



Dronen laskeutumisalustan konseptointi

Jarkko Jansson

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2020

Konetekniikka
Tuotekehitys

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikka
Tuotekehitys

JANSSON, JARKKO:
Dronen laskeutumisalustan konseptointi

Opinnäytetyö 65 sivua, joista liitteitä 4 sivua
Toukokuu 2020

Autonomiset dronejärjestelmät ovat osa tulevaisuuden yhteiskuntaa esimerkiksi logistiikan ja pelastustoimien osalta. Toimiakseen tämä vaatii kattavan lataus- ja huoltoverkoston. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli ideoida ja konseptoida ratkaisuja dronejen autonomisesta lataavasta laskeutumisalustasta. Työn toimeksianto tuli Tampereen ammattikorkeakoululta. Työn tavoitteena oli tuottaa konseptit aCOLOR-projektin käyttöön sekä yleiseen liiketoimintakäyttöön tulevaisuuden markkinoille. Työn tarkoituksena oli lisäksi perehtyä tuotekehitysprosessiin erityisesti luovan ideoinnin ja konseptoinnin näkökulmista.

Opinnäytetyössä perehdytään yleisen tuotekehitysprosessin vaiheisiin, pitäen painopiste luovassa innovoinnissa ja konseptoinnissa. Työssä esitellään luovaan ongelmanratkaisuun perustuvia ideointimenetelmiä sekä tuotekehitysprosessin aikana hyödynnettäviä konseptien arviointimenetelmiä. Pohjautuen käsiteltyyn teoriaan, lataavan laskeutumisalustan tuotekehitysprosessin tuloksena esitellään kaksi konseptia. Toinen aCOLOR-projektin käyttöön sekä toinen yleisille markkinoille. Konseptit pitävät sisällään sanallisen kuvaksen laskeutumisalustojen toiminnasta ja toiminnoista sekä havainnollistavia kuvia niiden rakenteesta.

Haluttaessa kehittää luotuja konsepteja kohti valmista tuotetta, seuraavina jatkokehitysvaiheina ovat prototyyppien rakentaminen ja niiden avulla mekaniikan ja rakenteen toimivuuden testaaminen sekä säätäminen. Myös tästä opinnäytetyöstä pois rajattu laskeutumisalustojen sähkötekniinen osuus on suunniteltava ja mitoitettava ennen alustojen täysimääräistä hyödyntämistä.

Asiasanat: drone, laskeutumisalusta, tuotekehitys, luova ongelmanratkaisu, konseptointi

ABSTRACT

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

JANSSON, JARKKO:
Concept Design of Drone Landing Platform

Bachelor's thesis 65 pages, appendices 4 pages
May 2020

Autonomous drone systems are a crucial part of the future world. To enable their comprehensive use, a working and extensive service and charging system is needed. The purpose of this thesis was to innovate and create concept solutions for the autonomous charging and landing platforms for autonomous drones. This thesis was made on a commission by Tampere University of Applied Sciences. The aim of the thesis was to generate two product concepts, one for the aCOLOR project and the other for business use of future markets. The objective was also to examine product development, especially in terms of creative problem solving and concepting.

The theory section of this thesis deals with the common product development process, keeping the main emphasis on creative innovating and concepting. An introduction is also provided to innovation methods based on creative problem solving, and concept screening methods employed during the product development process. Finally, a detailed discussion on the two concepts developed in this thesis is given.

The next phase for further development of the concepts is prototyping. The mechanics and functionality of the platforms can be tested by using prototypes and, based on the tests, the structure can be adjusted if necessary. Also, the electro-technical features of the landing platforms must be designed before the system can be fully utilized.

Key words: drone, landing platform, product development, creative problem solving, concepting

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	TYÖN TAUSTA.....	8
	2.1 aCOLOR-projekti.....	8
	2.2 Dronejen tulevaisuus.....	8
3	TUOTEKEHITYS	10
	3.1 Mitä on tuotekehitys?	10
	3.2 Tuotekehitysprosessi	11
	3.2.1 Tuotekehitysprosessin yleiset vaiheet	12
	3.2.2 Lineaari- ja spiraalimallit.....	14
4	LUOVA IDEOINTI	16
	4.1 Mitä on luovuus?	16
	4.2 Luovuuden kehittäminen ideointiprosessissa	17
	4.3 Luovat ideointimenetelmät	18
	4.3.1 Aivoriihi.....	19
	4.3.2 Kaukaiset ajatusmallit.....	20
	4.3.3 SIT (Systematic Inventive Thinking).....	21
5	KONSEPTOINTI	23
	5.1 Konseptointi tuotekehityksessä.....	23
	5.2 Konseptien arviointimenetelmät.....	24
	5.2.1 Tiimiarviointi	25
	5.2.2 Painoarvotaulukko.....	26
6	TUOTEKEHITYSSUUNNITELMAN MÄÄRITTÄMINEN.....	28
	6.1 Prosessimalli	28
	6.2 Alkututkimus.....	28
	6.3 Ideointimenetelmä.....	29
	6.4 Konseptien arviointimenetelmä	29
7	ALKUTUTKIMUS	30
	7.1 Benchmarking	30
	7.2 Tavoitteiden määrittäminen	31
	7.3 Jako osaongelmiin	32
8	IDEOINTIPROSESSI	34
	8.1 Ideointikokous	34
	8.2 Ideoinnin tulokset	34
9	KONSEPTOINTI	36
	9.1 Ideoiden esikarsinta	36
	9.1.1 Langaton lataus.....	36

9.1.2 GNSS	37
9.1.3 Konenäkö	38
9.2 Konseptien muodostaminen.....	38
9.3 Konseptien arviointi.....	43
9.3.1 aCOLOR-projekti	43
9.3.2 Yleiset markkinat	45
10 KONSEPTIEN ESITTELY.....	48
10.1 aCOLOR-konsepti	48
10.1.1 Toimintakuvaus.....	48
10.1.2 Visuaalinen kuvaus.....	49
10.2 Yleisten markkinoiden konsepti	51
10.2.1 Toimintakuvaus.....	51
10.2.2 Visuaalinen kuvaus.....	52
11 YHTEENVETO	54
11.1 Pohdinta	54
11.2 Jatkokehittäminen.....	57
LÄHTEET	59
LIITTEET	62
Liite 1. Ideoinnin tulokset	62
Liite 2. Ideoiden esikarsinta	65

ERITYISSANASTO

aCOLOR	Autonominen ja yhteistyössä toimiva offshore robotti (Autonomous and Collaborative Offshore Robotics)
Analogia	Samankaltaisuuden perusteella tehtävä johtopäätös
Benchmarking	Vertaisarviointia, jolla pyritään löytämään kilpailijoiden tuotteista pieniä yksityiskohtia ja ideoita, joita voitaisiin hyödyntää ja tehdä paremmin omassa toiminnassa tai tuotteessa
GNSS	Kansainvälinen satelliitti navigointi järjestelmä (Global Navigation Satellite System), GPS, GLONASS, Galileo ja BeiDou
Innovaatio	Käytäntöön viety uusi idea, joka tuottaa hyötyä sen käyttäjille ja kehittäjille, innovointiprosessin tulos
Innovointi	Prosessi, jonka aikana luodaan ja kehitetään uusia ideoita
Nollasarja	Ensimmäinen tuotantosarja, jolla testataan tuotteen ominaisuuksia, toimivuutta ja valmistettavuutta
Sidosryhmä	Organisaatiolle oleelliset ympäristön toimijat, joiden kanssa organisaatio on vuorovaikutuksessa, esimerkiksi kilpailijat, asiakkaat ja alihankkijat
TAMK	Tampereen ammattikorkeakoulu
TRIZ	Innovatiivisen ongelmanratkaisun teoria (Theory of Inventive Problem Solving)
TTY	Tampereen teknillinen yliopisto

1 JOHDANTO

Nykypäivän maailmassa dronet ovat suuresti esillä ja niitä käytetään laajasti esimerkiksi kuvaus-, pelastus- ja kuljetusalan tehtävissä. Tulevaisuudessa ja osittain jo nyt halutaan, että dronet toimivat täysin autonomisesti yhteiskunnan taustalla, esimerkiksi kuljetusalalla. Toimiakseen tämä vaatii kuitenkin hyvän ja luotettavan huolto- ja ylläpitojärjestelmän droneille.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on ideoida ja konseptoida erilaisia lataavia laskeutumisalustoja ammattikäyttöön suunnitelluille autonomisille droneille. Työn tavoitteena on luoda toimivia konsepteja erilaisista lataavista laskeutumisalustoista ja valita luoduista konsepteista parhaat aCOLOR-projektin käyttöön sekä ylipäättänsä liiketoimintakäyttöön eri alojen tulevaisuuden markkinoille. Työn tarkoituksena on lisäksi perehtyä tuotekehitysprosessiin, erityisesti luovan ideoinnin ja konseptoinnin näkökulmista.

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimii TAMK ja työ tehdään osana aCOLOR-projektia. Tässä opinnäytetyössä keskitytään ensisijaisesti lataavan laskeutumisalustan mekaniikan kehitykseen ja suunnitteluun, ja latausliittymän sähkötekniinen suunnittelu ja mitoitus rajataan pois. Kehitysprosessissa ei myöskään oteta kantaa dronen navigoimiseen alustalle metriä kauempaa, vaan keskitytään tilanteisiin, joissa drone on nousemassa alustalta tai laskeutumassa sille.

2 TYÖN TAUSTA

2.1 aCOLOR-projekti

aCOLOR-projekti on TTY:n, TAMK:n sekä suomalaisen Almarin-Jet Oy:n kolmen vuoden yhteistyöprojekti (Teknologiateollisuuden 100-vuotissäätiö 2018). Projektin tavoitteena on kehittää itsenäinen robottikokonaisuus offshore toimintoihin, erityisesti pelastus- ja etsintätehtäviin. Toiminnan keskipisteenä on miehittämätön pinta-alus (USV), joka toimii tukikohtana ja lataustelakkana miehittämättömälle ilma-alukselle (UAV) sekä miehittämättömälle vedenalaiselle alukselle (AUV). Erilaisten kameroiden ja sensoreiden avulla tavoitteena on pystyä tutkimaan ja etsimään laaja-alaisesti kaikkea, niin pinnan päällä kuin sen alla. Lisäksi projektin tarkoituksena on tutkia ja kehittää jaettuun älyyn liittyviä menetelmiä sekä osajärjestelmien mekatroniikan integraatiota. (Koskinen n.d.; Tuni n.d.)

Tämän työn yhtenä tavoitteena oli ideoida ja luoda pinta-alukseen kiinnitettävä lataava laskeutumisalusta UAV:n käyttöön. Toimintaympäristö loi tuotekehityksen ja ideoinnin kannalta omat reunaehdot ja vaatimuksensa, esimerkiksi sääolosuhteiden ja toimintavarmuuden kannalta. aCOLOR-projektissa ilma-aluksena käytetään Foxtech:n valmistamaa ammattikäyttöön suunniteltua kuusiroottorista Gaia 100 -heksakopteria. Projektissa hyödynnetään lisäksi TAMK:n Matrice 100 -quodrokopteria.

2.2 Dronejen tulevaisuus

Dronet tulevat Business Finlandin projektijohtaja Markus Rannen mukaan lähitulevaisuudessa olemaan keskeinen osa älykkään yhteiskunnan toimintoja. Hänen mukaansa ne tulevat muodostamaan esimerkiksi tärkeän osan kaupunkien saumattomasta logistiikka- ja kunnossapitoverkosta sekä tarjoamaan ajantasaisen tilannekuvan turvallisuuden lisäämiseksi. (Space Finland 2020.). Myös Traficomien johtavan asiantuntija Jukka Hannolan mukaan dronet ovat olleet viime vuosina hyvässä nosteessa ja uusia sovelluskohteita syntyy koko ajan lisää. Myös

hänen mukaansa tulevaisuuden kasvunäkymät näyttävät erittäin positiivisilta. (Kaleva 2019.)

Jo tällä hetkellä droneilla tehdään paljon erilaisia kuvaus- ja tutkimuslentoja ja esimerkiksi poliisi ja pelastuslaitos hyödyntävät niitä toiminnassaan. Myös kuljetusalalla on suuret odotukset dronejen suhteen. Verkkokauppa Amazon on esimerkiksi kehittänyt dronepohjaista kuljetuspalveluaan jo useamman vuoden. Tällä hetkellä suurinta osaa droneista ohjataan vielä manuaalisesti, mutta tulevaisuuden tavoitteena on kuitenkin kehittää täysin autonomisia dronejärjestelmiä.

Lähes kaikki dronet perustuvat akkuteknologiaan ja toimintakyvyn säilyttääkseen niitä pitää ladata. Yhdistettäessä tulevaisuuden odotukset dronejen suhteen sekä käytössä oleva akkuteknologia, voidaan todeta, että toimiakseen tulevaisuuden suunnitelmat vaativat kattavan ja varmatoimisen latausverkoston. Tässä työssä pyritään innovoimaan ratkaisuja juuri tähän ongelmaan.

3 TUOTEKEHITYS

3.1 Mitä on tuotekehitys?

Voiko yritys menestyä ja säilyttää kilpailukykyä pitkällä aikavälillä ilman jatkuvaa kehitystä? Teoriassa kyllä, käytännössä se on kuitenkin hyvin epätodennäköistä, etenkin, kun huomioidaan nykypäivän nopeasti kehittyvä ja muuttuva toimintaympäristö. Igor Ansoff:n (1957) kehittämä tuote-markkina-matriisi (Ansoffin matriisi) (kuvio 1) kuvaa tiivistetysti, mutta samalla hyvin tehokkaasti yrityksen mahdollisia kehityssuuntia ja -strategioita. Toisin sanoen tuotekehitys on siis yrityksen yksi mahdollisista strategisista valinnoista sen kilpailukykyä ja kehityksen parantamiseksi ja säilyttämiseksi. (Trott 2011, 422–424; Strong 2014, 13–18; Ritola 2017.)

	Existing products	New products
Existing markets	Market penetration	Product development
New markets	Market development	Diversification

KUVIO 1. Ansoffin matriisi (Strong 2014, 14)

Teoriatasolla tuotekehitys pitää sisällään joukon toimintoja, joiden tavoitteena on täysin uuden tuotteen tai palvelun kehittäminen markkinoille, vanhan tuotteen tai palvelun parantaminen ja jatkokehittäminen tai jo elinkaarensa loppuun tulleen tuotteen tai palvelun poistaminen tuotevalikoimasta. Tuotekehitys voidaan jakaa karkeasti uustuotekehitykseen ja tuotekehitykseen. Riippuen hieman tulkintata- vasta, kuitenkin vain hyvin pieni osa (n.10%) syntyneistä tuotteista on täysin uusia, sillä vaikka tuote olisikin yritykselle uusi, se voi sisältää jo markkinoilla olevaa

tekniikkaa tai olla vain hieman parannettu versio jo markkinoilla olevasta tuotteesta. Yrityksen tuoteportfoliossa tuote voi kuitenkin samalla olla täysin uusi. Tämä kuvaa kuinka vaikeaa markkinoille täysin uuden ja menestyvän tuotteen luominen ja kehittäminen on. (Jokinen 2001, 9–11; Trott 2011, 428–430; Dekkers 2018, 31.)

3.2 Tuotekehitysprosessi

Tuotekehityksen avuksi on luotu paljon erilaisia prosessimalleja ja työkaluja kuvaamaan ja tehostamaan toimintaa esimerkiksi ajankäytön, taloudellisuuden ja mitattavuuden näkökulmista. Laajimpien mallien avulla pyritään luomaan koko yrityksen liiketoimintasuunnitelma tuotekehitykseen pohjautuen. Tällaiset mallit ovatkin hyvin hyödyllisiä esimerkiksi startup-yrityksille tai yrityksen suunnatessa täysin uusille markkinoille. Yksinkertaisimpien mallien avulla taas pyritään parantamaan vain yhtä prosessin osa-alueita, esimerkiksi luovaa innovointia. Onkin tärkeää tunnistaa tuotekehitysprosessin lähtökohtien, yrityksen tilanteen ja toimialan kannalta keskeiset vaikuttavat tekijät, joiden perusteella prosessimalleja ja työkaluja valitaan. (Jokinen 2001, 9–11; Hyysalo 2009, 205–213; Trott 2011, 378; DNA Business 2015.)

Prosessimallien tai työkalujen valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi projektin suuruus ja tavoitteet yritykselle, eli onko se merkittävä osa yrityksen kehitystä, vai jokin pienempi sivuprojekti. Projektin aikataulu sekä projektin käytössä olevat resurssit. Tuotekehitysprosessin kohderyhmä, eli suunnitellaanko tuote esimerkiksi ammatti vai viihdekäyttöön. Kehitysprosessin kohderyhmän ja kehitettävän tuotteen suhde. Jos kehitetään täysin uutta ja tuntematonta tekniikkaa, ei kannata valita menetelmää, joka sisältää esimerkiksi asiakaskyselyitä tai keskusteluita tuotteeseen liittyen, jota tulevat asiakkaat eivät vielä ymmärrä tai tiedä tarvitsevansa. Lähtötiedon ja prosessin aikana saatavan tiedon muoto. Tieto voi olla helposti tulkittavassa matemaattisessa muodossa tai se voi olla suullisena mielipiteenä, joka on prosessinäkökulmasta huomattavasti epätarkempaa. (Jokinen 2001, 9–11; Hyysalo 2009, 205–213; Trott 2011, 378.)

Prosessin sujumisen kannalta erittäin tärkeää on kuitenkin, että valittua menetelmää osataan käyttää ja hyödyntää kehitystiimissä. Eli täysin uutta menetelmää ei pidä valita, mikäli prosessin yhtenä tavoitteena ei ole perehtyä uuteen prosessimalliin tai työkaluun. Tuotekehitysprosessia on toki mahdollista lähteä tekemään ilman minkäänlaista mallia tai työkalua, pelkän maalaisjärjen pohjalta, mutta on todettu, että maltillinen ajankäyttö oikeiden mallien ja työkalujen löytämiseksi parantaa merkittävästi kehitysprosessin lopputulosta, vähentää merkittävästi prosessin epäonnistumisen riskiä sekä esimerkiksi päällekkäistä tuotekehitystä. (Jokinen 2001, 9–11; Hyysalo 2009, 205–213; Trott 2011, 378.)

3.2.1 Tuotekehitysprosessin yleiset vaiheet

Kuten edellä todettiin, erilaisia prosessi- ja projektimalleja tuotekehitykseen on luotu erittäin paljon, ne voidaan kuitenkin jakaa karkeasti kahteen tyyppiin: lineaari- ja spiraalimalleihin. Molemmista on löydettävissä samat hieman tulkintatavasta riippuvat neljästä seitsemään perusvaihetta:

- alkututkimus/ongelman määrittely
- tuoteidea/ideointi
- konseptisuunnittelu
- toteutus ja prototyyppitestaus
- tuotanto ja markkinointi.

Tuotekehitysprojektin tai -prosessin ei tarvitse aina kuitenkaan käynnistyä alusta asti tai käydä kaikkia vaiheita läpi. Se voi esimerkiksi käynnistyä suoraan toteutusvaiheesta ja pohjautua jo aikaisemmin kehitettyjen konseptien jatkokehittämiseen. (Jokinen 2001, 14–17; Hyysalo 2009, 55–68; Kahn 2013, 5–17; Hietikko 2015, 46–48; Dekkers 2018, 186–189.). Seuraavissa kappaleissa perehdytään lyhyesti kehitysprosessin eri vaiheisiin ja niiden tarkoitukseen tuotekehitysprosessin aikana.

Alkututkimus

Yleisesti tuotekehitysprosessien voidaan katsoa alkavan alkututkimuksella. Sen tavoitteena on perehtyä havaittuun ongelmaan, suorittaa esitutkimusta kilpaili-

joista ja markkinoista sekä asettaa vaatimukset kehitettävälle tuotteelle. Alkututkimuksen aikana muodostetaan havaitun ongelman ja asetettujen vaatimusten perusteella tuotekehitysprosessissa ratkaistava pääongelma. Pääongelmaa voidaan pilkkoa pienemmiksi osaongelmiksi, jolloin ratkaisun löytäminen pääongelmaan helpottuu. Ideointivaiheeseen siirryttäessä kehitettävän tuotteen reunaehdot ja halutut ominaisuudet olisi hyvä olla pääpiirteittäin tiedossa. (Jokinen 2001, 14–31; Hyysalo 2009, 55–66; Hietikko 2015, 47–48; Järvilehto & Järvilehto 2020, 83–88.)

Ideointi

Ideointivaiheessa voidaan suorittaa lisää kilpailijatutkimusta, etsiä toimivia- ja hyviä ratkaisuja, joiden pohjalta voidaan kehittää omia ratkaisuja, eli tehdä vertaisarviointia (benchmarking). Ideointivaiheessa pyritään ideoimaan ja innovoimaan ratkaisu tai ratkaisuja pää- ja osaongelmiin. Ideoinnin aikana pyritään ensisijaisesti löytämään luovia, erilaisia ja kekseliäitä ratkaisuja ongelmiin. Kaikkien ratkaisujen ei tarvitse olla toimivia tai toteuttamiskelpoisia. (Jokinen 2001, 14–31; Hyysalo 2009, 55–66; Hietikko 2015, 47–48; Järvilehto & Järvilehto 2020, 83–88.)

Konseptisuunnittelu

Konseptivaiheen tarkoituksena on ideoiden jalostaminen valmiiksi tuotteeksi, eli eri ratkaisujen yhdistäminen erilaisiksi ratkaisuehdotuksiksi eli konsepteiksi. Konseptin ei tarvitse olla vielä varisnainen tuote, vaan se voi olla esimerkiksi pelkkä sanallinen kuvaus kehitettävästä tuotteesta tai käsin piirretty luonnos. Konseptivaihe alkaa yleensä ei-toimivien tai toteuttamiskelvottomien ratkaisujen poistamisella, jonka jälkeen toteuttamiskelpoisista ratkaisuista kasataan erilaisia edellä kuvattuja konsepteja. Konseptivaiheessa tehdään yleensä myös jonkinlaista arviointia muodostettujen konseptien välillä. Arvioinnin avulla konsepteista pyritään löytämään paras kokonaisuus, jota lähdetään jatkokehittämään eteenpäin. (Jokinen 2001, 73–76; Hyysalo 2009, 55–66; Ulrich & Eppinger 2012, 118; Hietikko 2015, 47–48.)

Toteutus ja testaus sekä tuotanto ja markkinointi

Kun luoduista konsepteista on saatu valittua paras tai korkeintaan muutama paras, pyritään löytämään tekniset ratkaisut, joilla valitut ongelmien ratkaisut pystytään toteuttamaan. Teknisten ratkaisujen löydyttyä, konseptista voidaan tehdä prototyyppi, testiversio tai nollasarja. Testauksen avulla tarkoituksena on tutkia tuotteen tai palvelun toimivuutta ja pyrkiä havaitsemaan mahdolliset ongelmat. Mikäli kehitettävää tai ongelmia havaitaan, voidaan prosessivaiheita palata taaksepäin ja valita esimerkiksi eri konsepti tai ideoida lisää havaitun ongelman ratkaisemiseksi. Jos kehitetty tuote tai palvelu vastaa odotuksia ja on toimiva, voidaan aloittaa tuotteen tai palvelun markkinointi ja kehityskohteen ollessa tuote, sen valmistaminen. (Jokinen 2001, 86–89; Hyysalo 2009, 55–66; Hietikko 2015, 47–48; Järvilehto & Järvilehto. 2020, 89–91, 108–109.)

Erityisesti nykyajan nopeasti kehittyvässä maailmassa kehitysprosessin eri vaiheita suoritetaan usein limittäin, jolloin prosessia saadaan nopeutettua ja uusi tuote nopeammin markkinoille. Siksi onkin tärkeää, että projektin alusta lähtien siihen osallistuisi henkilöitä mahdollisimman monipuolisesti, esimerkiksi yrityksen johdosta, markkinoinnista sekä tuotannosta. Tällöin kaikkien sidosryhmien ääni saadaan kuuluville riittävän ajoissa, kun muutokset ovat vielä suhteessa halpoja toteuttaa projektin myöhempään vaiheeseen nähden. Kehitysprosessin luonteesta riippuen, myös asiakkaan ottaminen mukaan prosessin eri vaiheisiin nähdään hyödyllisenä ja hyvin kannattavana. (Hyysalo 2009, 59; Dekkers 2018, 123, 127–129; Järvilehto & Järvilehto. 2020, 119–120.)

3.2.2 Lineaari- ja spiraalimallit

Kuten aiemmin todettiin, tuotekehitysmallit voidaan karkeasti jakaa lineaari- ja spiraalityyppisiin malleihin. Yleisemmin käytetyn lineaarisen prosessimallin tavoitteena on edetä vaihe kerrallaan eteenpäin, palaamatta aikaisempiin vaiheisiin. Tällöin edellisen vaiheen lopputulos muodostaa lähtötilanteen seuraavaan vaiheeseen. Lineaarimallien etuina nähdään prosessin helppo hallittavuus, aikataulutettavuus ja loogisuus. Toisaalta loogisuus ja vaihe vaiheelta eteneminen syövät kehitysprosessista luovuutta. Lineaarimallien heikkoutena nähdään myös

myöhäinen prototyypivaihe. Eli huonosti tehdyn alkututkimuksen tai vaatimusasettelun seurauksena lopputulos ei välttämättä olekaan toivottu tai se ei pidä sisällään haluttuja ominaisuuksia ja tehty työ on ainakin osittain mennyt hukkaan. Prosessin loppuvaiheessa, kehitetyn tuotteen muokkaaminen on myös hyvin kallista. Tunnettuja lineaarimalleja ovat esimerkiksi vesiputousmalli sekä State-Gate-malli. (Hyysalo 2009, 55–58; Kahn 2013, 5–17; Hietikko 2015, 46–48; Dekkers 2018, 186–189.)

Spiraalimallin tarkoituksena on edetä toistuvaa, iteroivaa liikettä, jossa samoja vaiheita toistetaan peräkkäin niin monta kertaa, että kehitettävä tuote on halutunlainen ja täyttää asetetut vaatimukset. Toisin kuin lineaarimallissa, spiraalimallissa saman kierroksen aikana voidaan tarvittaessa palata myös vaiheita taaksepäin. Spiraalimallien etuna nähdään aikaiset prototyypit, jolloin asiakas pääsee hyvin aikaisessa vaiheessa sanomaan mielipiteensä ja vaikuttamaan kehityksen suuntaan. Näin ollen myös kehitystiimin kokonaiskuva halutusta tuotteesta hahmottuu ja tarkentuu prosessin edetessä. Spiraalimallien etuna nähdään myös mahdollisuus säätää kehitystyön tavoitteita tarvittaessa kesken prosessin, sen toistuvien vaiheiden ansiosta. Spiraalimallien heikkoutena nähdään huomattavasti vaikeampi hallittavuus verrattaessa lineaarimalleihin sekä syntyvän dokumentaation epäloogisuus. Prototyypivaiheen toistumisen takia, suuria investointeja vaativien tuotteiden kehittäminen voi tulla myös hyvin kalliiksi käytettäessä spiraalimalliin pohjautuvia menetelmiä, esimerkiksi polkupyörän kehittäminen verrattuna paperitehtaan kehittämiseen. Toisaalta nykypäivän simulointi- ja CAD-sovelluksia pystytään hyödyntämään prototyypivaiheessa ja laskemaan näin ollen kehityskustannuksia merkittävästi. (Pohjonen 2002, 42–43; Hyysalo 2009, 55–58; Kahn 2013, 5, 13–14, 28–31.)

4 LUOVA IDEOINTI

Erityisesti kehitettäessä innovatiivisia ja uusia tuotteita tulevaisuuden markkinoille tai toisaalta kehitettäessä jo valmista tuotetta paremmaksi, luovuudella ja innovaatiokyvyllä on erittäin suuri merkitys. Koska tämän opinnäytetyön kehitystehtävä painottuu vahvasti yleisen tuotekehitysprosessin alkupään vaiheisiin, ideointiin ja konseptointiin ja työn tarkoituksena on etsiä ja luoda luovia ja innovatiivisia ratkaisuja lataavaksi laskeutumisalustaksi, on tärkeää ymmärtää, mitä luovuus on, ja miten sitä pystytään ruokkimaan prosessin, erityisesti ideointivaiheen aikana.

4.1 Mitä on luovuus?

Luovuudelle on paljon määritelmiä, mutta tärkeintä on nähdä se joukkona taitoja, joita jokainen voi itsessään kehittää. Luovuutta kuvataan esimerkiksi kykynä tehdä jotain uutta ja tarkoituksenmukaista sekä kyseenalaistavana ja uutta etsivänä ajatteluna, johon vaaditaan voimakas sisäinen motivaatio. Luovuuteen vaaditaan myös taito kyetä ajattelemaan tavanomaisten näkökulmien ulkopuolelta ja poikkeamaan normaaleista ajattelun uomista. Järvilehtojen (2020) mukaan luovuuden aktivoi ongelma, eli jotain pitää muuttaa, mutta käytössä olevat työkalut eivät riitä sen ratkaisemiseen. Ongelman puuttuminen ei tietenkään poissulje luovuutta, mutta ongelmallistamisen avulla luovuutta on helpompi ruokkia. Pystyäkseen luomaan luovia ja järkeviä ideoita on oltava myös jonkinlainen peruskäsitys omasta alasta. Toisin sanoen on oltava peruskäsitys kehitettävästä alasta, voidakseen ymmärtää, onko innovaatio merkityksellinen ja hyödynnettävissä vai täysin käyttökelvoton. Järvilehdot kuvaavat peruskäsityksen merkitystä esimerkiksi lapsen ajatuksena sukasta suodatinpussin korvikkeena kahvinvalmistuksessa. (Sydänmaanlakka 2009, 85–86; Järvilehto & Järvilehto. 2020, 45–49.)

4.2 Luovuuden kehittäminen ideointiprosessissa

Innovointia kannattaa aina tehdä ennemmin ryhmässä kuin yksin. Yksi ihminen pystyy keksimään helposti viidestä kymmeneen ratkaisua ongelmaan, mutta tämän jälkeen uusien ratkaisujen keksiminen alkaa vaikeutua. Kun ideointia suoritetaan ryhmässä, toisten ideoista on mahdollista inspiroitua ja luoda itse lisää ideoita. Myös rakentava ja positiivinen keskustelu ideoiden ympärillä on mahdollista, joka myös voi synnyttää uusia ideoita. Ryhmään kannattaa aina valita henkilöitä mahdollisimman monista eri lähtökohdista, jolloin näkökulmia eri suunnista saadaan helpommin enemmän. (Lavonen, Meisalo & al. n.d.; Järvillehto & Järvillehto. 2020, 5–6, 41, 72, 89, 181.)

Luovuuden edellyttäjänä ideoinnissa nähdään tilanteen ilmapiiri. Ideointitilanteen vetäjän olisikin kyettävä luomaan kannustava, tasa-arvoinen ja positiivinen ilmapiiri. Tärkeimpänä sääntönä on kielto kriittisyydelle omien ja muiden ajatuksia kohtaan. Yhdelläkin negatiivisella ilmaisulla, esimerkiksi toisen ideaa kohtaan, voidaan tilanteen ilmapiiri muuttaa täysin ja innovatiivisuus ja luovuus hävittää. Negatiiviset ajatukset olisikin kyettävä kääntämään ongelmallistamisen kautta haasteiksi. Tähän apuna voidaan käyttää esimerkiksi miten-kysymystä. Esimerkiksi: tämä rakenne on liian painava lentääkseen, toisin sanoen: miten voisimme keventää rakennetta, jotta se voisi lentää energiatehokkaasti. (Lavonen, Meisalo & al. n.d.; Kahn 2013, 144–145; Järvillehto & Järvillehto. 2020, 78–80.)

Negatiivinen ajattelu olisi kyettävä poistamaan ideointivaiheen ajaksi myös jokaisen ideointiprosessiin osallistujan omasta mielestä. Sillä tyrmäämällä mahdollisen idean heti, ei voi ikinä tietää, miten hullulta kuulostava idea olisikin vaikuttanut toiseen ryhmänjäseneseen ja saanut aikaan uuden toimivan idean hänen mielessään. Innovointiryhmällä on oltava myös selkä käsitys, että epäonnistumisista ei tarvitse pelätä. Ilmapiirin syntyyn voidaan lisäksi vaikuttaa valitsemalla riittävän iso ja innovointikohteen teemaan sopiva tila. Jokaista innovoijaa kohden tulisikin Kahnin (2013) mukaan varata n. 5-10 m². (Lavonen, Meisalo & al. n.d.; Kahn 2013, 144–145; Järvillehto & Järvillehto. 2020, 78–80.)

Uusien innovaatioiden syntyminen ja tuottaminen ei välttämättä ole helppoa ja nopeaa. Siksi uuden ideoinnissa ja kehityksessä pitääkin olla pitkäjänteinen. Ideointivaiheen alussa ideat ovat usein hyvin tuttuja ja luontevia ratkaisuja ongelmaan. On todettu, että vasta mentäessä pitemmälle, ryhmän mukavuusrajan ylitse, alkaa syntymään luovempia ja ennakkoluulottomampia ideoita. Ideointiprosessissa olisikin pyrittävä tuottamaan vielä muutamia ideoita lisää, ideoiden syntymisvauhdin hidastuttua tai pysähdyttyä kokonaan. (Lavonen, Meisalo & al. n.d.; Järvilehto & Järvilehto. 2020, 72–73, 181.)

On myös toimiva tapa jättää ongelma hetkeksi syrjään, esimerkiksi yöksi, muutamaksi päiväksi tai jopa viikoiksi. Tänä aikana ei tietoisesti palata aiheen pariin ollenkaan, vaan ollaan kuin työtä ei olisi olemassakaan. Vaikka ihminen ei tietoisesti tekisi työtä ongelman ratkaisemiksi, tiedostamattaan hän ratkoo ongelmaa normaalin ajatusmaailman taustalla ja ratkaisu voi näin muodostua lähes itsestään. Ratkaisun synnyttyä se olisikin tärkeää kirjata heti muistiin, sillä yhtäkkiä mieleen tulevien ratkaisujen on todettu myös unohtuvan hyvin nopeasti ja helposti. (Lavonen, Meisalo & al. n.d.; Järvilehto & Järvilehto. 2020, 72–73, 181.)

4.3 Luovat ideointimenetelmät

Voi olla, että havaittuun ongelman keksitään heti ratkaisu ja tuotekehitysprosessi siirtyy seuraavaan vaiheeseen. On kuitenkin hyvin todennäköistä, että ongelmaan ei löydetä ratkaisua heti tai sille halutaan löytää lisää ratkaisuja. Tätä varten on kehitetty erilaisia ideointimenetelmiä. Ideointimenetelmiä on lähes lukemattomia määriä. Jotkin niistä on kehitetty hyvin spesifeihin tarkoituksiin ja toiset taas ovat yleispätevämpiä, jotkin menetelmät vaativat toimiakseen riittävästi henkilöitä, toiset taas ovat suunniteltu yhden henkilön käyttöön. Seuraavissa kappaleissa esitellään kolme erityisesti luovaan ongelmanratkaisuun kehitettyä ongelmanratkaisu- ja ideointimenetelmää.

4.3.1 Aivoriihi

Aivoriihi on yksi tunnetuimmista ideointityökaluista ja se onkin yksi luovan ongelmaratkaisun standardimenetelmistä. Aivoriihi koetaan myös yhdeksi tehokkaimmista ja monikäyttöisemmistä kehitys- ja ideointimenetelmistä. Aivoriihi perustuu ryhmän voimaan ja lennokkaan ilmapiirin tuottamaan luovuuteen. Ideaali ryhmäkoko menetelmälle on 4 – 10 henkilöä sekä vetäjä. Aivoriiheä voidaan kuitenkin soveltaa myös yksilön työmuotona. Ideointikokoukselle olisi hyvä varata n. 20-90 minuuttia aikaa. Aivoriihi soveltuu parhaiten helposti omaksuttaviin ongelmiin, joihin mahdollisesti on jo olemassa ratkaisuja. Aivoriihen heikkoutena nähdään sen kalleus, koska toimiakseen tehokkaasti, se vaatii usein melko paljon henkilöitä. (Lavonen, Meisalo & al. n.d; Jokinen 2001, 40–42; Harris 2014, 102–105; Tarcy 2015, luku 5.)

Aivoriihi-menetelmää käytettäessä, ideointikokouksen alussa vetäjä selittää käsiteltävän ongelman muille ja voi pyytää kaikilta ideoijilta yhden idean tai sanoa yhden oman ideansa. Tämän jälkeen ideoita aletaan tuottaa vapaasti. Vetäjän onkin tärkeää pitää huoli, että prosessin aikana kaikki saavat puheenvuoron, eikä muutama henkilö ala hallitsemaan puheenvuoroja. Vetäjä tai erillinen kirjuri kirjaa ideat heti niiden synnyttyä muistiin, niin että kaikki tuotetut ideat ovat koko ajan kaikkien nähtävillä. (Lavonen, Meisalo & al. n.d; Jokinen 2001, 40–42; Harris 2014, 102–105; Tarcy 2015, luku 5.)

Onnistuneen ja idearikkaan kokouksen edellytyksenä ovat kappaleessa 3.3.2 esitetyt luovuutta ruokkivat elementit, ehdottomasti tärkeimpinä kokouksen ilmapiirin luominen ja ehdoton kielto negatiivisille kommenteille. Aivoriihen sääntöjen mukaan ideoiden toteuttamismahdollisuuksia ei myöskään tule ajatella ideoinnin aikana, vaan tavoitteena on tuottaa mahdollisimman vilttejä ja normaalista poikkeavia ideoita. Myös ideointiajan selkeää rajaamista pidetään hyvänä keinona tehokuuden lisäämiseen. On havaittu, että kun ideoijilla on tiedossa jäljellä oleva ideointiaika, erityisesti ideointiajan lopun lähestyessä esitetään paljon hyviä ja luovia ideoita. (Lavonen, Meisalo & al. n.d; Jokinen 2001, 40–42; Harris 2014, 102–105; Tarcy 2015, luku 5.)

4.3.2 Kaukaiset ajatusmallit

Kaukaisten ajatusmallien menetelmä on luotu erityisesti vaikeisiin ongelmiin sekä toisaalta todella uusien ratkaisujen etsimiseen. Menetelmää voidaan käyttää yksin tai ryhmässä. Kaukaisten ajatusmallien vahvuutena nähdään hyvin monipuoliset ja erilaiset lähestymisnäkökulmat ongelmaan. Menetelmän avulla pystytään myös tehokkaasti ehkäisemään ihmisen normaalia uomautunutta ajattelua ja hakemaan uudenlaisia ideoita kuviteltujen analyyttisten rajojen ulkopuolelta. (Lavonen, Meisalo & al. n.d; Jokinen 2001, 52–58; Nevala 2014.)

Menetelmä perustuu erilaisten analogioiden käyttöön. Tarkoituksena on ottaa tarkasteltavan ongelma-alueen ulkopuolelta jokin esine, eliö tai esimerkiksi ilmiö, jolla ei välttämättä ole mitään yhteistä ratkaistavan ongelman kanssa. Alkuperäinen ongelma unohdetaan hetkeksi ja keskitytään valittuun kohteeseen, jonka ominaisuuksista pyritään laatimaan mahdollisimman kattava lista. Listattuja ominaisuuksia aletaan yhdistelemään alkuperäiseen ongelman kohteeseen ja pyritään luomaan täysin erilaisia ja jopa hulluja yhdistelmiä. Saatuja yhdistelmiä pohditaan lisää ja pyritään löytämään käyttökelpoinen ratkaisu perustuen luotuun yhdistelmään. Kaukaisten ajatusmallien avulla pystytään tuottamaan nopeasti paljon ideoita, joista suurin osa ei välttämättä johda mihinkään. Tuloksena voi kuitenkin olla myös hyvin merkittäviäkin ja käänteentekeviä ideoita. (Lavonen, Meisalo & al. n.d; Jokinen 2001, 52–58; Nevala 2014.)

Kaukaisten ajatusmallien ideologiaa ja rakennetta voidaan käyttää myös lisäämään luovuutta ja rikkomaan uomautunutta ajattelua toisen ideointimenetelmän sisällä. Esimerkiksi Synektiika-ideointimenetelmässä kaukaisten ajatusmallien käyttö on kiinteä osa prosessia. Yhtä lailla ideologiaa ja ajatusmallia voidaan käyttää minkä tahansa ideointimenetelmän sisällä lisätyökaluna. (Lavonen, Meisalo & al. n.d; Jokinen 2001, 46–58; Nevala 2014.)

4.3.3 SIT (Systematic Inventive Thinking)

SIT-menetelmä eroaa edellä esitellyistä aivoriihestä ja kaukaisten ajatusten menetelmistä siinä, että se tapahtuu niin kutsutussa suljetussa ympäristössä (inside the box). Eli ongelman ratkaisemiseksi ei tuoda uusia elementtejä ongelman ulkopuolelta (outside the box), kuten aiemmin esitetyissä ideointimenetelmissä, vaan tutkitaan ongelman ympäristöä ja etsitään ratkaisu tätä kautta. Menetelmää voidaan hyödyntää yksin tai ryhmässä. SIT:n on koettu toimivan parhaiten, valmiiden tuotteiden tai konseptien jatkokehittämisessä ja analysoinnissa, mutta menetelmää voidaan käyttää yhtä lailla myös täysin uusien innovaatioiden kehittämisessä. (Turner 2009, 221–235; The 4Is Labs 2020.)

SIT-menetelmä on kehitetty teknisten ongelmien ratkaisuun kehitetystä menetelmästä TRIZ, joka tunnetaan myös nimellä TIPS (Theory of Inventive Problem Solving). SIT perustuu samoihin työkaluihin ja vaiheisiin kuin TRIZ, mutta on kehitetty huomattavasti helpommin opittavaksi ja ketterämmin käytettäväksi. TRIZ perustuu historialtaan patenttitutkimukseen, jonka perusteella on löydetty tietyt kaikkia merkittäviä ja menestyneitä innovaatioita yhdistävät tekijät. SIT:ssä nämä yhdistävät tekijät sekä TRIZ-menetelmän muut työkalut, on tiivistetty viiteen ideointityökaluun: vähentäminen, jakaminen, monistaminen, yhdistäminen sekä ominaisuuksien riippuvuus. (Turner 2009, 221–235; Ronen 2020; The 4Is Labs 2020.)

SIT-menetelmää käytettäessä ongelmanratkaisu alkaa aina ongelman ympäristön ominaisuuksien määrittämisellä. Eli tutkitaan ja listataan, mitä komponentteja, ilmiöitä, esineitä tai asioita ongelmaan liittyy. Tämän jälkeen päätetään ongelman luonteen ja ratkaisun tavoitteiden mukaisesti, mikä viidestä ideointityökalusta otetaan käyttöön ja valitaan listatuista ongelman ominaisuuksista yksi. Ideointityökalun käytön jälkeen, kuvitellaan syntynyt uusi tuote mielessä ja kysytään: mitä lisäarvoa ja etua tehty muutos tuo uuteen tuotteeseen tai voisiko syntynyttä innovaatioita käyttää jotenkin uudella tavalla. Lopulta pohditaan, onko tuotteella kaupallista arvoa ja onko tuote toteutettavissa. (Turner 2009, 221–235; Ronen 2020; The 4Is Labs 2020.). Alla on kuvattu lyhyesti eri ideointityökalujen käyttö:

- Vähentäminen (Subtraction): poistetaan listalta valittu ominaisuus tuotteesta ja pohditaan mitä hyötyä ja haittaa tehdystä muutoksesta on sekä miten poistettu ominaisuus voidaan korvata. Etuina voi olla esimerkiksi hinnan alentuminen tai painon vähentyminen.
- Jakaminen (Division): siirretään valittu ominaisuus esimerkiksi eri paikkaan tai jaetaan ominaisuus kuvitteellisesti pienempiin osiin.
- Monistaminen (Multiplication): monistetaan valittua ominaisuutta vapaavaltainen määrä, niin että sen luonne muuttuu erilaiseksi jokaiseen kopiaan, esimerkiksi kolme eri tuoksuista kaasua ja tutkitaan, mitä hyötyä tästä voisi olla.
- Yhdistäminen (Task unification): lisätään tuotteeseen sen lähialalta uusi ominaisuus. Ominaisuus voi olla myös yksi alkuperäisen ongelman listatuista ominaisuuksista, jolloin pyritään lisäämään tuotteen monikäyttöisyyttä.
- Ominaisuuksien riippuvuus (Attribute dependency): muutetaan listattujen ominaisuuksien välisiä yhteyksiä tai lisätään kokonaan uusi yhteys. Esimerkiksi täysin uusi käyttötarkoitus. (Turner 2009, 221–235; Ronen 2020; The 4Is Labs 2020; SIT 2020.)

5 KONSEPTOINTI

5.1 Konseptointi tuotekehityksessä

Riippuen toimialasta ja kontekstista konseptointi voi tarkoittaa useita eri asioita tai toimintoja. Yleisesti konseptoinnin tuloksena syntyy kuitenkin jonkinlainen konsepti eli hahmotelma kehitettävästä tuotteesta tai palvelusta. Konsepti voi pitää sisällään esimerkiksi kuvauksen tuotteen toiminnasta, kohderyhmästä ja sen rakenteesta. Tuotekehitystoiminnassa konseptoinnilla tarkoitetaan yleensä konseptisuunnittelua, joka voidaan jakaa kahteen eri toiminta-alueeseen, konseptituotesuunnitteluun ja tuotekehitysprosessin konseptivaiheeseen. (Kokkonen ym. 2005, 11–16; Keinonen & Takala 2006, 14, 16.)

Konseptituotesuunnitteluprosessit ovat yleensä yrityksen muusta tuotekehityksestä eriytettyjä projekteja, eivätkä välttämättä liity suoranaisesti mihinkään markkinoille suoraan kehitettävään tuotteeseen. Konseptituotesuunnittelu voidaan jakaa kahteen osa-alueeseen tutkittavan aikaikkunan perusteella. Visioiva tuotekonseptointi painottuu yleensä yli kymmenen vuoden päähän ja sen avulla pyritään muokkaamaan ja tutkimaan tulevaisuuden strategista toimintakenttää oman toiminnan kannalta suotuisammaksi. Visioivaa tuotekonseptointia on esimerkiksi yleisen avaruusmatkailun kehittäminen. Kehittävä tuotekonseptointi painottuu yleensä viiden ja kymmenen vuoden välille tulevaisuuteen. Sen tavoitteena on tutkia ja muodostaa tulevaisuuden markkinaodotuksia ja käytettävissä olevia teknologioita. Kehittäviä tuotekonsepteja ovat esimerkiksi autovalmistajien luomat konseptimallit. (Kokkonen ym. 2005, 17–21; Keinonen & Takala 2006, 18–19.)

Markkinoille suunnattavan tuotteen tuotekehitysprosessissa konseptisuunnittelulla taas tarkoitetaan vaihetta, jolla pyritään löytämään paras ratkaisu havaittuun ongelmaan. Riippuen tulkintatavasta, alkututkimus- ja ideointivaiheet voidaan sisällyttää osaksi konseptointivaihetta, jolloin puhutaan enemmän määrittelevästä konseptoinnista. Tai sillä voidaan tarkoittaa pelkästään ideoinnin jälkeistä tuotehahmotelmien muodostamista ja arviointia, jolloin puhutaan enemmän ratkaisevasta konseptoinnista. Tuotekehitysprosessin aikaisessa konseptisuunnittelussa

päätavoitteena on kuitenkin muodostaa erilaisia ratkaisuehdotuksia, eli alussa kuvattuja konsepteja kehitettävästä tai tutkittavasta tuotteesta ja näiden konseptien avulla löytää paras mahdollinen ratkaisu ongelmaan. (Kokkonen ym. 2005, 16–21; Keinonen & Takala 2006, 14–17, 64–68.)

Konseptointivaiheen lopputulos, valittu konsepti määrittää pitkälti koko kehitettävän tuotteen tai palvelun tuotekehitysprosessin seuraavat vaiheet ja niiden sisällön. Siksi onkin erittäin tärkeää valita jatkokehitykseen konsepti, joka täyttää kaikki asetetut vaatimukset ja tavoitteet ja on linjassa yrityksen strategisen suunnan kanssa. Tärkeän päätöksen tueksi on kehitetty muutamia menetelmiä konseptien arvioimiseksi. (Kokkonen ym. 2005, 16–21; Keinonen & Takala 2006, 14–17, 64–68.)

5.2 Konseptien arviointimenetelmät

Konseptien muodostamis- ja arviointimenetelmät voidaan karkeasti jakaa kahteen kategoriaan, systemaattisiin eli dataan perustuviin ja intuitiivisiin eli mielipiteisiin perustuviin menetelmiin. Systemaattiset menetelmät perustuvat yleensä jonkinlaiseen pisteytykseen ja niillä saadaan aikaan helposti vertailtavaa ja dokumentoitavaa dataa. Intuitiiviset menetelmät taas perustuvat pitkälti kehitystiimin omaan harkintaan, mielipiteisiin ja kokemuksiin. (Keinonen & Takala 2006, 67; Ulrich & Eppinger 2012, 159; Jouppi 2018, 5, 7.)

Ulrich ja Eppinger suosittelivatkin käytettäväksi molempia menetelmiä konseptien muodostamisprosessin aikana. Heidän mielestään ensimmäisessä huonojen ja toimimattomien ideoiden karsinassa olisi kannattavampaa käyttää pääosin intuitiivisia menetelmiä ja siirryttäessä varsinaisten muodostettujen konseptien arvioimiseen, käyttää enemmän systemaattisia pisteytykseen perustuvia menetelmiä. Konseptien muodostamis- ja arviointivaihe voidaan kuitenkin toteuttaa myös puhtaasti systemaattisilla tai intuitiivisilla menetelmillä. (Keinonen & Takala 2006, 67; Ulrich & Eppinger 2012, 159; Jouppi 2018, 5, 7.)

Konseptien arviointia tehtäessä, konsepteja ei saisi lukita valmiiksi kokonaisuudeksi, vaan arviointi olisi ajateltava enemmän kehityksen kautta. On todennäköistä,

että arviointivaiheessa jokin konsepti pitää sisällään paremman osaongelman ratkaisun, mutta on toiselta ratkaisultaan huonompi kuin toinen konsepti. Arvioinnin aikana pitää siis olla mahdollisuus muokata konsepteja ja yhdistellä eri osaongelmien ratkaisuja uusiksi konsepteiksi, vain näin voidaan löytää paras mahdollinen ratkaisu. (Keinonen & Takala 2006, 67; Ulrich & Eppinger 2012, 159; Jouppi 2018, 5, 7.). Seuraavissa kappaleissa esitellään tuotekehitysprosessin aikaisten konseptien arvioinnissa hyödynnettävät systemaattinen- ja intuitiivinen menetelmä.

5.2.1 Tiimiarviointi

Intuitiivinen tiimiarviointi-menetelmä perustuu kehitys- tai erillisen arviointitiimiin mielipiteisiin ja kokemukseen. Tiimin tehtävänä on perehtyä luotuihin konsepteihin ja tehdä omaan mielipiteeseen ja asiantuntijuuteen perustuen päätös, mikä kehitetyistä konsepteista valitaan tuotekehitysprosessin seuraaviin vaiheisiin. Keinosen ja Takalan mukaan tiimiarviointi on yleisimmin käytetty menetelmä yritysten tuotekehitysprosessin aikana konseptien valinnassa. Onnistuneen päätöksen edellytyksenä pidetään laaja-alaista ja asiantuntevaa tiimiä, tuotekonseptien selkeää ja tarkkaa kuvausta sekä keskustelevaa ilmapiiriä. Arvioinnin tukena voidaan käyttää tarkastuslistoja, jotta konsepteja tarkasteltaisiin ja pohdittaisiin tasapuolisesti kaikista näkökulmista. (Keinonen & Takala 2006, 68–70; Ulrich & Eppinger 2012, 145)

Tiimiarviointiin heikkoutena nähdään valintatiimin kokoonpanon vaikutus päätökseen. Mikäli jonkin alan asiantuntija puuttuu tiimistä, on hyvin todennäköistä, että päätös tämän alan ratkaisuista ei ole tarjolla olevista paras mahdollinen. Toisin sanoen valintaprosessi on hyvin herkkä epätasapainoiselle tiimille, ja jopa ihmisen luonteenpiirteille sekä hänen olotilalleen. Tämän takia olisikin tärkeää, että valinnan tekevä tiimi olisi mahdollisimman monipuolinen ja tiimin sisäiset henkilösuhteet olisivat tasapainossa. Valintaprosessiin voidaan ottaa mukaan myös tulevaa asiakaskuntaa, jolloin saadaan enemmän mielipiteitä oikean päätöksen tueksi. Valmis tuote vastaa tällöin todennäköisemmin myös markkinoiden todellista kysyntää paremmin. (Keinonen & Takala 2006, 68–70; Ulrich & Eppinger 2012, 145)

5.2.2 Painoarvotaulukko

Painoarvotaulukko on yleisimmin käytetty systemaattinen valintamenetelmä. Se on parhaimmillaan valintaprosessin loppuvaiheessa, jossa mahdollisia valittavia konsepteja on jäljellä enää kahdesta viiteen ja konseptit ovat jo melko tarkasti määriteltynä. Painoarvotaulukon heikkoutena nähdään sen kyky ottaa konseptien huonoja ominaisuuksia huomioon sekä menetelmän suuri kvantitatiivisen tiedon tarve. Taulukossa 1 on esitetty esimerkki painoarvotaulukosta. Se perustuu eri ratkaisuvaihtoehtojen pisteyttämiseen ja pisteiden kertomiseen painokertoimilla. Konseptien arviointikriteerit painoarvotaulukkoon valitaan yleensä alkututkimuksessa asetetuista tavoitteista, mutta mukaan voidaan ottaa kriteereitä myös esimerkiksi valmistettavuuden ja markkinoinnin näkökulmista. (Jokinen 2001, 78–81; Ulrich & Eppinger 2012, 153–156.)

TAULUKKO 1. Esimerkki painoarvotaulukosta (Ulrich & Eppinger 2012, 154)

		Concept							
		A (Reference) Master Cylinder		DF Lever Stop		E Swash Ring		G+ Dial Screw+	
Selection Criteria	Weight	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score
Ease of handling	5%	3	0.15	3	0.15	4	0.2	4	0.2
Ease of use	15%	3	0.45	4	0.6	4	0.6	3	0.45
Readability of settings	10%	2	0.2	3	0.3	5	0.5	5	0.5
Dose metering accuracy	25%	3	0.75	3	0.75	2	0.5	3	0.75
Durability	15%	2	0.3	5	0.75	4	0.6	3	0.45
Ease of manufacture	20%	3	0.6	3	0.6	2	0.4	2	0.4
Portability	10%	3	0.3	3	0.3	3	0.3	3	0.3
Total Score		2.75		3.45		3.10		3.05	
Rank		4		1		2		3	
Continue?		No		Develop		No		No	

Suoritettaessa konseptien arviointi painoarvotaulukon avulla, arvostelua tekevä tiimin tai henkilön tehtävänä on määrittää, mikä arviointikriteereistä on tärkein ja annettava sille suurin painoarvo. Muiden arviointikriteereiden painotus on suhteutettava siten, että ne ovat keskenään oikeassa tärkeysjärjestyksessä. Usein painokertoimet valitaan, niin että niiden summaksi tulee yksi. Tämän jälkeen arvosteltavat konseptit arvioidaan arvostelukriteereiden perusteella valitun asteikon, esimerkiksi yhdestä neljään avulla. Laskemalla painotetut pisteet yhteen, saadaan painoarvotaulukon perusteella paras konsepti, jota kannattaisi lähteä

jatkokehittämään. (Jokinen 2001, 78–81; Keinonen & Takala 2006, 68; Ulrich & Eppinger 2012, 153–156.)

Kuten edellä todettiin, painoarvotaulukko-menetelmän heikkoutena on konseptien huonojen ominaisuuksien huomioiminen. Toisin sanoen, vaikka konseptin painotetut pisteet olisivatkin arvostelun parhaat, voi siihen olla valittuna yksi osaongelman ratkaisu, joka ei todellisuudessa täyttäisikään asetettuja tavoitteita. Konseptin muista arvostelukriteereistä saadut pisteet voivat olla niin hyvät, että ne kumoavat yhden huonon osaongelman ratkaisun pisteytyksen vaikutukset. Tämän vuoksi käytettäessä painoarvotaulukkoa on oltava tarkkana, mikäli jollekin ratkaisulle annetaan arvostelussa alhaisia pisteitä, kuten yksi. (Jokinen 2001, 78–81; Keinonen & Takala 2006, 68; Ulrich & Eppinger 2012, 153–156.)

6 TUOTEKEHITYSSUUNNITELMAN MÄÄRITTÄMINEN

6.1 Prosessimalli

Tämän työn tavoitteena oli ideoida ja konseptoida erilaisia ratkaisuja lataavasta laskeutumisalustasta ammattikäyttöön suunnitelluille autonomisille droneille. Tässä opinnäytetyössä tuotekehitysprosessi painottui siis yleisen tuotekehitysprosessin alkupään vaiheisiin, alkututkimus, ideointi ja konseptointi. Koska erilaisia keinoja toteuttaa alusta ja sen toiminnot haluttiin löytää mahdollisimman paljon, ideointivaiheesta pyrittiin tekemään mahdollisimman luova ja tehokas.

Kehitysprosessin projektimaisen luonteen, tiiviin aikataulun sekä käytössä olevien henkilöstöresurssien perusteella kehitysprosessia lähdettiin viemään eteenpäin lineaarisen prosessimallin perusteella. Tällä valinnalla tavoiteltiin erityisesti tehokasta ja tuloksellista ajankäyttöä sekä selkeää prosessihallintaa. Koska lineaarimallien haasteena nähdään yleisesti luovuuden hallinta prosessin aikana, pyrittiin luovuudelle oleellisia elementtejä korostamaan prosessin aikana, erityisesti ideointivaiheessa.

6.2 Alkututkimus

Alkututkimusvaiheen tavoitteeksi määritettiin tutustuminen ammattikäyttöisiin droneihin sekä jo mahdollisesti markkinoilla oleviin lataaviin laskeutumisalustoihin. Alkututkimuksen tavoitteena oli myös asiakkaan ja markkinoiden odotusten ja vaatimusten selvittäminen valmiille tuotteelle sekä niiden esittäminen mahdollisimman selkeästi. Kolmanneksi tavoitteeksi alkututkimukselle asetettiin pääongelman jakaminen pienempiin ja helpommin lähestyttäviin osaongelmiin, asetettuihin vaatimuksiin perustuen.

6.3 Ideointimenetelmä

Ideointivaiheen päätavoitteeksi asetettiin mahdollisimman suuren määrän tuottaminen luovia ja monipuolisia ratkaisuja alkututkimuksessa määritettyihin osaongelmiin. Laskeutumisalustan erilaisten toimintojen toteuttamiseksi tiedettiin olevan jo paljon valmiita ratkaisuja, joten parhaaksi työkaluksi ideoiden tuottamiseen katsottiin olevan aivoriihi. Tarvittaessa ideointikokousta voitaisiin tehostaa myös muista menetelmistä lainatuilla lisätyökaluilla, esimerkiksi kaukaisten mallien analogialla tai vaikeaksi osoittautuneen osaongelman käsittelemistä SIT-menetelmästä lainatulla ideointityökalulla.

6.4 Konseptien arviointimenetelmä

Koska ideointivaiheen tavoitteeksi määritettiin mahdollisimman suuren määrän tuottaminen uusia ja luovia ideoita, saatuja ideoita olisi todennäköisesti karsittava ensin. Karkeaan esiseulontavaiheeseen valittiin työkaluksi intuitiivinen työryhmäarviointi, jonka tavoitteeksi asetettiin ei-toimivien ja toteuttamiskelvottomien ideoiden poistaminen. Menetelmää sovellettaisiin kuitenkin ensisijaisesti yksintyöskentelyyn, samalla tarvittaessa perehtyen ideoiden taustalla olevaan tekniikkaan, jotta valinta olisi tasapuolinen kaikkien ideoiden kannalta.

Esiseulontavaiheen jälkeen tavoitteeksi määritettiin jäljellä olevista ideoista tuotekonseptien rakentaminen. Menetelmäksi luotujen tuotekonseptien arviointiin valittiin painoarvotaulukko sen hyvän soveltuvuuden takia pitkälle kehitettyjen konseptien arvioinnissa. Ensisijaiseksi tavoitteeksi konseptien arviointiin asetettiin parhaan ratkaisun löytäminen aCOLOR-projektin tarpeisiin sekä toissijaiseksi tavoitteeksi ratkaisun löytäminen yleiseen markkinatarpeeseen.

7 ALKUTUTKIMUS

7.1 Benchmarking

Vertaisarvioiva markkina- ja kilpailijatutkimus tehtiin täysin sähköisesti tutustamalla tuotteita myyvien ja valmistavien yritysten kotisivuihin, markkinakanaviin, sekä käyttäjien julkaisemiin materiaaleihin. Tutkimus tehtiin perustuen kolmeen päähakukriteeriin: laskeutumisalusta, latausmenetelmä sekä ammattikäyttöön suunniteltu drone. Tutkimuksen aikana keskityttiin ensisijaisesti droneja käsittelevään materiaaliin, mutta samalla ajatuksia pyrittiin hakemaan myös laajemmin, esimerkiksi yleisesti ilmailualan puolelta.

Tutkimuksen tuloksena markkinoilta löydettiin muutamia valmistajia, jotka kilpailevat samalla markkinasegmentillä, liiketoimintakäyttöön suunnitelluilla automaattisesti lataavilla laskeutumisalustoilla. Markkinoilla olevat mallit olivat kuitenkin ulkomitoiltaan isoja ja lähes kaikki perustuivat kuvan 1 pöytämäiseen lataustasoon, jolloin drone ei välttämättä pysy paikallaan esimerkiksi heiluvassa USV:ssä. Suurimassa osassa laskeutumisalustoja ei myöskään oltu otettu kantaa säänkestävyyteen, vaan ne oli ensisijaisesti suunniteltu katettuihin tiloihin.



KUVA 1. Skysens Inc:n versio lataavasta laskeutumisalustasta (Skysense Inc 2020)

Tutkimuksen tuloksena löydettiin kolmeen erilaiseen latausmenetelmään perustuvia ratkaisuja dronen lataukseen: langaton lataus ilmassa, langaton lataus alustalla sekä pistokemaiseen kosketukseen perustuva lataus. Suurin osa ensisijaisesti ammattikäyttöön suunnitelluista malleista perustui kuitenkin pistokemaiseen kosketukseen sen paremman tehokkuuden takia.

Eryteisesti liiketoiminta- ja ammattikäyttöön suunniteltuja droneja löytyy paljon erityyppisiä ja kokoisia. Dronejen kokoluokka rajattiin aCOLOR projektin käytössä olevien Gaia 100- ja Matrice 100 -dronejen mukaan. Tällöin Traficom (2020, 19) mukaan laskeutumisalustaa kehitetään A2-luokan dronejen käyttöön. Lähes kaikissa tämän kokoluokan droneissa on jonkinlainen kamera vakiovarusteena, jota voitaisiin hyödyntää laskeutumisalustan näkökulmasta esimerkiksi paikoituksessa. Useimmissa A2-kokoluokan droneissa myös laskeutumisjalusta on hyvin muokattavissa, se voidaan poistaa kokonaan tai siihen voidaan kiinnittää erilaisia toimintoja.

7.2 Tavoitteiden määrittäminen

Lataavalle laskeutumisalustalle oli asetettu asiakkaan toimesta selkeät tavoitteet ja vaatimukset aCOLOR-projektiin kehitettävää laskeutumisalustaa kohtaan. Tämän työn toisena tarkoituksena oli kuitenkin tuoda ideoita myös yleiseen liiketoimintakäyttöön, esimerkiksi kuljetusalalle. Tällöin alustojen ei tarvitse olla molemmissa tapauksissa täysin samanlaiset. Esimerkiksi yleiseen käyttöön suunnittelussa alustassa ei tarvitse välttämättä olla heiluvan ympäristön vaatimaa dronen kiinnitystä.

Asiakkaan tavoitteet ja vaatimukset olivat pääosin kvalitatiivisessa eli laadullisessa muodossa. Helpomman ongelmallistamisen takia kaikki vaatimukset ja toiveet pyrittiin kuvaamaan kvalitatiivisesti mahdollisimman lyhyesti ja selvästi. Asiakkaalta saadut sekä havaitut vaatimukset ja tavoitteet jaettiin kahteen kategoriaan, toiveisiin ja vaatimuksiin. Tämä auttoi tunnistamaan seuraavissa vaiheissa paremmin, mitkä ovat valmiin tuotteen kannalta tärkeimmät asiat. Taulukossa 2 on esitetty kehitystyön vaatimukset ja toiveet, lyhenne aCOLOR vaatimuksen perässä tarkoittaa, että vaatimus koskee ensisijaisesti pelkkää aCOLOR-projektin

käyttöön kehitettävää mallia, eikä ole välttämätön ominaisuus yleisille markkinoille kehitettävässä tuotteessa.

TAULUKKO 2. Lataavan laskeutumisalustan vaatimukset ja toiveet

Vaatimukset
Latauksen pitää alkaa ja katketa täysin automaattisesti
Dronen pitää pysyä kiinni alustassa (aCOLOR)
Säänkestävä (meriympäristö) (aCOLOR)
Pitää pystyä laskeutumaan vinossakin olevalle alustalle (aCOLOR)
Kestää dronen putoamisen alustalle
Pitää pystyä laskeutumaan myös muualle kuin laskeutumisalustalle
Akku pitää olla vaihdettavissa, kun drone on alustalla
Toiveet
Mahdollisimman vähän lentopainoa
Hyvä latausnopeus
Yksinkertainen ja varma toimintaperiaate
Halvat valmistuskustannukset
Kompaktin kokoinen

7.3 Jako osaongelmiin

Osaongelmien etsiminen aloitettiin ensin yleistämällä tehtävä ja määrittelemällä, mikä tai mitkä ovat valmiin tuotteen päätoiminnot eli miksi tuote pitää kehittää. Päätoiminnoiksi lopulliselle tuotteelle löydettiin dronen akun lataaminen, dronen säilyttäminen ja dronen pitäminen paikallaan alustaan nähden. Kehitystehtävän pääongelmaksi muodostui näin ollen: miten toteuttaa lataaminen A2-kokoluokan dronelle niin, että drone on laskeutuneena ja se pysyy paikallaan.

Perustuen pääongelmaan ja edellä määritettyihin vaatimuksiin ja toivomuksiin, pääongelma jaettiin osaongelmiin. Osaongelmia etsittiin käyttäen ajatusmallia, mitä pitää ratkaista, jotta lopullinen tuote täyttäisi asetetut vaatimukset. Kehitettävän tuotteen osaongelmiksi löydettiin seuraavat ongelmat, luvussa 4.2 esitettyyn miten-muotoon muokattuna:

- Miten toteuttaa lataus

- Miten drone laskeutuu latauksen näkökulmasta oikeaan paikkaan
- Miten drone saadaan pysymään alustalla paikallaan
- Miten sääolosuhteet voidaan huomioida
- Miten aalloista johtuva ympäristön heiluminen voidaan ehkäistä?

Pääongelmaa ei haluttu jakaa yllä esitettyä tarkemmin pienempiin osiin, jotta ideointiin ei aiheutuisi kysymyksenasettelulla lainkaan ennakkoluuloja. Melko avoimella kysymyksen asettelulla pyrittiin myös luomaan mahdollisimman hyvä pohja luoville ja innovatiivisille ratkaisuille. Toisaalta avoimen ja laajan osaongelmien asettelun takia ideointituokion vetäjän on osattava ohjata keskustelua sopivissa kohdissa oikeaan suuntaan, jotta ideat tulevat olemaan kohteeseen sopivia ja hyödynnettävissä.

8 IDEOINTIPROSESSI

8.1 Ideointikokous

Ideointikokouksen perustaksi luotiin liitteessä 1 esiintyvä ideointipohja. Jokainen osaongelma asetettiin omalle sivulle, jonka alle syntyvät ideat kerättiin. Koska ongelman ratkaisun pääpaino haluttiin pitää pääongelman ytimessä, myös pääongelma esitettiin jokaisella sivulla.

Ideointikokouksen alussa kaikille osallistujille korostettiin ehdotonta kieltoa negatiivisuudesta omia ja muiden ajatuksia kohtaa. Lisäksi esitettiin miten-kysymyksen käyttö työkaluna negatiivisuutta vastaan, luvussa 4.2 esitettyyn esimerkkiin pohjautuen. Jokaiselle osaongelmalle varattiin noin kymmenen minuuttia ideointiaikaa. Perustuen luvussa 4.2 esitettyyn teoriaan ideoiden syntymisestä pitkäjänteisen ajatustyön tuloksena, ideointiaika pyrittiin kuitenkin päättämään niin, että aika päättyi noin minuutin päästä ideoiden syntymisvauhdin hidastumisesta.

8.2 Ideoinnin tulokset

Pääosin ideointikokouksen ilmapiiri oli hyvin vapautunut ja innovatiivinen. Negatiivisuutta ei juurikaan esiintynyt ja ilmi tulleet ongelmat saatiin käännettyä tehokkaasti haasteiden kautta ongelmiksi ja tuotettua tätä kautta lisää ideoita. Muutaman kerran ideoiden tuottaminen pysähtyi, tällöin kyseinen idea unohdettiin hetkeksi ja siirryttiin toiseen ongelmaan. Hetken kuluttua palattiin takaisin vanhaan ongelmaan. Aivoriihen perusteiden mukaan, kaikki ideat kirjattiin muistiin.

Ideointikokouksen aikana, vallitsevaa ajatusmaailmaa pyrittiin ohjaamaan säännöllisesti pääongelmaa kohti syntyneiden ideoiden perusteella. Ideoinnin aikana painotettiin valmiin tuotteen kannalta tärkeitä ominaisuuksia, kuten mahdollisimman vähäistä lentopainoa ja monipuolista käyttäjäkuntaa. Uusia ja innovatiivisia ideoita etsittiin hakemalla ajatusmalleja myös poikkeavista näkökulmista. Esimerkiksi dronesta, jossa ei olisi lainkaan laskeutumisjalkoja tai jalustaa ja pohtimalla, mitä hyötyä tästä olisi, ja toisaalta, miksei tällaista mallia voitaisi todellisuudessa

toteuttaa. Kaiken kaikkiaan ideointikokous oli tuottoisa ja toi täysin uusia ja hyvin luoviakin ratkaisuja osaongelmiin. Ideointikokouksessa tuotetut ideat on esitetty liitteessä 1 kirjattuina ideointipohjaan.

9 KONSEPTOINTI

9.1 Ideoiden esikarsinta

Konseptien muodostamisvaihe aloitettiin listaamalla tuotetuista ideoista selkeästi yksittäiset ideat sekä ryhmittelemällä samaan ideologiaan perustuvat ideat yksittäisen idean alle. Perustuen intuitiiviseen arviointiin, ideoiden soveltuvuus ja toimivuus valmiin tuotteen kannalta määriteltiin. Liitteen 2 taulukossa on esitetty kaikki ideointivaiheessa syntyneet ja ryhmitellyt ideat sekä päätös niiden soveltuvuudesta kehitettävään tuotteeseen. Liitteen 2 taulukon oikeassa reunassa on esitetty mahdollisen hylkäyksen peruste sekä mahdollinen tarkennus idean käyttöön liittyen.

Esikarsintavaiheessa painotettiin erityisesti lentopainon lisääntymisen välttämistä sekä idean toteutettavuutta nykyisellä tekniikalla. Idea piti myös olla toteutettavissa melko yksinkertaisella tavalla, jotta valmis tuote vastaisi asetettuja tavoitteita ja toiveita. Ideoiden esikarsinnassa esiin nousi kolme teknologiaa, joiden soveltuvuudesta valmiiseen tuotteeseen ei osattu suoraan muiden ideoiden näkökulmasta tasapuolisesti päättää. Seuraavissa kappaleissa perehdytään teknologioihin niiden soveltuvuuden näkökulmasta dronen laskeutumisalustan käyttöön.

9.1.1 Langaton lataus

Tällä hetkellä markkinoilla oleva langaton lataustekniikka perustuu kahteen toimintaperiaatteeseen. Yleisimmin käytetty induktiolataus perustuu sähkömagneettiseen induktioon ja uudempi resonanssilataus käämien resonanssitaajuuksiin. Molemmat menetelmät tarvitsevat käämit sekä dronessa, että alustassa. (Infineon Technologies AG 2019; Cai ym. 2020.)

Langattoman latauksen etuna laskeutumisalustan kehityksen kannalta on huomattavasti vapaampi dronen sijoittuminen alustaan nähden ja näin ollen vapaampi suunnittelu. Samaa alustatyyppiä voitaisiin myös hyödyntää paremmin

eri kokoisten dronejen kanssa, dronen vapaamman sijoiteltavuuden takia. Teknologian heikkoutena on kuitenkin merkittävä painon lisääntyminen dronessa vaadittavan käämin takia, huonompi latausnopeus ja -teho verrattuna langalliseen lataukseen sekä erityisesti induktiolatauksesta aiheutuvat haitalliset magneettikentät. (Infineon Technologies AG 2019; Cai ym. 2020.). Tällä hetkellä tekniikka ei toisin sanoen ole vielä riittävän korkealla tasolla sen hyödyntämiseksi liiketoimintakäyttöön suunnattujen dronejen latauksen näkökulmasta. Tämä selittää myös alkututkimuksessa tehdyn havainnon siitä, miksi kaikki saman segmentin kilpailijat käyttävät kosketukseen perustuvaa latausliitäntää.

9.1.2 GNSS

Kun vapaimman paikoituksen salliva langaton lataustekniikka oli todettu sopimattomaksi tähän sovellukseen, dronen sijoittumisen piti olla entistä tarkempi alustaan nähden. Ideointivaiheessa esiin nousi GPS-paikannus, joka laajennettiin käsittämään kaikki käytössä olevat paikannuspalvelut (GNSS). Maanmittauslaitoksen (2020) mukaan avustetulla GNSS-paikannuksella päästään senttimetrin tarkkuuteen.

Riippuen lopullisen alustan koosta tämä tarkkuus voi olla riittävä. Jos latausliitäntään valitaan taas esimerkiksi pistokemainen uros-naaras-tyyppinen liitin, tarkkuus ei kuitenkaan riitä, vaan lisäksi pitää olla tarkempi paikotusmenetelmä. GNSS on myös riippuvainen satelliittien näkyvyydestä, jolloin esteen, esimerkiksi rakennuksen tullessa dronen ja satelliittien välille, drone voi menettää hetkellisesti sijaintitietonsa. GNSS-järjestelmän tarkkuudesta huolimatta sillä ei myöskään saada selville, miten päin drone on suhteessa alustaan. Alustan pitää siis olla riippumaton dronen asennosta tai vaihtoehtoisesti siinä pitää olla toiminto, jolla drone kääntyy aina samoin päin.

9.1.3 Konenäkö

Kuten alkututkimuksessa todettiin useimmissa A2-kokoluokan droneissa on kamerajärjestelmä tai ne on mahdollista varustaa sellaisella. Useimpia dronejen kameroita on mahdollista myös käyttää konenäkö-tarkoitukseen, ja mikäli kamera on käännettävissä alas, sitä voidaan käyttää laskeutumisessa konenäön tuottamiseen.

Konenäön hyödyntäminen laskeutumispaikoitukseen on melko uutta tekniikka, ja sitä kehitetään jatkuvasti. Markkinoilta löytyy joitakin valmistajia, jotka käyttävät jo konenäköä paikoituksen avuksi. Tällä hetkellä suoraan valmista sovellusta tai ohjelmistoa konenäön hyödyntämiseksi laskeutumisen apuna markkinoilla ei kuitenkaan vielä ole. Menetelmän hyödyntäminen vaatii siis ohjelmointia ja kehittämistä, ennen kuin sitä voidaan soveltaa dronen paikoittamiseksi laskeutumisalustaan nähden. Tällä hetkellä konenäköön perustuvilla menetelmillä päästään kymmenin senttimetrien tarkkuuteen (Feng ym. 2018; Polvara ym. 2018).

Dronessa kamera tai kamerat on sijoitettu tehtävän suorittamisen kannalta optimaalisimpaan paikkaan. Tämän seurauksen laskeutumisen näkökulmasta kameran sijoittelu saattaa aiheuttaa ongelmia, sillä käytettäessä esimerkiksi tähtäyskuviota laskeutumisalustassa, viimeisten senttimetrien aikana kuvio jää dronen rungon alle, eikä ole välttämättä kameran näköpiirissä. Tätä voidaan toki ehkäistä sijoittamalla toinen kamera laskeutumisalustaan, mutta tämä lisää heti järjestelmän monimutkaisuutta ja hintaa. Konenäköön perustuvat menetelmät ovat myös hyvin herkkiä valon määrälle ja järjestelmän toimimiseksi laskeutumisalusta pitää pystyä valaisemaan riittävän tehokkaasti.

9.2 Konseptien muodostaminen

Esikarsintavaiheen tutkimuksen perusteella konseptien muodostamiseen rajoittavaksi tekijäksi muodostui dronen paikoittumismenetelmän valinta. Perustuen GNSS:n yhteyden mahdolliseen hetkelliseen katkeamiseen sekä toisaalta konenäön vaatimukseen riittävästä valaistuksesta ja ongelmista laskeutumisen viimeisinä senttimetreinä, parhaaksi vaihtoehdoksi tähtäykseen metrin etäisyydeltä

laskeutumiskohteesta todettiin ensisijaisesti molempien menetelmien käyttäminen yhtäaikaisesti, toistensa tukena.

Vaikka molempia tähtäysmenetelmiä käytettäisiin yhtäaikaisesti, laskeutumistarkkuus olisi parhaimmillaankin kuitenkin vain senttimetrejä. Kun huomioidaan vielä ympäristön tuulisuus sekä USV:n mahdollinen heiluminen, vaihtoehtoisiksi alustan tyypeiksi nähtiin tuotettuihin ideoiden perustuen kaksi mahdollista ratkaisua. Alustan pitäisi olla pinta-alaltaan riittävän suuri ja latauksen kannalta laskeutumipaikan merkityksellä ei saisi olla suurta merkitystä tai alustan pitäisi olla painovoiman avulla geometriseen keskitykseen perustuva, mikä keskittää dronen aina samaan paikkaan alustaan nähden. Tällöin alustassa voi olla esimerkiksi kiinteä latauspistoke.

Esikarsintavaiheen perusteella todettiin myös, että aCOLOR-projektiin kehitettävän tuotteen rakenteen yksinkertaisuuden takia, dronen pitäisi ensisijaisesti kiinnittyä kehitettävään alustaan niin kovin, että alustan erillistä vakauttamista ei tarvittaisi. Valitusta alustankonseptista riippumatta, jokainen alusta vaimennettaisiin lähtökohtaisesti kumivaimentimilla USV:n rungosta, terävien iskujen vaimentamiseksi. Mikäli laskeutumisalustan prototyyppivaiheessa osoittautuisi, että alusta heiluu ja liikkuu liikaa ja drone ei pysy kiinnityksestä huolimatta paikallaan, voitaisiin alustan vakauttamiseen kehitetyt liitteessä 2 esitetyt ideat ottaa tällöin käyttöön.

Koska aCOLOR-projektiin kehitettävä laskeutumisalusta haluttiin pitää mahdollisimman yksinkertaisena ja toimintavarmana, päätettiin, että alustaan ei lähtökohtaisesti valita minkäänlaista avautuvaa kattoa tai muuta laskeutumista hankaloitettavaa rakenteeltaan monimutkaista suojaa. Sääolosuhteiden tuomat haasteet pyritäisiin ratkaisemaan ensisijaisesti materiaali- ja suunnitteluvälillä siten, että esimerkiksi sade tai tuuli ei tuota alustan toiminnan kannalta ongelmia.

Perustuen luvussa 7.3 esitettyihin latausalustan päätoimintoihin ja määritettyihin osaongelmiin, jäljellä olevat osaongelmien ratkaisut jaettiin esikarsintavaiheen sekä edellä tehtyjen päätösten perusteella kolmen kategorian alle: paikoittuminen, lataus ja kiinnittyminen. Jaotellut ideat on esitetty taulukossa 3.

TAULUKKO 3. Jäljellä olevien ratkaisujen luokittelu kolmeen kategoriaan

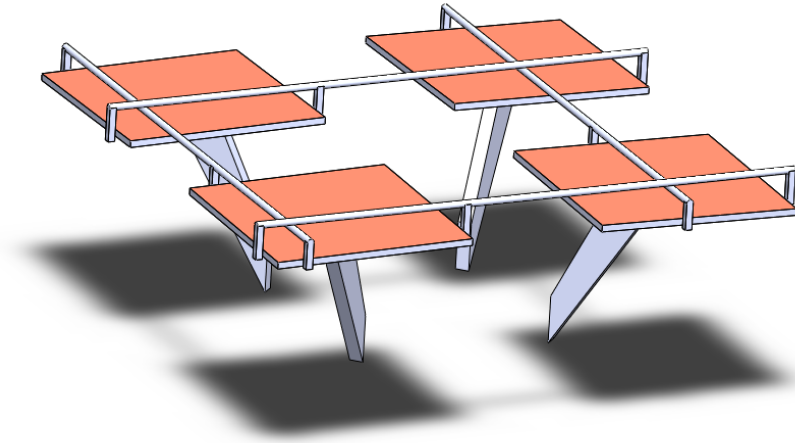
Paikoittuminen, ratkaisut:
Vapaampi, (GNSS + konenäkö)
Tarkempi, (GNSS + konenäkö + muoto)
Kartiomainen toroidi
Kartioista koostuva kennorakenne
Lataus, ratkaisut:
Kontaktityyppi alustassa
<i>Vapaampi paikoittuminen:</i>
+ ja - kiskot
isot + ja - laatat jalkojen alla
<i>Tarkempi paikoittuminen:</i>
Nouseva liitin keskellä alustaa
+ ja -pinnat keskityskartion/kartioiden pohjassa
Kontaktityyppi dronessa
Lieriömäiset koskettimet laskeutumisjalan/jalkojen pohjassa
Dronen jalan sivuun kiinnitetyt jousikuormitteiset kontaktitapit
Kierrettävä pistoke, + pistokeen ulkoreunasta, - pistokkeen keskeltä
Kiinnittyminen, ratkaisut:
Dronen kiinni kiertyvä latausliitin
Jalkojen ylitse kääntyvät/liikkuvat tasot tai kiinnikkeet
Jalkojen läpi/päälle menevät lukitustapit

Taulukossa 3 esitettyjen käytössä olevien ideoiden pohjalta muodostettiin kolme mahdollista konseptia lataavalle laskeutumisalustalle. Konsepteihin pyrittiin valitsemaan ja yhdistelemään taulukon 3 ideoita mahdollisimman monipuolisesti, jotta konseptien arvioinnissa saataisiin mahdollisimman hyvä käsitys eri ideoiden toimimisesta niin konsepti- kuin yksittäistasollakin. Tällöin tarvittaessa konseptoja muokkaamalla löydettäisiin paras mahdollinen ratkaisu pääongelman. Konseptit pyrittiin myös rakentamaan siten, että konseptien arvioinnin perusteella löydettäisiin paras ratkaisu sekä aCOLOR-projektin tarpeisiin, että yleisten markkinoiden tarpeeseen. Seuraavissa kappaleissa esitellään lyhyesti karkea kuvaus muodostetuista kolmesta konseptista.

Konsepti 1

Ensimmäiseen konseptiin dronen paikoittumismenetelmäksi valittiin pelkästään GNSS-paikannukseen sekä konenäköön perustuva ratkaisu. Epätarkemman paikoittumismenetelmän valinnan takia alusta luotiin perustuen neljään isoon erilliseen lataustasoon, joiden pinnoista latausvirta otetaan. Kuvassa 2 on esitetty karkea hahmotelma luodusta konseptista 1. Lataus perustuu kahteen dronen jal-

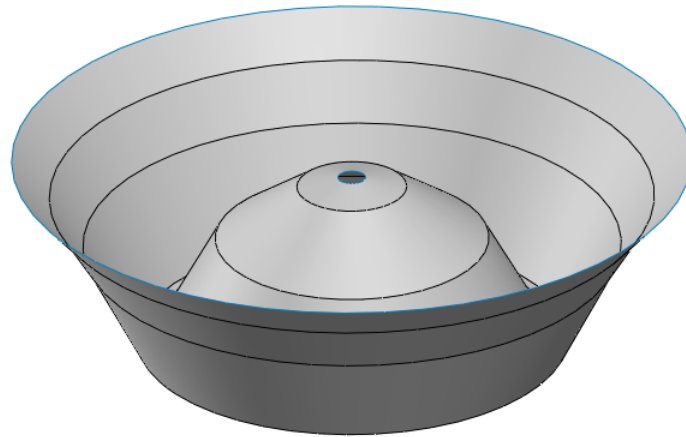
kaan, tai jalustan ollessa yhtenäinen, sen ääripäihin kiinnitettäviin jousikuormitettuihin kosketussauvoihin. Dronen lukitseminen alustaan perustuu tasojen ulko-reunoista keskikohtaa kohti liikutettavaan kiinnityspotkiin, jotka puristavat dronen kiinnityspotkien väliin. Kaikki neljä kosketustasoa käännetään viettämään hieman ulospäin, jolloin mahdollinen vesi ei jää seisomaan niiden päälle.



KUVA 2. Karkea hahmotelma konseptista 1

Konsepti 2

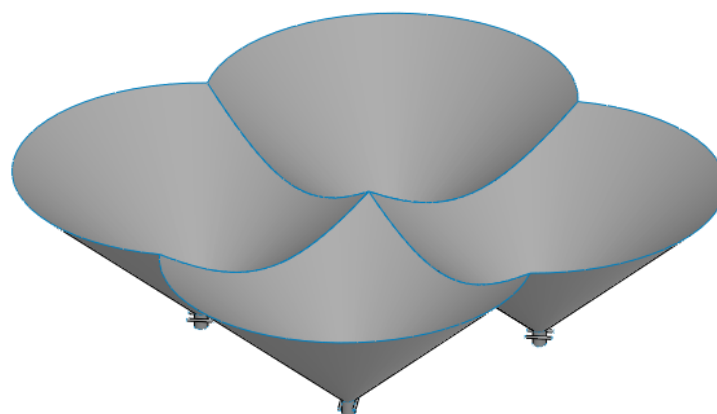
Toiseen konseptiin dronen paikoittumismenetelmäksi valittiin GNSS-paikannukseen, konenäköön sekä muotokeskittämiseen perustuva ratkaisu. Konseptin 2 alustan geometriaksi valittiin kuvan 3 karkean luonnoksen mukainen kartiomainen toroidimalli. Konseptissa 2 latausvirta droneen tuodaan keskeltä dronen alta lampunkantamaisen liittimen kautta. Dronen laskeuduttua ja paikoituttua, alustan keskeltä nousee virtaliitin, joka kiertyy dronen pohjassa olevan vastinkappaleen kierteisiin. Samalla liitin kiinnittää dronen alustaan. Liittimen ulkokuoresta viedään droneen plusjännite ja keskeltä liitintä miinusjännite.



KUVA 3. Karkea luonnos konseptin 2 muodosta

Konsepti 3

Kolmanteen konseptiin valittiin konseptin 2 tapaan GNSS-paikannukseen, kokenäköön sekä muotokeskittämiseen perustuva ratkaisu. Muodoksi valittiin kuitenkin kuvan 4 karkean luonnoksen mukainen kennomainen kartiorakenne. Latausvirta dronelle otetaan jalkojen pohjasta lieriömaisten koskettimien kautta. Vastinkoskettimet sijoitetaan kartioiden pohjaan, jolloin dronen laskeuduttua alustalle kontaktipinnat ovat vastakkain. Drone lukitaan alustaan kartioiden ala-reunojen lävitse työntyvillä lukitustapeilla. Dronen jalkojen kontaktipinnat ovat halkaisijaltaan hieman jalkojen runkoa isommat, jolloin lukitustapit jäävät kosketuspintojen päälle ja estävät jalkojen nousun ja dronen liikkumisen.



KUVA 4. Konseptin 3 karkea luonnos

9.3 Konseptien arviointi

Luvussa 6.4 luotuun tuotekehityssuunnitelmaan sekä suoritettuun uudelleenkat-
saukseen sopivimmasta menetelmästä konseptien arvioimiseksi, parhaaksi vaih-
toehdoksi todettiin systemaattinen painoarvotaulukko. Painoarvotaulukon arvi-
ointikriteerit määritettiin pitkälti luvussa 7.2 asetettujen vaatimusten ja tavoittei-
den perusteella. Lisäksi mukaan otettiin turvallisuus-, alustan monikäyttöisyys-
sekä valmistuskustannusnäkökulma. Koska sekä aCOLOR-projektin, että yleis-
ten markkinoiden laskeutumisalustan näkökulmasta valmiin tuotteen tuli olla hie-
man erilainen sisältäen eri ominaisuuksia, konseptien arvostelu päätettiin jakaa
kahteen osaan.

9.3.1 aCOLOR-projekti

Taulukossa 4 on esitetty aCOLOR-projektiin kehitettävän konseptin valintaan
käytetty painoarvotaulukko. Arvosteluasteikoksi valittiin arvot yhdestä neljään.
Valmiin laskeutumisalustan kannalta tärkeimpänä ominaisuutena nähtiin alustan
turvallisuus sekä mahdollisimman vähäinen lentopainon lisäys droneen. Turvalli-
suuden näkökulmasta huomiota kiinnitettiin erityisesti sähköturvallisuuteen sekä
dronen vahingoittumisen mahdollisuuteen.

Laskeutumisalustan käytettävyyden näkökulmasta tärkeäksi koettiin dronen käy-
tön mahdollistaminen erilaisten kameroiden tai muiden työkalujen kanssa. Lisäksi
toimintavarmuuden kannalta, veden vaikutusten hallinta koettiin tärkeäksi valmiin
laskeutumisalustan kannalta. Koska aCOLOR-projektin tarpeisiin kehitettävä
alusta oli määritelty melko tiukasti kahden dronemallin käyttöön, alustan moni-
käyttöisyyttä erilaisten dronejen välillä ei koettu merkittäväksi arvostelukriteeriksi.

TAULUKKO 4. aCOLOR-projektin konseptien painoarvotaulukko

		Konsepti 1		Konsepti 2		Konsepti 3	
Paikoittumien		Vapaampi (GNSS + Konenäkö)		Muoto, kartiomainen toroidi + GNSS + Konenäkö		Muoto, kartiokennosto + GNSS + Konenäkö	
Kontaktityyppi alustassa		Kontaktipintaiset laatat (4 kpl) kulmissa		Nuoseva latausliitin, suojaaluukku		Kontaktipinnat kartioiden pohjalla	
Kontaktityyppi dronessa		Jalkaan/jalkoihin kiinnitetyt jousikuormitteiset kosketinsauvat		Latausliitin dronen alla		Lieriömäiset koskettimet jalkojen pohjissa	
Kiinnitys		Jalustan vaaktasojen päälle liikkuvat lukitusputket		Latausliitin		Lukitustapit kartioiden sivuista	
Arviointikriteeri:	Painoarvo	Pisteet	Painotetut pisteet	Pisteet	Painotetut pisteet	Pisteet	Painotetut pisteet
Turvallisuus	19 %	2	0,38	4	0,76	3	0,57
Lentopaino	19 %	3	0,57	3	0,57	4	0,76
Dronen erilaisen varustelun vaikutus laskeutumiseen	14 %	4	0,56	2	0,28	2	0,28
Sään vaikutus	12 %	1	0,12	4	0,48	2	0,24
Heilumisen vaikutus	12 %	2	0,24	3	0,36	3	0,36
Komponenttien määrä	10 %	1	0,1	2	0,2	2	0,2
Alustan ulkomittojen koko	6 %	2	0,12	4	0,24	4	0,24
Valmistuskustannukset	5 %	1	0,05	2	0,1	3	0,15
Dronen tyyppin ja koon vaikutus alustan toimivuuteen	3 %	4	0,12	2	0,06	1	0,03
YHT:	100 %	20	2,26	26	3,05	24	2,83

Painoarvotaulukon (taulukko 4) perusteella parhaimmaksi konseptitason ratkaisuksi muodostui konsepti 2. Tarkasteltaessa konsepteihin valittujen yksityisratkaisujen vaikutusta pisteisiin, huomataan että painoarvotaulukon perusteella pistoketyyppinen latausmalli osoittautui turvallisimmaksi sekä oli vedestä aiheutuvien ongelmien hallintaan paras ratkaisu. Nouseva pistoke on tekniikaltaan hieman monimutkaisempi, kuin esimerkiksi konseptin 3 jalkojen kosketuspintoihin perustuva menetelmä, mutta toisaalta pistokkeella pystytään lukitsemaan drone alustaan, joten lukitukseen ei tarvita erillistä mekanismia.

Konseptin 1 ratkaisu neljästä erillisestä tasosta osoittautui painoarvotaulukon perusteella parhaimmaksi erityyppisten ja kokoisten dronejen hallintaan. Se myös mahdollisti monipuolisimman dronen varustelun muuttumisen kuvan 2 mukaisen avoimen keskitilansa ansiosta. Konseptiin 1 valittu lukitusratkaisu ei kuitenkaan pärjännyt muiden konseptien ratkaisuille monimutkaisen rakenteensa takia. Konseptin 1 alustatyyppi on ulkomitoiltaan myös niin paljon suurempi verrattuna konsepteihin 2 ja 3, että esimerkiksi liitintyyppistä lukitusta ei nähty kannattavaksi lähtöä soveltamaan konseptin 1 alustatyyppille.

Konseptin 3 etuna nähtiin latausliitännästä ja lukitusmenetelmästä johtuen melko yksinkertainen ja toimintavarma rakenne. Ongelmaksi osoittautui kuitenkin vedenhallinta kartioiden pohjassa ilman, että sitä ei jäisi kontaktipintojen väliin. Konseptin 3 muoto (kuva 4) mahdollisti myös hyvin pienen mahdollisuuden kartioiden välisten kohoumien päälle laskeutumisesta. Tällöin seurauksena voisi olla esimerkiksi dronen kaatuminen tai putoaminen alustalta. Näin ollen parhaaksi kokonaisuudeksi muodostui konseptin 2 mukainen osaratkaisukokoonpano.

9.3.2 Yleiset markkinat

Yleisille markkinoille kehitettävän konseptin valintaan käytetty painoarvotaulukko on esitetty taulukossa 5. Arvosteluasteikoksi valittiin arvot yhdestä neljään. Arviointikriteerit pidettiin lähes samoina aCOLOR-projektin versioon nähden, mutta kriteerit painotettiin täysin eri tavalla. Yleisten markkinoiden versiossa lukitusta ei nähty vaadittavaksi ominaisuudeksi, joten lukitusmenetelmä poistettiin kokonaan konsepteista. Tällöin erityisesti konseptien 1 ja 3 rakenne yksinkertaistui huomattavasti.

Yleisten markkinoiden laskeutumisalustan kannalta tärkeimpänä ominaisuutena nähtiin aCOLOR-konseptin tapaan myös alustan turvallisuus sekä mahdollisimman vähäinen lentopainon lisäys droneen. Yleisten markkinoiden versio haluttiin kehittää kuitenkin mahdollisimman vapaaksi erikokoisten ja tyyppisten dronejen sekä dronen jalustatyyppien kannalta. Tällöin alustaa pystyisi hyödyntämään mahdollisimman suuri ja monipuolinen asiakaskunta.

Myös dronejen erilaisen varustelun mahdollistamiselle, esimerkiksi lämpökamera tai kuljetettava paketti, annettiin valmiin tuotteen kannalta suuri painoarvo. Verrattuna aCOLOR-versioon, valmiin alustan hintaa haluttiin painottaa konseptien valinnassa enemmän kehitettävän laskeutumisalustan markkinasuuntautuneisuuden takia. Toisaalta esimerkiksi veden hallintaa ei nähty lopullisen tuotteen kannalta niin tärkeänä, sillä valmis laskeutumisalusta tultaisiin ensisijaisesti sijoittamaan katettuihin ulkotiloihin. Rakenne suunniteltaisiin kuitenkin niin, että vesi tai kosteus ei häiritse sen toimintaa.

TAULUKKO 5. Yleisten markkinoiden konseptien painoarvotaulukko

		Konsepti 1		Konsepti 2		Konsepti 3	
Paikoittumien		Vapaampi (GNSS + Konenäkö)		Muoto, kartiomainen toroidi + GNSS + Konenäkö		Muoto, kartiokennosto + GNSS + Konenäkö	
Kontaktityyppi alustassa		Kontaktipintaiset laatat (4 kpl) kulmissa		Nuoseva latausliitin, suojaaluukku		Kontaktipinnat kartioiden pohjalla	
Kontaktityyppi dronessa		Jalkaan/jalkoihin kiinnitetyt jousikuormitteiset kosketinsauvat		Latausliitin dronen alla		Lieriömäiset koskettimet jalkojen pohjissa	
Arviointikriteerit	Painoarvo	Pisteet	Painotetut pisteet	Pisteet	Painotetut pisteet	Pisteet	Painotetut pisteet
Turvallisuus	19 %	2	0,38	4	0,76	3	0,57
Lentopaino	19 %	4	0,76	2	0,38	4	0,76
Dronen tyypin ja koon vaikutus alustan toimivuuteen	15 %	4	0,6	2	0,3	1	0,15
Dronen erilaisen varustelun vaikutus laskeutumiseen	15 %	4	0,6	2	0,3	2	0,3
Komponenttien määrä	10 %	2	0,2	2	0,2	4	0,4
Valmistuskustannukset	10 %	3	0,3	2	0,2	3	0,3
Alustan ulkomittojen koko	9 %	2	0,18	4	0,36	4	0,36
Sään vaikutus	3 %	1	0,03	4	0,12	2	0,06
YHT:	100 %	22	3,05	22	2,62	23	2,90

Tehdyn arvioinnin (taulukko 5) perusteella konsepti 1 osoittautui parhaimmaksi ratkaisuksi pääongelmaan. Kaikkien konseptien pisteet olivat kuitenkin hyvin lähellä toisiaan, joten jokaisesta konseptista löytyy todennäköisesti hyviä ja huonoja puolia.

Kuten jo aCOLOR-arvioinnissa todettiin, konseptin 1 laskeutumisalustan muoto ja toimintaperiaate osoittautui parhaimmaksi erilaisten ja erityyppisten dronejen käyttöön. Erityisesti nyt, kun alustan ulkomitoille ei annettu niin suurta painoarvoa ja hankalasti toteutettavaa lukitusmenetelmää ei tarvittu, konseptin 1 alusta- ja kontaktityyppi todettiin selkeästi parhaimmaksi ratkaisuksi. Konseptin 3 vahvuudeksi painoarvotaulukon perusteella nousi tässäkin arvostelussa yksinkertaisuus ja toimintavarmuus. Konseptin 3 dronen latauskontaktityyppi nähtiinkin hyvänä, toimintavarmana ja taloudellisena ratkaisuna verrattuna muihin. Konseptin 3 kontaktimenetelmää päätettiin soveltaa konseptin 1 kontaktityypin sijaan. Tällä vaihdolla saatiin rakennetta dronessa huomattavasti yksinkertaisemmaksi sekä ylimääräistä lentopainoa poistettua. Lieriömäiset kontaktipinnat olisi myös helppo esimerkiksi liimata lähes minkä tahansa dronen jalkaan tai jalustaan, joten latausalustaa pystyttäisiin hyödyntämään helposti vanhempiinkin dronemalleihin. Näin

ollen lopulliseksi konseptiksi yleisille markkinoille suunnattavalle laskeutumis-
alustalle valittiin GNSS-paikannukseen sekä konenäköön perustuvaan paikoitus-
menetelmä ja neljään suuren kontaktipintaan sekä dronen jalkojen tai jalustan
pohjaan kiinnitettäviin lieriömäisiin kontaktipintoihin perustuva latausmenetelmä.

10 KONSEPTIEN ESITTELY

10.1 aCOLOR-konsepti

Lopulliseksi ratkaisuksi aCOLOR-projektin konseptiin paikoitusmenetelmäksi valittiin GNSS-palveluihin ja konenäköön perustuva tähtäysmenetelmä sekä tarkempi laskeutumisalustan geometriaan perustuva dronen keskittäminen alustaan nähden. Latausmenetelmäksi valittiin droneen ruuvautuva liitin, joka myös lukitsee dronen alustaan kiinni ja toimii samalla ratkaisuna ongelmaan dronen paikallaan pysymisestä.

10.1.1 Toimintakuvaus

Dronen saapuessa metrin säteelle USV:stä drone laskee korkeutensa noin neljään metriin laskeutumisalustan pinnasta ja kytkee konenäön laskeutumisen näkökulmasta päälle. Ensisijaisesti drone paikoittaa itsensä alustaan nähden avustetun GNSS-paikannuksen avulla. Drone alkaa laskeutua ja etsii samalla konenäön avulla alustan ulompia kohdennusmerkkejä. Laskeutuakseen kahta metriä alemmas alustan pinnasta, dronella pitää olla koko ajan hyväksytty yhteys konenäön perusteella alustan kohdennusmerkkeihin. Tämä estää laskeutumisen, mikäli alusta esimerkiksi heiluu USV:n heilumisen takia liikaa. Drone jatkaa hidasta laskeutumista, kunnes konenäkö kadottaa ulommat kohdennusmerkit. Konenäkö ottaa kohdennuksen alustan sisemmistä kohdennusmerkeistä ja jatkaa laskeutumista, kunnes sisemmät kohdennusmerkit katoavat kameran näköpiiristä. Drone on tällöin paikoittunut alustan muotoon perustuen lähes oikeaan paikkaan, ja etäisyyttä latausliittimen ja alusta välillä on enää senttimetrejä. Kun sisemmät kohdennusmerkit katoavat kameran näköpiiristä, drone kytkee moottorit pois päältä ja pudottautuu viimeiset nolosta viiteen senttimetriä, jolloin alustan muoto keskittää latausliittimet täysin saman keskeisesti.

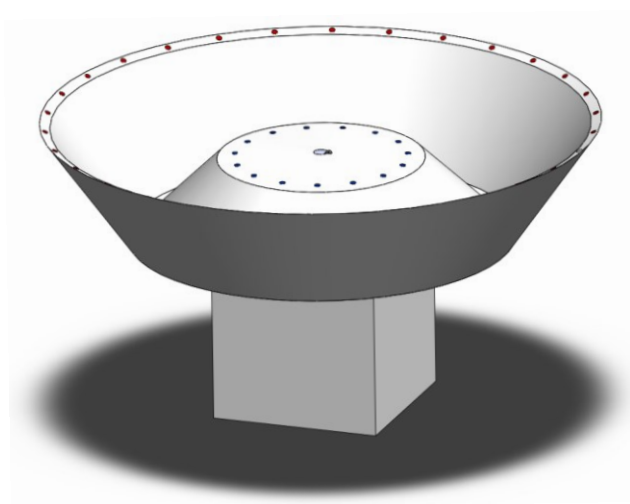
Drone kertoo alustalle, että se on laskeutunut ja että lataus voidaan aloittaa. Latausliitin lähtee ruuvautumaan ylös kohti dronen latausliitintä, työntäen samalla

latausliittimen jousikuormitteisen suojuukun auki. Kun liitin on ruuvautunut riittävästi ja alusta on saanut kontaktin dronen plus- ja miinusnavoista, se kytkee latausjännitteen päälle.

Dronen saadessa tiedon uudesta tehtävästä, se pyytää alustalta latauksen katkaisemista. Alusta katkaisee latausjännitteen liittimestä ja lähtee ruuvaamaan liitintä irti dronesta. Liittimen ruuvautuessa alustan sisään, latauspään suojuukku sulkeutuu liitintä seuraten. Kun liitin on kokonaan alustan sisällä ja suojuukku on sulkeutunut, alusta kertoo dronelle, että se voi lähteä alustalta suorittamaan seuraavaa tehtävää.

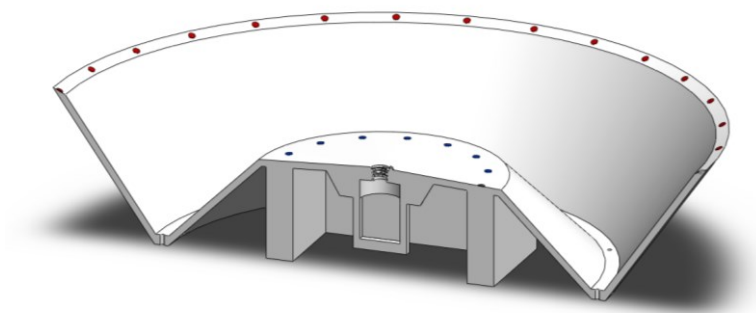
10.1.2 Visuaalinen kuvaus

Kuvassa 5 on esitetty aCOLOR-konseptin kokoonpanokuva. Lataava laskeutumisalusta koostuu kuutiomaisesta runko-osasta, joka on riittävän iso pitääkseen sisällä alustan sähkötekniset komponentit. Rungon korkeus pyritään pitämään mahdollisimman matalana, jotta USV:n heiluminen kertaantuisi mahdollisimman vähän varsinaiselle laskeutumistasolle. Rungon yksi sivuista on avautuva, jonka kautta tekniikkaa päästään säätämään ja huoltamaan. Rungosta pyritään tekemään täysin vesitiivis ja se kiinnitetään USV:n runkoon kumivaimentimien välityksellä terävien iskujen välttämiseksi.



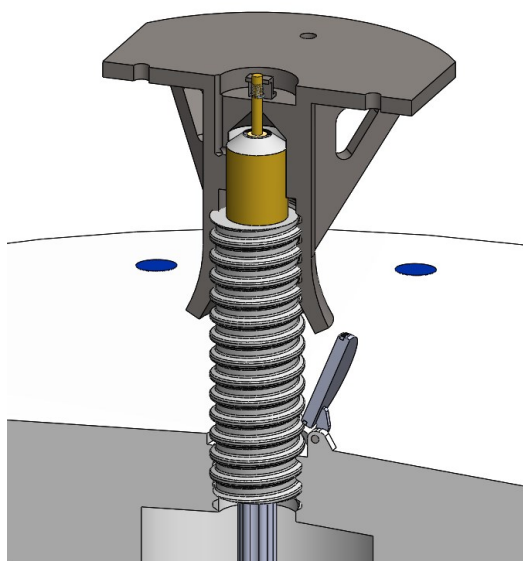
KUVA 5. aCOLOR-konseptin kokoonpano

Rungon päällä on varsinainen laskeutumisalusta. Laskeutumisalustan yksi mahdollinen geometria on esitetty kuva 6 poikkileikkauksessa. Laskeutumisalustan tulisi olla geometrialtaan sellainen, että se keskittää alustan reunaan laskeutuvan dronen aina samaan asentoon alustaan nähden ja drone seisoo alustalla suorassa, kaikki jalat alustan pohjaurassa. Pohjaurassa on muutamia reikiä, jotka poistavat mahdollisen veden alustalta. Kuvassa 6 näkyvät myös laskeutumisalustan pintaan kiinnitettyt punaiset ulommat- ja siniset sisemmät kohdennusmerkit.



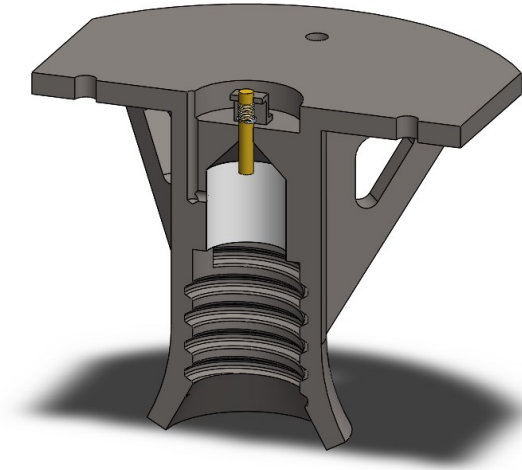
KUVA 6. Laskeutumisalustan yksi mahdollinen geometria

Kuvassa 7 on esitetty latausalustan sisällä sijaitseva nouseva latausliitinkokoonpano sekä droneen kiinnitettävä, kuvassa 7 tummanharmaalla näkyvä latausliitin. Nousevaa latausliitintä pyöritetään esimerkiksi akselilla, jota pitkin liitin liikuu ylös ja alas kierteiden mukaan, riippuen kumpaan suuntaan akselia pyöritetään. Akseli pysyy korkeussuunnassa koko ajan vakiona ja sitä voidaan pyörittää esimerkiksi pienellä sähkömoottorilla.



KUVA 7. Lataus- ja kiinnitysliitinkokoonpanon poikkileikkaus

Dronen pohjaan kiinnitettävä latausliitin on esitetty kuvassa 8. Riippuen dronen jalka- tai jalustatyypistä, drone voi tarvita latausliittimen lisäksi erilaisen jalustan tai pitemmät jalat. Riippumatta dronemallista laskeutumisen pitäisi onnistua kuitenkin kolmen suoran putkimaisen jalan avulla, jolloin lentopaino dronessa pysyy mahdollisimman pienenä.



KUVA 8. Droneen kiinnitettävä latausliitin

10.2 Yleisten markkinoiden konsepti

Lopulliseksi ratkaisuksi yleisten markkinoiden malliin valittiin avustettuun GNSS-paikannukseen ja konenäköön perustuva paikoitusmenetelmä. Latausmenetelmäksi valittiin neljään erilliseen kontaktilevyyn sekä dronen jalkoihin tai jalustaan kiinnitettäviin lieriömäisiin koskettimiin perustuva menetelmä.

10.2.1 Toimintakuvaus

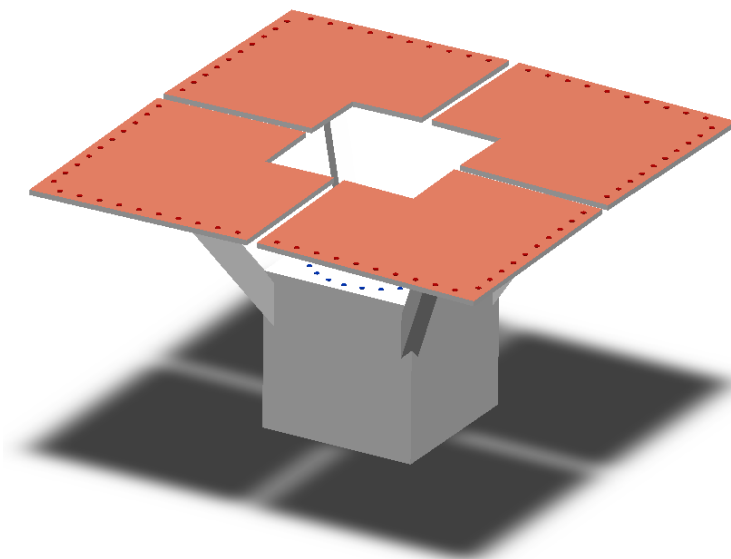
Dronen paikoittuminen alustan suhteen noudattaa ensivaiheiden osalta täysin samaa periaatetta kuin aCOLOR-mallissa. Eli saapuessa alustan lähelle drone laskee korkeutensa noin neljään metriin alustan pinnasta ja kytkee konenäön päälle. Drone aloittaa laskeutumisen ja etsii konenäön avulla alustan ulompia punaisia kohdennusmerkkejä. Drone laskeutuu ulompien kohdennusmerkkien mukaan niin pitkään, että havaitsee sisemmät siniset kohdennusmerkit. Tämän jälkeen

drone laskeutuu sisempien kohdennusmerkkien mukaan, kunnes ne katoavat kameran näköpiiristä. Tällöin drone on enintään muutamia senttimetrejä ilmassa. Drone sammuttaa moottorit ja putoaa alustan päälle, ellei ole jo laskeutunut sille.

Dronen laskeuduttua, alusta saa tiedon latauspintojen välityksellä laskeutuneesta dronesta. Alusta pyytää dronelta tiedot sen käyttämisestä latausarvoista. Alustan saatua latausarvot se aloittaa dronen latauksen. Kun drone saa tiedon seuraavasta tehtävästä tai se lähtee jatkamaan keskeytynyttä tehtäväänsä, se pyytää alustalta latauksen katkaisua. Alustan ilmoitettua dronelle latauksen katkaisemisesta drone lähtee suorittamaan tehtäväänsä.

10.2.2 Visuaalinen kuvaus

Kuvassa 9 on esitetty yleisten markkinoiden konseptin kokoonpanokuva. aCOLOR-konseptin mukaisesti rakenne koostuu mahdollisimman pienikokoisesta vesitiiviistä runko-osasta, joka pitää sisällään alustan sähkötekniikan. Runkoon on kiinnitetty neljä kontaktipintaista laskeutumislaattaa tukivarsilla. Sähkönsyöttö kontaktipinnoille viedään tukivarsien sisällä. Kontaktilevyt ovat kallistettu muutama asteen ulospäin, jolloin vesi tai pinnalle kertyvä kosteus valuu niiltä pois, mutta drone pysyy vielä alustalla paikallaan.



KUVA 9. Yleisten markkinoiden konseptin kokoonpanokuva

Dronen laskeutumisjalustaan tai jalkojen pohjaan liitettävä latauksen kontaktierio on esitetty kuvassa 10. Kontaktierio pyritään pitämään ulkomitoiltaan mahdollisimman pienikokoisena, jolloin painonlisäys droneen on mahdollisimman vähäistä. Sähkötekniinen puoli määrää kontaktierion minimihalkaisijan. Jännite kontaktierioista voidaan ottaa sen päältä tai sivusta ja viedä dronen jalan tai jalustan sisällä tai sivussa dronen akulle. Kontaktierio kiinnitetään droneen ensisijaisesta liimaamalla, jolloin se on helppo liittää myös vanhempiin droneihin. Laskeutumisalustan muoto hyväksyy ensisijaisesti kaikki A2-kokoluokan dronet niiden omalla laskeutumisjalka- tai -jalustatyypillä, kunhan niihin on kiinnitetty latauksen mahdollistavat kontaktieriot. Latauksen mahdollistamiseksi dronen pitää saada jalkojen tai jalustan avulla kosketus kuitenkin vähintään kahteen eri laskeutumisalustan kontaktilevyyn, jotta akulle voidaan viedä tarvittavat plus- ja miinusjännitteet.



KUVA 10. Droneen liimattava latauksen mahdollistava kontaktierio

11 YHTEENVETO

11.1 Pohdinta

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli luoda toimivia konsepteja lataavasta laskeutumisalustasta aCOLOR-projektin käyttöön ja yleiseen liiketoimintakäyttöön tulevaisuuden markkinoille sekä valita parhaat konseptit näihin tarkoituksiin. Lisäksi työn tarkoituksena oli perehtyä tuotekehitysprosessiin sekä tuotekehityksen aikaiseen ideointiin ja konseptointiin.

Työn tuloksena tuotetut kaksi konseptia laskeutumisalustoista tarjoavat yhden, toimivan ratkaisun havaittuihin ongelmiin. Konseptien kuvauksen perusteella niistä on mahdollista tehdä prototyypit ja tutkia prototyyppien avulla rakenteen toimivuutta ja käytännöllisyyttä. Konsepteihin perustuen laskeutumisalustat voidaan edelleen kehittää myös valmiiksi ja toimiviksi tuotteiksi. Työssä muodostetut karkeat konseptit tarjoavat näkökulman eri ideoiden yhdistelemisen tuloksista ja toimivuudesta. Luotujen konseptien ja tuotettujen osaongelmien ratkaisujen perusteella, työ antaa myös kuvaa tällä hetkellä käytössä olevasta laskeutumisalustaan soveltuvasta teknologiasta. Työssä tuotettujen ideoiden perusteella on mahdollista luoda myös täysin uusia konsepteja tai valita lisäominaisuuksia esiteltäviin konsepteihin. Työ tarjoaa toimeksiantajalleen siis monipuolisen kokonaiskuvan erilaisista mahdollisista ratkaisuista ja vaihtoehdoista laskeutumisalustan käyttöön sekä esittelee kaksi valmista konseptia havaittuihin tarpeisiin, joiden perusteella laskeutumisalusta voidaan kehittää ja valmistaa toimivaksi fyysiseksi tuotteeksi.

Perehtyminen tuotekehitykseen ja erityisesti ideointiin osoittautui varsinaisen kehitys- ja konseptointiprosessin toteutuksen kannalta hyvin merkittäväksi. Tähän opinnäytetyöhön käytettävä aika oli hyvin rajallinen, joten prosessista haluttiin tehdä mahdollisimman tehokas ja turha työ minimoida täysin. Tämän takia prosessin alussa, ennen varsinaista laskeutumisalustan konseptointiprosessia, parhaana ratkaisuna nähtiin perehtyminen kehitysprosessin suorittamiseen. Perehtymistyön tuloksena opinnäytetyön alkuosuus käsittelee melko kattavasti ja ha-

vainnollistavasti tuotekehitysprosessin alkuvaiheita sekä tuo luovan ongelmanratkaisun näkökulmaa tuotekehityksen ideointivaiheeseen. Työn teoreettisen osuuden perusteella saa hyvän kokonaiskuvan tuotekehitysprosessin alkupään vaiheista. Oppimisenäkökulmasta, on kuitenkin muistettava, että erilaisia tuotekehitysprosesseja ja malleja on paljon, ja tässä työssä esiteltyt mallit ja kehitysprosessin kulku ovat vain yksi näkökulma tuotekehityksen suorittamiseen. Monesti tuotekehitysprosessit sisältävät myös enemmän iteroituvuutta ja toistuvia vaiheita, vaikka perustuisivatkin lineaarimalliin, eivätkä kaikissa tapauksissa ole yhtä suoraviivaisia, kuin tässä työssä suoritettu konseptointiprosessi.

Työn onnistumisen ja lopputuloksen kannalta yhtenä merkittävämpänä asiana koettiin ideoinnin onnistuminen. Mahdollisimman monipuolisen ja uudenlaisen lopputuloksen kannalta ideoita haluttiin paljon, niiden piti olla luovia ja mukaan haluttiin ideoita myös uusista näkökulmista. Kuten luvussa 8.2 todetaan, ideoita saatiin aikaan melko paljon ja mukana oli myös luovia ja uudenlaisia ratkaisuja. Tästä näkökulmasta ideointi oli siis hyvin onnistunut ja tuottoisa. Toisaalta mentäessä kehitysvaiheita eteenpäin, lopulta käyttökelpoisia ideoita konseptien muodostamisen jäi aika vähän. Ideoiden määrää olisi varmasti voitu lisätä ottamalla ideointiin mukaan enemmän henkilöitä, mutta olisiko tämä kuitenkaan tuonut lopputuloksen kannalta enempää käyttökelpoisia ideoita. Vielä enemmän uudenlaisten ja ennen kaikkea käyttökelpoisten ideoiden määrää olisi todennäköisesti pysytty tehokkaimmin nostamaan ottamalla ideointiin mukaan enemmän henkilöitä erilaisista lähtökohdista.

Koska kehitettävä tuote oli lopulta melko uudenlainen ja ideointi oli vapaata, mukaan olisi voitu ottaa eri alojen asiantuntijoita hyvin laaja-alaisesti sekä henkilöitä myös asiakaspuolelta. Tällöin ei oltaisi rajoitettu niin helposti pelkästään esimerkiksi koneteknisiin näkökulmiin. Hyvänä esimerkkinä lähtökohtien vaikutuksesta on esimerkiksi idea aCOLOR-konseptiin valitusta liitin- ja kiinnitystyyppistä. Idea syntyi vastakohtien haun kautta, jolloin esiin nousi hydraulikka, veden ja öljyn sekoittuminen ja sen ehkäisy. Hydraulikkaympäristön seurauksena esille nousi hydraulikan pikaliitin, jonka kautta taas ajatus liitännöiden viemisestä liittimen ulko- ja sisäpinnoilla sekä liitännän toimimisesta dronen kiinnityksessä. Mikäli mukana olisi ollut henkilöitä enemmän eri taustoista, sama idea olisi voinut tulla helpom-

min ja nopeammin esille, esimerkiksi ajoneuvotekniikan asiantuntijalta tupakan-sytyttimessä käytettävän liitännän perusteella tai rakennusalan asiantuntijalta tässä työssä kuvauksena käytetyn hehkulampun kannan kautta. Voidaan siis todeta, että työn teoriassakin painotetulla kehitystiimin monipuolisuudella kaikissa kehitysprosessin vaiheissa, on todella merkitystä työn lopputulokseen.

Tässä kehitysprosessissa varsinaisen tekniikan esiselvitys tehtiin vasta ideointivaiheen jälkeen, luvussa 9.1. Tällä ratkaisulla haettiin mahdollisimman vapaata ideointia ja uomautumisen ehkäisemistä. Tarkasteltaessa prosessin edetessä käyttökelpoisiksi muodostuneiden ideoiden määrä, esiselvitysvaihe olisi voinut lopulta olla kuitenkin kannattavampaa suorittaa jo ennen ideointia, jolloin käyttökelvottomia ideoita olisi tullut vähemmän ja paremmin hyödynnettäviä ideoita oletettavasti hieman enemmän. Ideoinnin tehokkuutta olisi voitu lisätä myös tehokkaammalla ongelman yleistämisellä, sillä ideoinnin ja koko kehitysprosessin aikana jumiuduttiin hieman likaa ideologiaan laskeutumisalustasta. Mikäli toimeksianto kehitystyöstä olisi tullut enemmän luvussa 7.3 esitetyn pääongelman muodossa, eikä sitä olisi kuvailtu laskeutumisalustana, tuotetut konseptit olisivat saattaneet olla hyvin erilaisia. Toisaalta tämä korostaa juuri ideointikokouksen vetäjän ja toisaalta myös koko tuotekehitysprosessin johtajan osaamisen merkitystä lopputulokseen.

Haluttaessa enemmän erilaisia ja uusia ratkaisuja, valmiille tuotteelle asetettuja vaatimuksia ja tavoitteita olisi voitu myös madaltaa. Nyt moni idea hylättiin esimerkiksi liian monimutkaisen rakenteen takia. Toisaalta tämänhetkinen tekniikka ei tunne muita mahdollisuuksia sähkönsiirtoon kuin langaton lataus sekä jonkinlaiseen kosketukseen perustuva menetelmä. Työn tavoitteena oli kuitenkin pyrkiä ratkaisukeskeiseen konseptointiin, eli luodut konseptit piti ensisijaisesti olla mahdollista toteuttaa olemassa olevalla tekniikalla. Toisaalta, koska kyseessä on vain konseptitasoinen hahmotelma, konsepteihin olisi voitu ottaa mukaan myös tekniikkaa, joka on vasta tulevaisuudessa käytössä, esimerkiksi langaton lataus. Tällöin työssä esitetyistä konsepteista olisi todennäköisemmin enemmän hyötyä myös pidemmällä aikavälillä.

Kuten aiemmin todettiin, tämän opinnäytetyön aikataulu oli erittäin tiukka ja myös opinnäytetyön tekoaikana vallitseva maailmantilanne loi omat haasteensa opinnäytetyöprosessin suorittamiselle. Toimeksiannon perusteella konseptointi- ja kehitystyötä olisi ollut mahdollista viedä opinnäytetyöprosessissa vielä pidemmällekin. Huomioiden käytössä ollut aika, opinnäytetyö on kokonaisuutena kuitenkin hyvä ja kattava katsaus tuotekehitykseen ja dronejen maailmaan sekä se tuottaa hyötyä ja lisäarvoa työn tilaajalle. Myös työn tekijän tietotaito ja soveltamiskyky esimerkiksi droneista sekä erityisesti tuotekehitysprosessin eri vaiheista ja niiden suorittamisesta kasvoi opinnäytetyöprosessin aikana merkittävästi monesta eri näkökulmasta. Pohdittaessa työn lopputulosta ja suoritusta, esiin nousi melko paljon asioita ja vaihteita, joita oltaisiin voitu tehdä paremmin tai erilailla, toisaalta esiin nousi myös onnistuneita ja tuloksekkaita vaihteita. Katsottaessa kuitenkin laajemmasta näkökulmasta, tätähän tuotekehitys juuri on, kehityskohteiden ja uusien ongelmien havaitsemista, niiden jatkuvaa parantamista ja uuden osaamisen, tietotaidon ja tekniikan integroimista havaittuihin kehitys- ja ongelmakohtiin.

11.2 Jatkokehittäminen

Luotujen ja valittujen konseptien perusteella, saatiin hyvä ja kattava kokonaiskuva tällä hetkellä käytössä olevista ratkaisumahdollisuuksista todettuihin pää- ja osa-ongelmiin. Konsepti on kuitenkin vasta hahmotelma valmiista tuotteesta, joten haluttaessa tehdystä työstä todellinen hyöty ja fyysinen ratkaisu ongelmaan, konsepteihin on yleiseen tuotekehitysmalliin perustuen valittava esimerkiksi tekniset ratkaisut sekä niiden toimivuutta testattava prototyyppien avulla. Laskeutumisalustojen täyden toimivuuden mahdollistamiseksi myös niiden sähkö- ja ohjelmistotekninen puoli on suunniteltava ja mitoitettava.

Eryityisesti aCOLOR-konseptin laskeutumisalustan geometriaa olisi hyvä tutkia myös lisää. Oikeaan tarkkuusluokkaan alustan toimivuuden kannalta kulmien ja pyöristysten muodoista päästään pitkälti jo dynamiikan mallintamisella, laskemisella ja simuloimisella. Tällöin toimivaan lopputulokseen päästään oletettavasti jo yhden prototyypin avulla ja turhien prototyyppien valmistaminen vältetään.

Dronemaailma on tällä hetkellä hyvin nopeasti ja globaalisti kehittyvä ala ja uusia innovaatioita, tekniikoita ja haasteita tulee päivittäin eteen eri puolilla maailmaa. Tässä tuotekehitysprosessissa luotuja ideoita ei siis kannata unohtaa. Vaikka tässä kehitysprosessissa idea todettiin toteuttamiskelvottomaksi tai liian monimutkaiseksi, se voi sopia toiseen ongelmaan, tulevaisuudessa tai jo nyt. Tekniikan kehittyessä, aiemmin toteuttamiskelvoton idea voi osoittautua myöhemmin loistavaksi ratkaisuksi. Kaiken kaikkiaan on muistettava, että konseptit ovat kuitenkin vain osaongelmien ratkaisuista koottuja tuotehahmotelmia. Jatkokehityksen kohdatessa ongelmia on tarvittaessa oltava valmis menemään vaiheita taaksepäin ja ideoitava uusia tai valittava erilaisia ratkaisuja. Vain näin voidaan lopulta löytää ongelmaan kaikista näkökulmista paras ratkaisu.

LÄHTEET

Cai, C., Wu, S., Jiang, L., Zhang, Z. & Yang, S. 2020. A 500-W Wireless Charging System With Lightweight Pick-Up for Unmanned Aerial Vehicles. IEEE Transactions on Power Electronics 35 (8), 7721–7724.

Dekkers, R. 2018. Innovation management and new product development for engineers. Volume I : basic concepts. New York: Momentum Press.

DNA Business. 2015. Vain maailmanluokan idea kelpaa sijoittajalle. Kauppalehti. Luettu 9.5.2020. <https://studio.kauppalehti.fi/dna-business/vain-maailmanluokan-idea-kelpaa-sijoittajalle>

Feng, Y., Zhang, C., Baek, S., Rawashdeh, S. & Mohammadi, A. 2018. Autonomous Landing of a UAV on a Moving Platform Using Model Predictive Control. Drones 2 (4), 34.

Harris, L. 2014. Idea engineering: creative thinking and innovation. New York: Momentum Pres

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

Hyysalo, S. 2009. Käyttäjä tuotekehityksessä. Tieto, tutkimus, menetelmät. 2. uudistettu painos. Helsinki: Taideteollinen korkeakoulu.

Infineon Technologies AG. 2019. Wireless or Inductive Charging. Luettu 24.5.2020. <https://www.infineon.com/cms/en/discoveries/wireless-inductive-charging/>

Jokinen, T. 2001. Tuotekehitys. Elektroninen julkaisu. 6. painos, korjattu ja päivitetty versio. Aalto Yliopisto. <http://lib.tkk.fi/Reports/2010/isbn9789526033204.pdf>

Jouppi, T. 2018. Konseptointi tuotekehityksessä – konseptin valinta. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Tampereen teknillinen yliopisto. Kandidaatintyö.

Järvilehto, P. & Järvilehto, L. 2020. Pim! Olet luova. Jyväskylä: Tuuma.

Kahn, K. 2013. The PDMA handbook of new product development. 3. painos. Hoboken: Wiley.

Kaleva. 2019. Drone-bisnekselle ennustetaan miljardien kasvua, ja Suomi saattaa olla jo muita edellä – Uusi verkosto voisi auttaa vientiä. Luettu 21.5.2020. <https://www.kaleva.fi/drone-bisnekselle-ennustetaan-miljardien-kasvua-ja/1686888>

Keinonen, T. & Takala, R. 2006. Product Concept Design A Review of the Conceptual Design of Products in Industry. 1. painos. London: Springer London.

Kokkonen, V., Kuuva, M., Leppimäki, S., Lähteinen, V., Meristö, T., Piira, S. & Säaskilahti, M. 2005. Visioiva tuotekonseptointi. Työkalu tutkimus- ja kehitystoiminnan ohjaamiseen. Teknologiateollisuus ry. Hollola: Salpausselän kirjapaino.

Koskinen, K. n.d. Autonomous and Collaborative Offshore Robotics (aCOLOR). Luettu 4.5.2020. <https://techfinland100.fi/mita-rahoitamme/tutkimus/tulevaisuuden-tekijat/autonomous-and-collaborative-offshore-robotics-acolor/>

Lavonen, J., Meisalo, V. & al. n.d. Luovan ongelmanratkaisun työtavat. Malux-kirjasto. Luettu 19.5.2020. <http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/lor/main.htm>

Maanmittauslaitos. 2020. Satelliittipaikannus. Luettu. 24.5.2020. <https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietao/satelliittipaikannus>

Nevala, S. 2014. Yhdistys ja innovaatio - 5 konkreettista tapaa uusien ideoiden keksimiseen!. Avoine Oy. Blogi. Luettu 20.5.2020. <https://blog.avoine.fi/kirjoitukset/yhdistys-ja-innovaatio-5-konkreettista-tapaa-uusien-ideoiden-keksimiseen/>

Pohjonen, R. 2002. Tietojärjestelmien kehittäminen. Jyväskylä: Docendo.

Polvara, R., Sharma, S., Wan, J., Manning, A. & Sutton, R. 2018. Vision-Based Autonomous Landing of a Quadrotor on the Perturbed Deck of an Unmanned Surface Vehicle. Drones 2(2), 15.

Ritola, O. 2017. Miksi jatkuva kehittäminen on välttämätöntä?. Arter Oy. Blogi. Luettu 8.5.2020. <https://www.arter.fi/miksi-jatkuva-kehittaminen-valttamatonta/>

Ronen, Z. 2020. Tool of Systematic Inventive Thinking (SIT) Method. Business Excellence, blogi. Luettu 20.5.2020. <https://business-excellence.co.il/en/my-blog/791-division>

SIT. 2020. Method. Luettu 20.5.2020. <http://www.sitsite.com/method/>

Skysense Inc. 2020. Skysense. Luettu 23.5.2020. <https://www.skysense.co/>

Space Finland. 2020. Dronejen käyttömahdollisuuksissa vain avaruus rajana. Luettu 20.5.2020. <https://spacefinland.fi/dronejen-kayttomahdollisuuksissa-vain-avaruus-rajana/>

Strong, H. 2014. Marketing and management models. A guide to understanding and using business models. 1. painos. New York: Business Expert Press.

Sydänmaanlakka, P. 2009. Jatkuva uudistuminen: luovuuden ja innovatiivisuuden johtaminen. Helsinki: Talentum.

Teknologiateollisuuden 100-vuotissäätiö. 2018. aColor achieves first year goals of the project with the Unmanned Surface Vessel as a main topic. Luettu 4.5.2020. <https://techfinland100.fi/acolor-autonomous-air-water-surface-and-underwater-inspections/>

The 4Is Labs. 2020. Systematic Inventive Thinking (SIT). Luettu. 20.5.2020. <https://moha.studio/?directory=systematic-inventive-thinking-sit>

Tracy, B. 2015. Creativity and problem solving. New York: American Management Association.

Traficom. 2020. Drone-infotilaisuus. Luettu 23.5.2020. <https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/EU-s%C3%A4%C3%A4ntelyn%20aika-taulu%20ja%20vaikutukset.pdf>

Trott, P. 2011. Innovation management and new product development. 5. painos. Harlow: Financial Times/Prentice Hall.

Tuni. n.d. Autonomous and Collaborative Offshore Robotics (ACOLOR). Luettu 4.5.2020. <https://www.tuni.fi/fi/tutkimus/autonomous-and-collaborative-offshore-robotics-acolor>

Turner, S. 2009. ASIT—a problem solving strategy for education and eco-friendly sustainable design. International Journal of Technology and Design Education 19 (2), 221–235.

Ulrich, K. & Eppinger, S. 2012. Product design and development. 5. painos. New York: McGraw-Hill Irwin.

LIITTEET

Liite 1. Ideoinnin tulokset

1(3)

Miten toteuttaa lataaminen dronelle, niin että drone on laskeutuneena ja se pysyy paikallaan?

1

Miten toteuttaa lataaminen dronelle, niin että drone on laskeutuneena ja se pysyy paikallaan?

Miten toteuttaa lataus?

	Langaton lataus	Virrallinen alusta isolla kosketuspinta-ala	Dynamo tyllinen laturi dronessa, voiman otto akselistä
Ilmassa	maassa		Moottoreiden käyttäminen latureina ulkoisella voimalla
		Pistoketyylinen liitos	
		Pistoketyylinen liitos -Jousikuormitetut piikit -Jousityyliset ohuet liuskat	Pienet kosketuspinnat jokaisen jalan alla
			"Virtakiskot"
	Ajatusmalli: Pistoke/vastinkappale pieni komponentti dronessa tai dronen toimiminen pistotulppana/vastnkappaleena		Magneeteilla hakeutuva liitin
			Liittimen kiinnitys robotilla

2

Miten toteuttaa lataaminen dronelle, niin että drone on laskeutuneena ja se pysyy paikallaan?

Miten drone laskeutuu oikeaan paikkaan?

Magneetti GPS Kamera paikoitus Muoto keskittyminen

Ohjauslanka Or-koodi Suppilomainen Luiska/kiila

Kartio Munakenno

Liikkuva pöytä Toroidimallinen suppilo

Liukuhihna Jalustassa tunnistin, minkä
mukaan pisteke liikkuu

3

Miten toteuttaa lataaminen dronelle, niin että drone on laskeutuneena ja se pysyy paikallaan?

Miten drone saadaan pysymään alustalla paikallaan?

Tarranauha Kiinnityspannat, kädet Alusta dronen muodon mukaan

Kuormaverkko Lukitustapit Kitka

Kiertyvä liitin, lampun kanta Magneetti

Ruuvautuva alusta droneen Sähkömagneetti

4

Miten toteuttaa lataaminen dronelle, niin että drone on laskeutuneena ja se pysyy paikallaan?

Miten sääolosuhteet voidaan huomioida?

Lämmitys	Oikeat materiaalit	Katto	Talli
Vesi puhalletaan pois	Valitaan materiaalit joita ei haittaa vesi tai aurinko	Avautuva ja sulkeutuva hangaari	
Kotelointi ja tiivisteet	Kaadot veden valumiseksi	Kansi pistokkeen päällä	
	Vedenpoistoaukot	Ajatusmalli: Vesi ja öljy hydrauliliikassa	
	Kontaktipinnat muita ylemmäs ja kaltevat		

5

Miten toteuttaa lataaminen dronelle, niin että drone on laskeutuneena ja se pysyy paikallaan?

Miten aalloista johtuva ympäristön heiluminen voidaan ehkäistä?

Alustan saranointi	Muoto mahdollistaa dronen laskeutumisen vinossa alustaa nähden	Pidetään alusta paikallaan, veneen heilumisesta huolimatta - gyroskooppi - Vastapaino
Antaa veneen heilua, drone kiinnitetty hyvin	Kumivaimennus, teräville iskuille	Asentoon perustuva liikkeentunnistus ja korjaus

6

Liite 2. Ideoiden esikarsinta

Osaongelma 1, ratkaisut:	Soveltuu	Ei sovellu	Huomioita
Langaton lataus			Vaatii lisäselvitystä
Generaattori dronessa		X	Lentopainon lisääntyminen
Moottoreiden käyttäminen latuereina		X	Liian monimutkainen rakenne, tarvitsee erikoispotkurit
Liittimen kiinnitys robotilla	X		Robotin/vivuston pitää olla yksinkertainen
Liittimen ohjautuminen ja kiinnittyminen magneetilla		X	Vaaditaan liiaan voimakas magneetti, myös dornen jalustassa tarvitsee olla magneettista materiaalia, joka lisää lentopainoa
Koskettava liitos			
Piikit	X		
Ohuet joustavat liuskat	X		
Pienet kosketusalustat jalkojen alla	X		
Koskettavan liitoksen vastinpari			
Iso yhtenäinen kosketuspinta-ala	X		
Kiskomaiset kaksi kosketuspintaa	X		Paikoitus pitää olla tarkka ja huomioida + ja - -kiskot
Osaongelma 2, ratkaisut:			
GPS			Vaatii lisäselvitystä
Kameran käyttö (konenäkö)			Vaatii lisäselvitystä
Magneettinen paikoitus		X	Dronen elektroniikalle haitallinen magneettikenttä
Ohjauslanka tai sauva		X	Potkureiden osuminen ohjuriin vaarana. Voidaan ehkäistä tunnistimilla dronessa, mutta tämä tuo lisää lentopainoa ja rakenteesta tulee monimutkainen
Alustan muotoon/geometriaan perustuva	X		Tarvittaessa alustan geometrian mukaan droneen pitää lisätä oikeanlainen jalusta
Dronen liikkuminen sen laskeuduttua			
Irrallinen liikkuva pöytä kosketusliittimeen nähden		X	Liian monimutkainen rakenne
Dronen liikututtaminen liukuhihnalla		X	Liian monimutkainen- ja sääälle altis rakenne
Osaongelma 3, ratkaisut:			
Tarranauha		X	Vaarana liian kova tarttuminen
Kuormaverkkomainen sidonta		X	Ei toimi luotettavasti autonomisesti, vaarana verkon/peitteen sotkeutuminen potkureihin
Magneettisuuteen perustuva kiinnitys		X	Voimakas magneettikenttä vaarana dronen elektroniikalle
Kitkaan ja alustangeometriaan perustuva	X		
Alustan muotoutuminen dronen mukaan, pieniin laskeutuviin paloihin perustuen		X	Liian monimutkainen ja vikaherkkä, esim roskat palojen välissä
Alustan ruuvityyppinen kiinnittyminen droneen	X		Vaatii vastinkappaleen dronessa
Jalustan yli kääntyvät kiinnityspannat	X		Dronen jalustassa täytyy olla alustan suuntaiset tasot tai tangot
Lukitustapit	X		Dronen jalustan muotoilu otettava huomioon
Osaongelma 4, ratkaisut:			
Kriittisten komponenttien lämmittäminen veden haihduttamiseksi		X	Liian korkeat lämpötilat komponenttien kannalta
Veden puhaltaminen pois komponenteista		X	Liian monimutkainen, vaatii paljon komponentteja
Kaltevat kosketuspinnat veden valumiseksi	X		Huolehdittava, että drone ei voi lähteä liukumaan
Avautuva katto/hangaari dronen päällä	X		Vain tarpeen vaatiessa, tuo monimutkaisuutta
Talli, johon drone liikkuu		X	Liian monimutkainen ja tilaa vievä
Avautuva kansi latausliittimen päällä	X		
Yleisesti käytettävät ratkaisut	X		
Sopivat materiaalit			
Kaadot kaikille kriittisille pinnoille			
Herkkien komponenttien kotelointi ja tiivisteiden käyttö			
Vedenpoistoaukot			
Kosketuspinnat muita pintoja ylemmäs			
Osaongelma 5, ratkaisut:			
Saranointi		X	Ei riitä yksin, vaatii vaimennuksen, jotta liike ei lähde kertaantumaan
Dronen kiinnittäminen alustaan riittävän kovin	X		
Iskujen vaimennus			
Kumivaimentimet	X		
Iskunvaimentimet alustaan	X		
Alustan vakauttaminen			
Liiketunnistus ja asennon korjaus (optinen gyroskooppi)		X	Monimutkainen, vaatisi nopeat ja tarkat liikkeet
"kelluva" (saranoitu) alusta, mekaaninen gyroskooppi	X		Lisää alustan kokoa ja massaa
Dynaaminen massavaimennin (pilvenpiirtäjät)	X		Lisää alustan kokoa ja massaa