideoimaan yksityiskohtia kuvaavat periaatteelliset ratkaisut, sekä laitteiden materiaalivalintoja ja mitoitusmittausta perustellusti. Konsepteista tehtiin aiempaa vaihetta yksityiskohtaisempia 3D-malleja, jotka havainnollistavat selkeästi suunnitellut rakenteet ja periaatteelliset yksityiskohdat. Valittujen materiaalien ja mitoitusmittausten perusteella tehtiin rakenteille myös alustavaa lujuustarkastelua hyödyntäen FEM-analyysia. FEM-analyysien tavoitteena oli muodostaa käsitys siitä, onko valitut ratkaisut toteutuskelpoisia lujuusmielessä.

Sekä ideointi- että luonnosteluvaiheessa tunnistettiin mahdollisia materiaaleja, joita voitaisiin käyttää. Materiaalivalintojen tueksi tunnistetuista materiaaleista haettiin lisätietoja ja tehtiin niistä koonti. Lujuustarkastelun mahdollistamiseksi määriteltiin laiteeseen kohdistuva voima ja tarkasteltiin statiikan avulla, miten voiman eri komponentit vaikuttavat laitteen rakenteeseen.

Muodostuneita konsepteja arvioitiin vastaavalla tavalla kuin ratkaisuluonnoksia, mutta huomattavasti laajemmin. Lisäksi konsepteista tehtiin esitysmateriaali käyttäjäkeskeisen palautteen keräämiseksi. Konseptit esiteltiin teemahaastattelun informanteille ja he saivat tehdä oman arvioinnin konsepteista.

8.1 Mahdolliset materiaalit

Mahdollisista materiaaleista etsittiin keskeisintä tietoa teknisiin ominaisuuksiin liittyen. Ideointi- ja luonnosteluvaiheessa pohdittuja eri osien ja komponenttien mahdollisia materiaaleja olivat:

- Teräs
- Alumiini

- Muovi
- Muovikomposiitti
- Vaneri

Teräsrakenteissa laajasti ja yleisesti käytettyjä rakenneteräslaatuja ovat S235 ja S355 (Teräsrakentajan käsikirja 2020, 19). Rakenneteräkset ovat verrattain edullisia, lujia ja helposti muokattavia (mts. 7–9). Lisäksi niitä on laajasti saatavissa erilaisina ja -kokoisina palkkeina, tankoina, putkina ja levyinä (mts. 5). Vaadittaessa rakenneteräksiä parempaa korroosion kestävyttä voidaan vaihtoehtoisesti käyttää ruostumattomia teräksiä (mts. 22). Yleisimpiä ruostumattomia teräslaatuja ovat austeniittiset EN 1.4307 ja EN 1.4404 (mts. 22). Rakenneteräksien tapaan edellä mainituille ruostumattomille teräsalaaduille on ominaista hyvä muokattavuus sekä lujuus, mutta seosainekustannuksista johtuen ne ovat huomattavasti rakenneteräksiä kalliimpia (mts. 22). Teräsalaatujen viitteelliset tekniset ominaisuudet taulukossa 6.

Taulukko 6. Terästen ominaisuudet

Laatu	Myötöraja (MPa)	Murtoraja (MPa)	Tiheys (kg/m ³)
S235	235	370	7800
S355	355	520	7800
EN 1.4307	240	570	8000
EN 1.4404	250	600	8000

Alumiinin etuna on keveys, hyvä korroosionkestävyys ja suuri lujuus suhteessa painoon. Puhtaan alumiinin sijaan tyypillisesti käytetään erilaisia alumiiniseoksia, joissa puhtaaseen alumiiniin on yhdistetty muita metalleja. Eri alumiiniseoksia on huomattava määrä, jotka omaavat eri ominaisuuksia seosaineista riippuen kuten hyvän korroosionkestävyyden, lujuuden tai muovattavuuden. Yleisesti käytössä olevia alumiiniseoksia ovat 5xxx- ja 6xxx-sarjan alumiinit. 5xxx-sarjan alumiinit omaavat hyvät lujuus ja korroosionkesto ominaisuudet sekä se on hyvin hitsattavaa. 6xxx-sarjan alumiinit ovat käytetyimpiä pursottamalla valmistettavissa alumiinituotteissa. (10 faktaa alumiinista n.d.) Taulukossa 7 kolmen yleisen alumiiniseoksen suuntaa antavat tekniset ominaisuudet.

Taulukko 7. Alumiinien ominaisuudet

Laatu	Murtoraja R_m (MPa)	Venymäraja $R_{p0,2}$ (MPa)	Tiheys (kg/m ³)
EN AW-5747	200	80	2700
EN AW-6060	200	150	2700
EN AW-6082	300	250	2700

Eri käyttötarkoituksiin soveltuvia muovilaatuja on satoja, jotka muodostuvat noin 30 perusmuovista ja niiden seoksista, joissa eri lisäaineilla saadaan käyttötarkoitukseen soveltuvia ominaisuuksia. Käyttötarkoitukseen soveltuvalla muovilla voidaan saavuttaa esimerkiksi keveys, suuri mekaaninen lujuus, pieni kitkakerroin tai hyvä kemikaalien ja korroosion kesto. Tyypillisiä muovituotteiden valmistusmenetelmiä ovat ruiskuvalu, suulakepuristus, lämpömuovaus, rotaatiovalu ja tyhjiömuovaus. Muovia voidaan myös työstää perinteisesti lastuamalla ja liittää hitsaamalla. (Yleistietoa muoveista n.d.) Yleisiä koneenrakennuksessa käytettyjä teknisiä muoveja ovat muun muassa polyamidi (PA), polyoksimetyyli (POM), polyeteenitereftalaatti (PET) ja polyeetterieetteriketoni (PEEK). Edellisten viitteelliset tekniset ominaisuudet taulukossa 8. (Muovitietopankki n.d.)

Taulukko 8. Muovien ominaisuudet

Laatu	Vetolujuus (N/mm)	Max. taivutus jännitys (MPa)	Tiheys (kg/m ³)
PA	80	130	1140
POM	65	117	1410
PET	90	215	1390
PEEK	92	-	1320

Vaihtoehtoisesti pelkkää muovia lujempi vaihtoehto on muovikomposiitti. Komposiitit muodostuvat tyypillisesti kahdesta eri materiaalista, joista toinen on matriisi ja toinen lujite (Komposiitit n.d.)

3). Muovikomposiitin eli lujitemuovin tapauksessa muovi toimii matriisina ja lujite voi olla esimerkiksi lasikuitua, hiilikuitua tai aramidikuitua (mts. 5). Yleisin käytetty lujitekuitu on lasikuitu, joka on edullinen vaihtoehto ja sillä on suuri lujuus (mts. 6). Lasikuidulla on myös hyvät jäykkyysominaisuudet, jotka ovat samaa luokkaa alumiinin kanssa (mts. 6). Muovikomposiitille soveltuvia valmistusmenetelmiä ovat erilaiset laminointimenetelmät, kuitukelaus, alipainefuusio, puristusmuovaus ja pultruusio (mts. 12–16). Muovikomposiitista on mahdollista valmistaa kevyitä ja lujia rakenteita kustannustehokkaasti (mts. 9). Rakenteen lujuuteen vaikuttaa merkittävästi käytettävä matriisi ja lujitekuitu, sekä kuitujen suunta rakenteessa (mts. 9). Taulukossa 9 on esitetty viitteelliset muutamien kuitukomposiittien tekniset ominaisuudet, joissa kuitujen tilavuusosuus on 60 % ja kuidut on aseteltu niin, että lujuus on sama kaikissa tarkastelusuunnissa (mts. 11).

Taulukko 9. Muovikomposiittien ominaisuudet

$\sigma_1 V$ = Lujuus kuitujen suunnassa vedossa

$\sigma_2 V$ = Lujuus kuituja vastaan kohtisuorassa suunnassa vedossa

$\sigma_1 P$ = Lujuus kuitujen suunnassa puristuksessa

$\sigma_2 P$ = Lujuus kuituja vastaan kohtisuorassa suunnassa puristuksessa

Laatu	Lujuus (MPa)				Tiheys (kg/m ³)
	$\sigma_1 V$	$\sigma_2 V$	$\sigma_1 P$	$\sigma_2 P$	
E-LASI-EPOKSI	1070	38	870	185	2000
S-LASI-EPOKSI	1590	41	1050	234	2000
ARAMIDIEPOKSI	1380	30	275	138	1380
HIILIKUITU (SM)-EPOKSI	2275	52	1590	207	1550
HIILIKUITU (SM)-PEEK	2140	80	1105	200	1570

Vaneri on monikäyttöinen painoonsa nähden luja materiaali. Vanerin ja sen jatkojalosteiden käyttökohteita ovat muun muassa rakennusteollisuus, ajoneuvot, huonekalut, sisustustuotteet ja urheiluvälineet. Suomalainen vaneri valmistetaan ristiin liimaamalla ohuita viiluja, jotka ovat tyypillisesti koivua, kuusta tai mäntyä. Yleiset vanerilaadut ovat koivuvaneri, compivaneri, peilikuvacombivaneri ja havuvaneri. Vanerilaatujen tyyppien mukaisesti koivu- ja havuvaneri valmistetaan pelkästään koivu- tai havupuuviiluista, kun taas kombivanerit ovat erilaisia koivu- ja havupuuviilujen yhdistelmiä. Yleisimpien vanerien viitteelliset tekniset ominaisuudet taulukossa 10. (Vanerikäsikirja 2006.)

Taulukko 10. Vanerien ominaisuudet

Laatu	Ominaisuuslujuus (MPa) (t=15)						Keskitiheys (kg/m3)
	Taivutus		Puristus		Veto		
	=	⊥	=	⊥	=	⊥	
Koivu	41	34	27	25	40	35	680
Combi	37	34	21	25	16	35	620
Havu	24	19	19	17	15	13	500

8.2 Lujuustarkastelun lähtökohdat

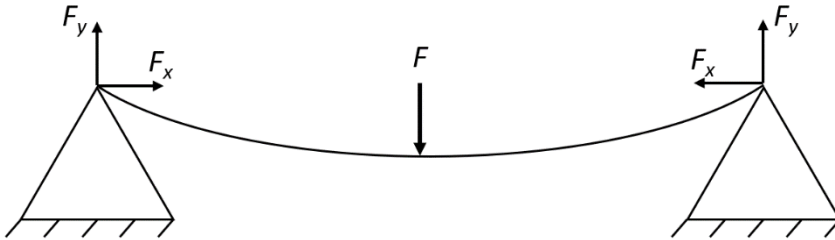
Konseptikohtaisten rakenteiden alustavan suunnittelun, mitoittamisen ja FEM-analyysien mahdollistamiseksi määritettiin laitteeseen kohdistuva voima. Lisäksi tarkasteltiin statiikan avulla, miten voiman komponentit vaikuttavat rakenteen erikohtiin. Kuvio 19 havainnollistaa tasapainoharjoitteen kuormitustilannetta, jossa tuoteidean mukaisesti henkilö seisoo remmin päällä, joka on kiinnitetty päistä laitteen runkoon.



Kuvio 19. Tasapainoharjoitteen kuormitustilanne

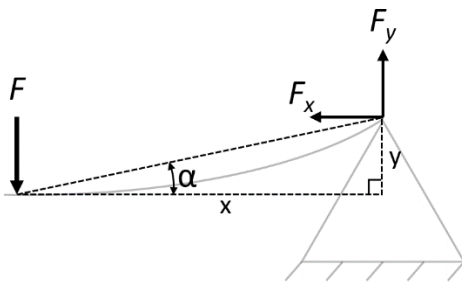
Kuviossa 20 edellä kuvattu kuormitustilanne on muutettu vapaakappalekuvaksi, jossa voima F kuormittaa remmiä, joka on kiinnitetty kahteen kiinteään tukipisteeseen. Voimat F_x ja F_y ovat remmin välityksellä laitteen runkoon kohdistuvia voimia. Voiman F suuruuden määrittää yhtälö $F = G \cdot n$, jossa n on varmuusluku ja normaalivoima G tulee yhtälöstä $m \cdot g$, jossa m on käyttäjän massa ja

g on putoamiskiihtyvyyys. Vaatimusluetteloon käyttäjän maksimipainoksi määritettiin 120 kg ja varmuusluvun määrittää standardi SFS-EN ISO 20957-1:2013, putoamiskiihtyvyyden pyöristettynä arvona käytetään tyypillisesti $9,81 \text{ m/s}^2$. Kuormitus siis saadaan yhtälöstä $F = m * g * n$. Tulos vielä pyöristettiin kilonewtonin tarkkuuteen, joten voima $F = 3 \text{ kN}$.

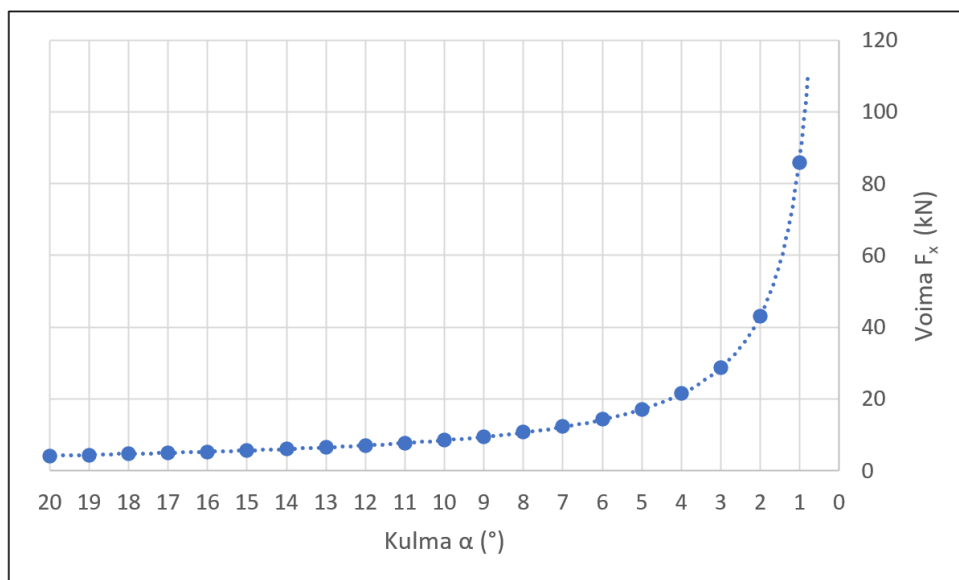


Kuvio 20. Vapaakappalekuva

Koska voima F on samansuuntainen tukivoiman F_y kanssa, tukivoima F_y saatiin ratkaistua yhtälöllä $F_y = \frac{1}{2} * F = 1,5 \text{ kN}$. Voiman F_y avulla taas pystyttiin ratkaisemaan voima F_x hyödyntämällä trigonometriaa kuvion 21 mukaisesti. Muuttuja α siis määrittää voiman kaavalla $F_x = F_y / \tan(\alpha)$. Kuvion 22 kuvaaja havainnollistaa määriteltyyn yhtälöön perustuen voiman F_x suuruutta suhteessa kulmaan α , kuvaajasta havaitaan, että kulman α lähestyessä nollaa voima F_x kasvaa kohti ääretöntä.

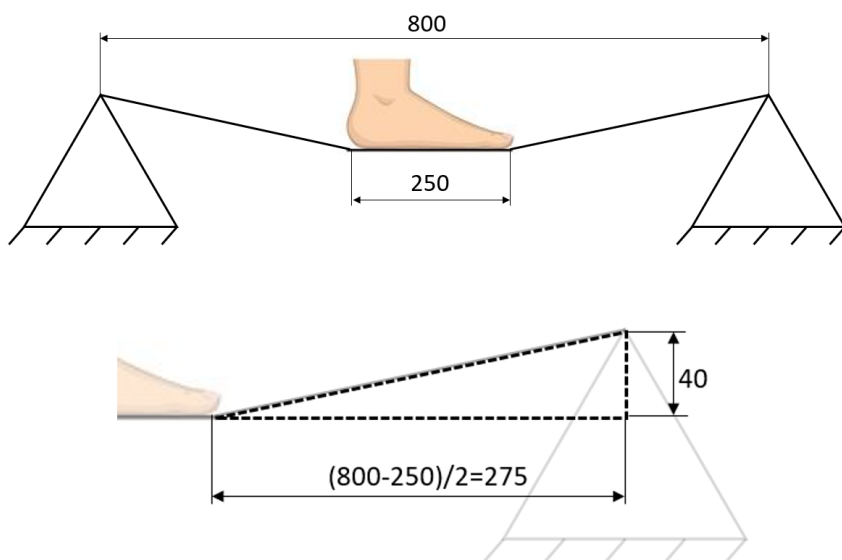


Kuvio 21. Tukivoimien ratkaisu trigonometrialla



Kuvio 22. Voima F_x suhteessa kulmaan α

Edelliseen havaintoon perustuen nähtiin lujuustarkastelun kannalta merkittävänä tekijänä muodostaa käsitys siitä, millainen todellinen tilanne voisi olla harjoitteessa. Koska laitteen tuli mahdollistaa seisominen remmin päällä jalkaterät peräkkäin, katsottiin että jännevälin tulisi olla vähintään 800 mm. Kuvion 23 mukaisesti jalkaterän oletettiin olevan 250 mm pitkä ja remmin jännityksen oletettiin olevan sellainen, että jalkaterä on 40 mm remmin tukipistettä alempana. Edelliseen perustuen kulmaksi α muodostui $8,3^\circ$ ja sen perusteella voimaksi F_x saatiin laskettua 10 kN. Lopputuloksena lujuustarkastelun kuvion 20 mukaisiksi voimiksi saatiin $F_x = 10$ kN ja $F_y = 1,5$ kN.



Kuvio 23. Oletettu harjoite ja sen mitoitus

Konseptisuunnitteluvaiheen FEM-analyysit rakenteille tehtiin SolidWorks Simulation -ohjelmistolla. Analyysit toteutettiin yksinkertaisina lineaarisina staattisina kuormitustilanteina edellä määritellyillä voimilla. Yksinkertaisten FEM-analyysien perusteella saatiin riittävä näkemys konseptien toteutuskelpoisuudesta. Detaljisuunnittelu tulee vaatimaan huomattavasti tarkempia ja monimutkaisempia FEM-analyysseja haastavan kuormitustilanteen takia. Todellinen kuormitustilanne on dynaaminen, koska rakenteen taipuessa voiman resultantin suunta muuttuu, joka taas vaikuttaa merkittävästi F_x voiman suuruuteen.

8.3 Konsepti 1

Konseptia 1 kehitettiin ratkaisuluonnoksen 5 pohjalta (ks. kuvio 14). Jo ratkaisuluonnos itsessään tarjosi periaatteelliset ratkaisut laitteen toteuttamiseksi, joten konseptin kehitysvaiheessa keskityttiin viemään teollista muotoilua eteenpäin huomioiden käytettävyys ja lujuusominaisuudet. Liite 11 havainnollistaa kehitettyä rakennetta, joka on pyritty muotoilemaan mahdollisimman joustavaksi ja lujuuden kannalta kriittisiä paikkoja on vahvistettu. Rakenne mahdollistaa liitteen 11 mukaisesti kolme erilaista mahdollisuutta sijoittaa remmit. Lisäksi liite 11 kuvaa remmiin suunniteltuja peräkkäisiä lenkkejä, jotka mahdollistavat remmin jännityksen säätämisen siirtämällä kiinnitystappia lenkistä toiseen.

Konseptin 1 materiaalivaihtoehdoiksi pohdittiin vaneria tai muovia. Muovin katsottiin olevan parempi vaihtoehto valmistettavuuden ja käytettävyyden kannalta. Suunnitellun rakenteen lujuutta tarkasteltiin ennalta määritellyillä voimilla käyttäen materiaalina polyamidia (PA 6). Ensimmäisissä tarkasteluissa havaittiin vertailujännityksen ylittävän huomattavasti materiaalille annetun maksimi lujuuden. Rakenteeseen lisättiin heikoimpiin kohtiin jäykisteitä ja vaatimuksissa määriteltyä käyttäjän maksimi painoa laskettiin 120 kg:sta 100 kg:n. Liitteen 11 alin kuvio esittää iteroidun FEM-analyysin, jonka mukaan maksimi vertailujännitys on 110 MPa, joka ylittää noin 10 % materiaalille sallitun maksimi jännityksen. Tuloksien perusteella pääteltiin, että suunniteltu rakenne on todennäköisesti mahdollista toteuttaa käyttäen materiaalina muovia, mutta sitä ei pidetty hyvänä vaihtoehtona. Muovia paremmaksi materiaalivaihtoehdoksi nähtiin muovikomposiitin käyttäminen. Huomioimalla detaljisuunnittelussa komposiitin kuitujen suunta rakenteesta on mahdollista saada riittävän luja.

8.4 Konsepti 2

Konsepti 2 kehitettiin ratkaisuluonnokseen 8 perustuen, jonka kantavana ideana oli eri dimensioiden monipuolinen säädettävyys (ks. kuvio 17). Konseptin rakennetta ideoitiin niin, että varsien pituus sekä niiden kulma toisiinsa nähden on yksinkertaisesti säädettävissä. Liite 12 esittää suunnitellun rakenteen, jossa sekä pituutta että kulmaa pystytään säätämään portaittain ja lukitus tapahtuu yksinkertaisesti sokkatapilla. Varret on toteutettu teleskooppi tyyppisesti laittamalla kaksi neliöputkipalkkia sisäkkäin. Varret taas on nivelletty keskikappaleeseen, joka mahdollistaa varsien välisen kulman säätämisen. Varsien päissä olevat päätykappaleet pääsevät pyörimään vapaasti, joka mahdollistaa remmien sijoittamisen eriasentoihin.

Liite 12 havainnollistaa myös eri mahdollisuuksia sijoittaa remmit. Remmin toisen pään kiinnitys on suunniteltu toteutettavaksi samantyyppisellä kiristimellä, jota käytetään esimerkiksi kuormallinoissa, kiristin mahdollistaa remmin jännityksen säätämisen portaattomasti. Päätykappaleisiin voidaan vaihtoehtoisesti kiinnittää sokkatapilla remmi tai kiristin.

Luonnosteluvaiheessa pohdittiin mahdollisiksi materiaalivaihtoehdoiksi terästä, alumiinia ja muovia. Rakenneteräksen katsottiin olevan soveltuvaa rungon materiaaliksi, joka käsittää liitteen 12 kuviossa näkyvät harmaat osat. Vaihtoehtoisesti runko voisi olla myös alumiinia, mutta tässä ta-

pauksessa painon ei nähty olevan niin kriittinen tekijä mikä edellyttäisi huomattavasti terästä kaliumin alumiinin käyttämistä. Päätykappaleet taas suunniteltiin valmistettavaksi muovista, joka tarjoaa riittävät lujuusominaisuudet ja mahdollistaa valmistettavuuden kannalta vapaamman muotoilun.

Liitteen 12 alin kuvio esittää suunnitellulle rakenteelle tehdyn FEM-analyysin, jossa on käytetty ennalta määritettyjä voimia ja rungon materiaali on S355 rakenneterästä ja päädyt polyamidi (PA 6) muovia. Kuvion väriskaala havainnollistaa, että rakenteen valtaosan vertailujännitys jää selkeästi alle rakenneteräksen myötörajan. Analyysin mukaan jännityshuippu muodostuu rungon varsien ja pyöreiden päätykappaleiden liitokseen, jossa vertailujännitys ylittää myötörajan. Liitteen 12 oikeassa alareunassa oleva suurennus havainnollistaa edellä mainitun kohdan alueet, jossa vertailujännitys ylittää 200 MPa. Analyysin perusteella nähtiin rakenteen olevan toteutettavissa suunnitelluilla materiaaleilla.

8.5 Konsepti 3

Konseptin 3 perustana toimi modulaarisen rakenteen omaava ratkaisuluonnos 9 (ks. kuvio 18). Ratkaisuluonnoksen mukaisesti konsepti rakenne koostuu kolmesta osasta: Päätykappale, keskikappale ja erimittaiset väliputket. Liitteen 13 ylin kuvio esittää edellä mainitut suunnitellut osat, joita yhdistelemällä saadaan varioitua erilaisia harjoitusmahdollisuuksia. Päätykappaleeseen voidaan kiinnittää väliputki joko remmin suuntaisesti tai kohtisuoraan remmiin nähden. Keskikappaleeseen taas väliputket voidaan kiinnittää kahdeksaan erikohtaan. Liite 13 ylin kuvio myös havainnollistaa yksinkertaista väliputkien kiinnitysmekanismia, joka on yksinkertainen käyttää eikä vaadi työkaluja. Liite 13 esittää lisäksi erilaisia mahdollisuuksia sijoittaa remmit, jotka on toteutettu käyttämällä pelkkiä päätykappaleita ja erimittaisia väliputkia, tai vaihtoehtoisesti lisäksi on käytetty keskikappaletta. Remmin kiinnitys ja sen jännityksen säätö on suunniteltu vastaavaan tapaan kuin konseptissa 2.

Edellisten konseptien tapaan suunnitellun rakenteen toteutuskelpoisuutta tarkasteltiin FEM-analyysillä ennalta määritellyillä voimilla. Liitteen 13 alin kuvio esittää tehdyn FEM-analyysin, jossa väliputken materiaaliksi valittiin S355 rakenneteräs ja päätykappaleet ovat polyamidi (PA 6) muovia. Analyysistä nähdään jännityshuipun muodostuvan väliputkeen, jossa vertailujännitys jää kui-

tenkin alle materiaalin myötörajan ollen 265 MPa. Vaihtoehtoisesti väliputken voisi valmistaa luonosteluvaiheessa pohdittun mukaisesti myös alumiinista, mutta suhteellista painon säästöä materiaalin hintaan nähden ei voi pitää merkittävänä. Analyysi osoittaa suunnitellun rakenteen olevan toteutuskelpoinen.

8.6 Valmistuskustannuksien vertailu

Konseptien tarkkojen valmistuskustannuksien laskemiseksi ei katsottu olevan kaikkea tarvittavaa tietoa, mutta konseptien välisistä valmistuskustannuksista kuitenkin pyrittiin muodostamaan karkea arvio. Valmistuskustannukset koostuvat aina kiinteistä ja muuttuvista kustannuksista (Tuotot ja kustannukset n.d.). Muuttuvat kustannukset ovat suoraan valmistusvolyymin mukaan muuttuvia kustannuksia, kuten yhteen yksikköön tarvittava raaka-aine ja työpanos (mt.). Kiinteät kustannukset taas eivät muutu valmistusvolyymin mukaan vaan pysyvät vakiona valmistusmäärästä riippumatta, jolloin yhteen yksikköön kohdistuvat kustannukset muuttuvat merkittävästi volyymin mukaan (mt.).

Konseptien valmistuskustannuksia pohtiessa muodostettiin käsitys siitä, että merkittävimpiä eroja tuotekohtaisiin muuttuviin kustannuksiin tekee valmistettavien osien määrä, tarvittavat työvälineet ja kokoonpanotyö. Merkittävien kiinteiden kustannuksien taas nähtiin koostuvan tuotannon aloituskustannuksista, kuten muovisten ja muovikomposiittisten osien muottien valmistamisesta. Teräksestä valmistettaviin osiin kohdistuu myös aina asetus aika, joka on kiinteä kustannus, ja tahitiaika, joka on muuttuva kustannus. Terästuotteiden valmistuskustannus suhteessa volyymiin muuttuu kuitenkin huomattavasti vähemmän muovisiin ja muovikomposiittisiin osiin nähden.

Konsepti 1 on hyvin yksinkertainen rakenteeltaan ja remmiä lukuun ottamatta se koostuu kahdesta osasta: yksiosaisesta rungosta ja remmin lukitustapista. Konseptin 1 merkittävimmät tuotannon aloituskustannukset muodostuvat rungon valmistukseen tarvittavasta muotista. Konsepti 2 omaa huomattavan määrän eri osia. Konseptin 2 teräsosat vaativat leikkaus-, hitsaus- ja koneistustyötä. Konseptissa on myös muoviosia, joista muodostuu merkittäviä tuotannon aloituskustannuksia. Osien valmistuskustannuksien lisäksi konseptiin kohdistuu myös kokoonpanotyötä. Konsepti 3 on taas huomattavasti yksinkertaisempi valmistuksen kannalta, koostuen kolmesta erilaisesta osasta. Konseptin teräsosat ovat valmistettavissa tehokkaasti leikkaamalla ja hitsaamalla, mutta edellisten tapaan muoviosista muodostuu merkittäviä tuotannon aloituskustannuksia.

Edellisen perusteella voidaan todeta, että kaikkiin kolmeen konseptiin kohdistuu merkittäviä kiinteitä kustannuksia, sekä erilaisia muuttuvia kustannuksia. Konsepti 1 on selkeästi edullisin valmistuskustannuksiltaan yksinkertaisen rakenteen takia. Konsepti 3 on myös verrattain yksinkertainen, mutta muodostuu kuitenkin useammasta osasta, jonka vuoksi sen katsottiin olevan valmistuskustannuksiltaan suurempi kuin konseptin 1. Konsepti 2 muodostaa selkeästi suurimmat valmistuskustannukset, johtuen useista eri osista ja kokoonpanotyöstä. Edellä käsiteltyjä suhteellisia kustannuksia havainnollistamaan muodostettiin taulukko 11.

Taulukko 11. Konseptien suhteelliset kustannukset

1= Verrattain edullinen valmistaa
5= Verrattain kallis valmistaa

	Valmistuskustannukset
Konsepti 1	1
Konsepti 2	4
Konsepti 3	3

8.7 Konseptien arviointi

Kolmea muodostettua konseptia pyrittiin arvioimaan keskenään mahdollisimman objektiivisesti. Konsepteista tehtiin laaja arviointi painotettua pistematriisia käyttäen. Lisäksi teemahaastattelun informanteilta kerättiin käyttäjäkeskeistä näkemystä konsepteista pyytämällä heiltä arviointeja ja vapaita kommentteja.

Konseptien arviointia varten määritettiin vaatimusluetteloon perustuen 10 arviointikriteeriä. Taulukko 12 esittää arviointikriteerit ja niiden painokertoimien määrittämisen. Painokertoimet saatiin määritettyä objektiivisesti arvioimalla ristiin eri kriteerejä. Taulukosta havaitaan, että kokonaisuu- den kannalta merkittävimmät painokertoimet muodostuivat turvallisuuteen liittyville kriteereille. Heti turvallisuuden jälkeen seuraaviksi merkittävimpiä painokertoimia saivat laitteen säädettävyy- teen liittyvät kriteerit, jotka olivat selkeästi tärkeitä uutuusarvon kannalta.

Taulukko 12. Painokertoimien määrittäminen

Pisteytys:

1 = Vaaka- ja pystyrivi ovat yhtä tärkeitä

2 = Vaakarivi on tärkeämpi kuin pystyrivi

0 = Pystyrivi on tärkeämpi kuin vaakarivi

	Kriteeri	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Yhteensä	Painokerroin
1	Laiteen tukevuus	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	17	0,19
2	Esteettömyys	1	0	2	2	2	2	2	2	2	2	17	0,19
3	Valmistettavuus	0	0	0	1	1	0	0	2	1	1	6	0,07
4	Yksinkertainen rakenne	0	0	1	0	1	0	0	0	1	2	5	0,06
5	Siirrettävyys	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	6	0,07
6	Mahdollisuus sijoittaa remmit	0	0	2	2	2	0	1	1	1	1	10	0,11
7	Remmien jännityksen säätö	0	0	2	2	1	1	0	1	2	2	11	0,12
8	Harjoitteen säädettävyys	0	0	0	2	1	1	1	0	1	1	7	0,08
9	Varastoinnin vaatima tila	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	6	0,07
10	Hinta	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	4	0,04

Taulukko 13 esittää konseptien pisteytyksen eri kriteerien mukaan ja konseptikohtaisen kokonaispistemäärän ilman painotusta sekä painokerroin huomioituna. Arvioinnin mukaan konseptit 1 ja 3 ovat vahvimpia vaihtoehtoja. Konseptin 1 painottamattomat pisteet ovat suurimmat, kun taas painokertoimet huomioiden konseptin 3 pisteet ovat parhaat. Konseptin 2 selkeiksi heikkouksiksi osoittautui muita monimutkaisempi rakenne ja siitä johtuvat ilmiöt.

Taulukko 13. Konseptien arviointi

Arviointikriteerit	Painokerroin	Konsepti 1		Konsepti 2		Konsepti 3	
		Pisteet	Painotettu	Pisteet	Painotettu	Pisteet	Painotettu
1 Laiteen tukevuus	0,19	3	0,57	3	0,57	4	0,76
2 Esteettömyys	0,19	4	0,76	3	0,57	4	0,76
3 Valmistettavuus	0,07	5	0,34	2	0,13	4	0,27
4 Yksinkertainen rakenne	0,06	5	0,28	2	0,11	4	0,22
5 Siirrettävyys	0,07	4	0,27	2	0,13	3	0,20
6 Mahdollisuus sijoittaa remmit	0,11	3	0,34	3	0,34	3	0,34
7 Remmien jännityksen säätö	0,12	3	0,37	4	0,49	4	0,49
8 Harjoitteen säädettävyys	0,08	2	0,16	5	0,39	3	0,24
9 Varastoinnin vaatima tila	0,07	3	0,20	3	0,20	4	0,27
10 Hinta	0,04	5	0,22	2	0,09	3	0,13
Yhteensä ilman painotusta		37		29		36	
Yhteensä painokerroin huomioituna		3,52		3,04		3,70	

Käyttäjäkeskeisiä arviointeja varten konsepteista laadittiin liitteen 14 mukainen esitysmateriaali, joka jaettiin teemahaastatteluun osallistuneille informanteille. Esityksessä pyrittiin havainnollistamaan kunkin konseptin kantavat ajatukset ja periaatteelliset ratkaisut. Erityistä huomiota kiinnitettiin siihen, että kukin konsepti esitellään samalla tarkkuudella, jottei esitysmateriaalin tarkkuus vaikuttaisi arviointiin. Käyttäjäkeskeistä arviointia varten määriteltiin taulukon 14 mukaisesti neljä arviointikriteeriä, joille muodostettiin ristiin arvioimalla painokertoimet. Turvallinen käyttö ja uutuusarvo muodostuivat merkittävimmiksi kriteereiksi, joita voi myös pitää tärkeimpinä mahdollisen tuotteen markkinoilla menestymisen kannalta. Numeerisen arvioinnin lisäksi informanteilta pyydettiin vapaita kommentteja konsepteista, jotka auttoivat ymmärtämään arvioinnin muodostumista. Informanttien tekemät arvioinnit ja kommentit kokonaisuudessaan liitteessä 15.

Taulukko 14. Käyttäjäkeskeisen arvioinnin kriteerit

Pisteytys:

1 = Vaaka- ja pystyrivi ovat yhtä tärkeitä

2 = Vaakarivi on tärkeämpi kuin pystyrivi

0 = Pystyrivi on tärkeämpi kuin vaakarivi

Kriteerit:

1. Turvallinen käyttö

2. Ominaisuudet

3. Käytettävyys

4. Uutuusarvo

Kriteeri	1	2	3	4	Yhteensä	Painokerroin
1	0	2	2	1	5	0,4
2	0	0	1	0	1	0,1
3	0	1	0	0	1	0,1
4	1	2	2	0	5	0,4

Taulukko 15 esittää kootusti informanteilta kerätyt arvioinnit konsepteista. Liitteessä 15 olevista informanttien tekemistä arvioinneista siirrettiin pisteytys suoraan taulukon 15 painoarvotettuun pistematriisiin. Informanttia 1 lukuun ottamatta kaikilta saatiin pisteytys joka kohtaan. Informantti 1 kertoi vapaassa palautteessa, että ei osaa ottaa kantaa uutuusarvoon kokemuspohjansa takia ja konseptin 2 turvallisuutta hän ei osannut arvioida puutteellisen tiedon vuoksi. Taulukosta havaitaan, että se ei tarjoa yksiselitteistä ja ristiriidatonta näkemystä siitä mikä konsepteista on selkeästi heikoin tai vahvin vaihtoehto. Arvioinnin tuloksia tulkitessa voidaan todeta, että kullakin konseptilla on omat heikkoudet ja vahvuudet. Lisäksi eri informantit löysivät kustakin konseptista erilaisia vahvuuksia ja heikkouksia, joka luo osakseen ristiriitaa tuloksiin, mutta toisaalta taas tarjoaa tärkeää tietoa mahdollista konseptien kehitysvaiheen iterointia ja detaljisuunnittelua ajatellen.

Taulukko 15. Käyttäjäkeskeinen arviointi

Informantti 1		Konsepti 1		Konsepti 2		Konsepti 3	
Arviointikriteerit	Painokerroin	Pisteet	Painotettu	Pisteet	Painotettu	Pisteet	Painotettu
1 Turvallisuus	0,40	5	2,00		0,00	4	1,60
2 Ominaisuudet	0,10	4	0,40	4	0,40	4	0,40
3 Käytettävyys	0,10	3	0,30	5	0,50	4	0,40
4 Uutusuusarvo	0,40		0,00		0,00		0,00
Yhteensä ilman painotusta		12		9		12	
Yhteensä painokerroin huomioituna		2,70		0,90		2,40	

Informantti 2		Konsepti 1		Konsepti 2		Konsepti 3	
Arviointikriteerit	Painokerroin	Pisteet	Painotettu	Pisteet	Painotettu	Pisteet	Painotettu
1 Turvallisuus	0,40	3	1,20	4	1,60	2	0,80
2 Ominaisuudet	0,10	3	0,30	5	0,50	4	0,40
3 Käytettävyys	0,10	5	0,50	3	0,30	5	0,50
4 Uutusuusarvo	0,40	4	1,60	5	2,00	5	2,00
Yhteensä ilman painotusta		15		17		16	
Yhteensä painokerroin huomioituna		3,60		4,40		3,70	

Informantti 3		Konsepti 1		Konsepti 2		Konsepti 3	
Arviointikriteerit	Painokerroin	Pisteet	Painotettu	Pisteet	Painotettu	Pisteet	Painotettu
1 Turvallisuus	0,40	3	1,20	4	1,60	4	1,60
2 Ominaisuudet	0,10	4	0,40	4	0,40	5	0,50
3 Käytettävyys	0,10	4	0,40	3	0,30	3	0,30
4 Uutusuusarvo	0,40	3	1,20	4	1,60	4	1,60
Yhteensä ilman painotusta		14		15		16	
Yhteensä painokerroin huomioituna		3,20		3,90		4,00	

Informantti 4		Konsepti 1		Konsepti 2		Konsepti 3	
Arviointikriteerit	Painokerroin	Pisteet	Painotettu	Pisteet	Painotettu	Pisteet	Painotettu
1 Turvallisuus	0,40	3	1,20	4	1,60	3	1,20
2 Ominaisuudet	0,10	5	0,50	3	0,30	3	0,30
3 Käytettävyys	0,10	3	0,30	3	0,30	2	0,20
4 Uutusuusarvo	0,40	4	1,60	3	1,20	4	1,60
Yhteensä ilman painotusta		15		13		12	
Yhteensä painokerroin huomioituna		3,60		3,40		3,30	

Informantti 5		Konsepti 1		Konsepti 2		Konsepti 3	
Arviointikriteerit	Painokerroin	Pisteet	Painotettu	Pisteet	Painotettu	Pisteet	Painotettu
1 Turvallisuus	0,40	4	1,60	3	1,20	3	1,20
2 Ominaisuudet	0,10	4	0,40	4	0,40	4	0,40
3 Käytettävyys	0,10	4	0,40	3	0,30	4	0,40
4 Uutusuusarvo	0,40	4	1,60	4	1,60	4	1,60
Yhteensä ilman painotusta		16		14		15	
Yhteensä painokerroin huomioituna		4,00		3,50		3,60	

9 Työn tulokset

Opinnäytetyössä saavutettiin asetettu tavoite, eli kolmen vaihtoehtoisen toteutuskelpoisen konseptin muodostaminen perustellusti. Vaihtoehtoiset konseptit liitteen 16 kuviossa. Tavoitteen mukaisesti konsepteja myös arvioitiin keskenään vaatimuksiin perustuen sekä käyttäjäkeskeisesti. Taulukko 16 esittää eri arviointien tulokset koottuna ja värikoodattuna. Arvioinnit yksinään eivät anna vastausta parhaasta konseptista, mutta antavat näkemystä mahdollisesti jatkokehitykseen valittavan konseptin valintaan. Lisäksi työssä tuotettiin huomattava määrä toimeksiantajan tuoteideaan liittyvää uutta tietoa, jota on mahdollista hyödyntää tuotteistamisprosessin seuraavissa vaiheissa.

Taulukko 16. Konseptien arvioinnit koottuna

1.
2.
3.

	Konsepti 1	Konsepti 2	Konsepti 3
Laaja arviointi	3,52	3,04	3,70
Informantti 1	-	-	-
Informantti 2	3,60	4,40	3,70
Informantti 3	3,20	3,90	4,00
Informantti 4	3,60	3,40	3,30
Informantti 5	4,00	3,50	3,60

10 Pohdinta

10.1 Tavoitteet ja toteutus

Opinnäytetyön tavoitteena oli muodostaa kolme vaihtoehtoista konseptia toteuttaa toimeksiantajan tuoteidea. Työn toteutuksen kannalta nähtiin tärkeäksi muodostaa tuotekehityksenteoriaan perustuen käsitys siitä, missä vaiheessa toimeksiantajan aloittama tuotekehitystyö on ja mitkä ovat seuraavat keskeisimmät vaiheet. Kaikissa opinnäytetyössä tehdyissä tuotekehitystyön vaiheissa oli tavoitteena huomioida käyttäjäkeskeisyys ja toimeksiantajan näkemykset laitteesta, sekä

huomioida lainsäädännön edellyttämä vaatimuksienmukaisuus. Kaikki työssä tehdyt päätökset oli tarkoitus tehdä mahdollisimman objektiivisesti edellä mainitut seikat huomioiden.

Projektin alussa tunnistettiin selväksi heikkoudeksi se, että yksilötyönä tehtävä opinnäytetyö sisältää useita vaiheita, jotka tyypillisesti tehdään tiiminä. Kriittisimpiin vaiheisiin kuitenkin pystyttiin löytämään tiimimaisia piirteitä, kuten TKN21SM -ryhmälle pidetty ideointiharjoitus. Lisäksi liikunta-/fysioterapia-alan asiantuntijoiden mukaan saaminen opinnäytetyöhön toi merkittävästi poikkitieteellistä ja käyttäjäkeskeistä näkökulmaa tuotekehitystyöhön.

Opinnäytetyössä saavutettiin onnistuneesti sille asetettu tavoite ja tutkimuskysymyksiin vastattiin. Työssä saatiin kehitettyä tavoitteen mukaiset kolme vaihtoehtoista konseptia. Lisäksi saatiin tuotettua huomattava määrä uutta tietoa, joka tuki konseptien muodostamista ja on käyttökelpoista sekä merkittävää opinnäytetyön jälkeisissä tuotekehitystyön vaiheissa.

Projekti tarjosi oivan mahdollisuuden näyttää toteen opintojen tuomaa asiantuntijuutta ja samalla se toi huomattavan määrän ammatillista kasvua. Merkittävä onnistumiseen johtava tekijä opinnäytetyössä oli huolellisen suunnitteluvaiheen perusteella tehty erinomaisesti onnistunut projektointi. Onnistuneen projektisuunnitelman perusteella työ saatiin toteutettua systemaattisesti vaiheittain tavoitellussa laajuudessa aikataulussa pysyen.

10.2 Tulosten luotettavuus

Tulosten luotettavuutta tukevaksi voidaan katsoa monipuolinen lähdemateriaalin käyttö. Työssä käytettiin mahdollisuuksien mukaan alkuperäislähteitä sekä lähteiden valinnassa noudatettiin lähdekriittisyyttä niiden luotettavuutta arvioidessa. Tulosten luotettavuutta tukee myös ulkopuolisten asiantuntijoiden mukaan saaminen kriittisimpiin vaiheisiin. Lisäksi projektissa onnistuttiin välttämään yksi tuotekehitystyön alun pahimmista sudenkuopista, eli ideoiden vähäinen määrä ja ”ensimmäiseen ideaan rakastuminen”. Lopputulos muodostui alun huomattavan laajasta ideoiden määrästä systemaattisesti vaiheittain arvioiden, karsien ja kehittäen.

Opinnäytetyön tulosten luotettavuutta voidaan kyseenalaistaa alussa tunnistettuun heikkouteen perustuen, eli yksilötyönä toteutettu tuotekehitysprojekti. Vaikka projektiin saatiin mukaan ulko-

puolisia asiantuntijoita ja kaikki päätökset pyrittiin tekemään objektiivisesti, työssä tehtiin kuitenkin huomattavia yksilön parhaaseen näkemykseen perustuvia päätöksiä. Lisäksi ulkopuolisten asiantuntijoiden määrän voidaan katsoa olevan verrattain pieni liikunta- ja fysioterapia-alan laajuuteen nähden.

10.3 Työn eettisyys

Työ toteutettiin noudattaen luvun 2.4 mukaisia eettisiä periaatteita. Haastateltavien asiantuntijoiden henkilötietoja ei kerätty ja tutkimustulokset julkaistiin niin, että niitä ei voida yhdistää yksityishenkilöihin. Haastattelujen tallenteita säilytettiin sen aikaa, että aineisto oli litteroitu, jonka jälkeen tallenteet poistettiin. Opinnäytetyön raportoinnissa huomioitiin toimeksiantajan kanssa tehty salassapitosopimus. Salaiseksi määritellyt kehittämistyötä koskevat tiedot lisättiin raporttiin liitteinä ja asetettiin salaiseksi sopimuksen mukaiseksi ajaksi. Lisäksi toisille osapuolille esitettyyn materiaaliin tehtiin merkintä siitä, että se on luottamuksellista, sekä henkilöitä tiedotettiin ja ohjeistettiin vielä erikseen tiedostojen käsittelystä. Hyvän tieteellisen käytännön mukaan, tehdyt päätökset perustuivat tietoperustaan tai tutkimustuloksiin.

10.4 Jatkotoimet

Opinnäytetyön lopputulos muodosti toimeksiantajalle merkittävän päätöksentekopisteen. Toimeksiantajan on tuloksiin perustuen mahdollista tehdä päätös projekti jatkamisesta seuraaviin vaiheisiin tai vaihtoehtoisesti päättää palata projektissa taaksepäin. Tehtävä päätös voi olla myös projektin päättäminen, jos toimeksiantaja ei näe sitä enää tuloksien perusteella elinkelpoisena.

Toimeksiantajan päättäessä jatkaa projektia seuraavana tehtävän on valita yksi konsepti, joka siirretään detaljisuunnitteluvaiheeseen. Detaljisuunnittelu antaa edellytykset prototyypin valmistamiselle, jolla voidaan aloittaa kenttätestaus. Informanttien haastattelutuloksista ja lopullisien konseptien kommentaateista nähdään, että käytettävyydestä prototyypillä tulee olemaan merkittävä vaihe. Asiantuntijat kokivat, että pelkän visuaalisen prototyypin avulla on erittäin vaikea muodostaa käsitystä laitteen todellisesta käytettävyydestä ja sen tuomista mahdollisuuksista. Edellisen takia mahdollinen kenttätestausvaihe tulee vielä tuottamaan huomattavan määrän uutta tietoa, jonka perusteella laitetta tulee kehittää. Lisäksi projekti tulee vaatimaan laajempaa ja tarkempaa markkinatutkimusta.

Lähteet

10 faktaa alumiinista. N.d. Artikkelin Alumecon Groubin verkkosivulta. Viitattu 17.3.2023.

<https://www.alumecon.fi/alumiini/>.

Cagan, J. & Vogel, C.M. 2003. Kehitä kärkituote – Ideasta innovaatioksi. Suomi: Talentum Media.

CE-merkintä. N.d. Artikkelin CE-merkinnästä Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) sivustolta. Viitattu 22.2.2023.

<https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/ce-merkinta#073c7e5a>.

Cooper, R. 2011. Winning at new products – Creating value through innovation. 4. p. Yhdysvallat: Basic Books.

Dhulekar, N. 2021. How to Use the 6-3-5 Brainwriting Technique for More Efficient Brainstorming Sessions. Artikkelin 6-3-5 -menetelmästä MUO verkkosivulta. Viitattu 25.2.2023.

<https://www.makeuseof.com/635-brainwriting-technique-for-more-efficient-brainstorming/>.

Dinox Tasapainolauta Ø40cm. N.d. Dincox verkkokauppa. Viitattu 16.3.2023.

<https://www.dinox.fi/fi/tuote/dinox-tasapainolauta-40cm>.

Gibbon Slackrack Classic. N.d. Dincox verkkokauppa. Viitattu 16.3.2023.

<https://www.dinox.fi/fi/tuote/gibbon-slackrack-classic>.

Hietikko, E. 2015. Tuotekehitystoiminta. 3. p. Helsinki, Suomi: Books on Demand.

Hyvä tieteellinen käytäntö (HTK). 2021. Ohjeistus Tutkimuseettisen neuvottelukunnan (TENK) sivustolta. Viitattu 20.1.2023.

<https://tenk.fi/fi/tiedetilppi/hyva-tieteellinen-kaytanto-htk>.

Jokinen, T. 1999. Tuotekehitys. 4. p. Helsinki: Otatieto.

Kananen, J. 2012. Kehittämistutkimus opinnäytetyönä – Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kananen, J. 2017. Laadullinen tutkimus pro graduna ja opinnäytetyönä. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Komposiitit. N.d. Opas muovikomposiiteista Muoviteollisuus ry verkkosivulta. Viitattu 15.4.2023.

<https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit/komposiitit/>.

Lappi, J. 2021a. Tuotekehitys – Tuotekehitysprosessi – Vaatimuslista/vaatimusluettelo. Kurssimateriaali, Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Lappi, J. 2021b. Tuotekehitys – Tuotekehitysprosessi – ideoiden / konseptien arviointi. Kurssimateriaali, Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Martinsuo, M., Aalto, T. & Artto, K. 2003. Projektisalkun johtaminen – Tuotekehitysprojektien valinta ja strateginen ohjaus. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus.

Mitä standardi tarkoittaa? N.d. Suomen Standardisoimisliiton artikkeli standardeista. Viitattu 22.2.2023.

<https://sfs.fi/standardeista/mika-on-standardi/>.

Ota standardi avuksi kuntokeskuksen toiminnan parantamisessa. 2021. Suomen Standardisointiliiton artikkeli kuntokeskuksia ja kuntolaista koskevista standardeista. Viitattu 22.2.2023.

<https://sales.sfs.fi/fi/index/tuoteuutiset/standardiavuksikuntokeskuksentoiminnanparantamisessa.html.stx>.

Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J. & Grote, K. 2007. Engineering Design: A Systematic Approach. 3. p. Lontoo: Springer.

Saarikoski, R. & Väyrynen, P. 2016. Liikehallinnan harjoittaminen. Duodecim terveyskirjasto artikkeli. Viitattu 17.1.2023.

<https://www.terveyskirjasto.fi/tju00210>.

Saukkonen, J. 2021. Slack in the box. Opinnäytetyön toimeksiantajan esitys toimeksiannosta.

Saukkonen, J. 2022. Opinnäytetyön toimeksiantaja. Opinnäytetyön aloituspalaveri 20.12.2022.

SFS-EN ISO 20957-1:2013. Kuntolaitteet. Osa 1: Yleiset turvallisuusvaatimukset ja testimenetelmät. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 28.10.2013. Viitattu 22.2.2023.

<https://janet.finna.fi/>, SFS Online.

SITB idea concept. 2022. Komia Design Oy esitysmateriaali laitteen ideoinnista.

Teräsrakentajan käsikirja. 2020. Teräsrakentamiseen liittyvä opas BE Groub verkkosivulta. Viitattu 17.3.2023.

<https://www.begroup.fi/strage/50DF70DB27B273C31A577A2353FADFC29DA972AEA4D47289A795979393B51158/6d68254c1ffa48348d96d72388782379/pdf/me-dia/c543eac1527f4652b496429bdbc666cf/BE-Group-Terasrakentajan-kasikirja-web.pdf>.

Tietosuojalaki 1050/2018. Laki luonnollisten henkilöiden suojelusta henkilötietojen käsittelyssä sekä näiden tietojen vapaasta liikkuvuudesta. Viitattu 20.1.2023.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajan-tasa/2018/20181050?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=tietosuojalaki>.

Tuotot ja kustannukset. N.d. Artikkelin Osaava yrittäjä verkkosivulta. Viitattu 6.4.2023.

<https://www.osaavayrittaja.fi/kannattavuuslaskenta/tuotot-ja-kustannukset>.

Tuotteiden vaatimustenmukaisuus. N.d. Artikkelin tuotteiden vaatimustenmukaisuudesta Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) sivustolta. Viitattu 21.2.2023.

<https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/vaatimustenmukaisuus>.

Ulrich, K., Eppinger, S. & Yang, M. 2020. Product design and development. 7. p. Yhdysvallat: McGraw-Hill Education.

Vaatimukset yleisille kulutustavaroille. N.d. Artikkelin yleisten kulutustavaroiden vaatimuksista Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) sivustolta. Viitattu 22.2.2023.

<https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/yleiset-kulutustavarat>.

Vanerikäsikirja. 2006. Metsäteollisuus Ry:n opas vanereista. Julkaisija UPM. Viitattu 18.3.2023.

<https://www.wisaplywood.com/siteassets/documents/brochures/handbook-fi.pdf>.

Yleistietoa muoveista. N.d. Artikkelin Muovia verkkosivulta. Viitattu 17.3.2023.

<https://muovia.com/yleistietoa-muoveista/>.

Liitteet

Liite 1. Teemahaastattelun runko (salassa pidettävä)

Liite 2. Teemahaastattelujen litterointi ja segmentointi (salassa pidettävä)

Liite 3. Teemahaastattelu 1 (salassa pidettävä)

Liite 4. Teemahaastattelu 2 (salassa pidettävä)

Liite 5. Teemahaastattelu 3 (salassa pidettävä)

Liite 6. Teemahaastattelu 4 (salassa pidettävä)

Liite 7. Teemahaastattelu 5 (salassa pidettävä)

Liite 8. Ideointiharjoituksen ideat (salassa pidettävä)

Liite 9. Ideoiden ensimmäinen suodatus (salassa pidettävä)

Liite 10. Ratkaisuluonnokset (salassa pidettävä)

Liite 11. Konsepti 1 (salassa pidettävä)

Liite 12. Konsepti 2 (salassa pidettävä)

Liite 13. Konsepti 3 (salassa pidettävä)

Liite 14. Konseptien esitysmateriaali (salassa pidettävä)

Liite 15. Käyttäjäkeskeiset arvioinnit ja palaute (salassa pidettävä)

Liite 16. Lopulliset konseptit (salassa pidettävä)