



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

SUUTINRIIPUKKEEN SUUNNITTELU

TEKIJÄ: Anssi Pylkkönen

Opinnäytetyöstä poistettu osioita salauksen vuoksi.

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Anssi Pylkkönen			
Työn nimi Suutinriipukkeen suunnittelu			
Päiväys	15.11.2020	Sivumäärä/Liitteet	39/5
Ohjaaja(t) Mikko Nissinen, lehtori, Savonia AMK			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Konevel Oy / Janne Hakkarainen, Kimmo Kärki			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Konevel Oy:n toimeksiannosta. Opinnäytetyössä käsiteltiin kuorma-auton nostopuomiin liitettävän suutinriipukkeen prototyypin suunnittelun vaiheita ja kasaamista. Työssä pyrittiin yhdistämään teoria käytäntöön sekä esittämään tapa suunnitella ja rakentaa laite perustuen tilaajan tarpeisiin ja vaatimuksiin. Opinnäytetyössä tarkasteltiin tuotekehitysprojektin teoriaa, mitä sen eri vaiheissa tapahtuu ja samalla peilaten sitä tähän projektiin.</p> <p>Lähtökohtana opinnäytetyölle oli yritykseltä tullut suurpiirteinen visio laitteesta sekä sille asetetut vaatimukset ja tavoitteet. Niiden perusteella työ luonnosteltiin ensin paperille, ja sen jälkeen laitteen kehitystä jatkettiin 3D-mallinnusohjelmistolla. Suunnitteluprosessin aikana valmistettiin Savonia-ammattikorkeakoulun hitsauslaboratoriossa muutamia osaprototyyppejä, joiden avulla päätettiin osien detaljeista. Kun laitteen lopullinen konstruktio varmistui, tehtiin 3D-mallien pohjalta tekniset piirustukset. Oleelliset piirustukset on lisätty opinnäytetyön liitteisiin.</p> <p>Laitteen osat valmistettiin yrityksen alihankkijoiden toimesta, jonka jälkeen laite kasattiin tilaajayrityksen tiloissa. Lopuksi varmistettiin mekaanisten osien sekä suuttimien toiminta testaamalla laitetta sisätiloissa. Tulevaisuudessa yritys tulee testaamaan laitetta kuorma-autoon liitettynä käytännön olosuhteissa. Testien perusteella yritys pyrkii kehittämään prototyypistä tuotantoon päätyvän mallin.</p>			
Avainsanat Tuotekehitysprojekti, Kuumavesisuuttimet, Suutinriipuke, Kuorma-auton lisälaite			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Anssi Pylkkönen			
Title of Thesis Designing a Hot Water Spraying Device			
Date	15 November 2020	Pages/Appendices	39/5
Supervisor(s) Mikko Nissinen / University of Applied Sciences			
Client Organisation /Partners Konevel Oy / Janne Hakkarainen, Kimmo Kärki			
<p>Abstract</p> <p>Thesis came from Konevel Oy. This thesis deals with the designing and assembling of a hot water spraying device prototype to be connected to a truck lifting boom. The aim of this study was to combine theory and practice, as well as present a way to design and build a device based on the needs and demands of the orderer. The theoretical steps of the research and development project are explained at the same time mirroring the theory to this project.</p> <p>A vision of the device provided by the company and the requirements and objectives set to it worked as a basis for this thesis. Based on these prerequisites, the work was first drafted on paper and then the development was continued with a 3D modeling software. During the design process a couple of part prototypes were made at the welding laboratory of Savonia University of Applied Sciences, and the details of the device were defined based on these prototypes. When the final construction had been confirmed, technical drawings were created based on 3D models. The relevant technical drawings can be found in the attachments of this study.</p> <p>The parts of the device were produced by the subcontractors of the ordering company, after which the device was put together in the company's premises. Finally, the device was tested indoors to confirm the functionality of the mechanical parts and nozzles. In the future the device will be tested further, connected to a truck lifting boom, to explore its function in practice. The results from the practical tests can then be utilized to develop a model for production.</p>			
<p>Keywords R&D-project, Hot water nozzle, Hot water spraying device, accessory for truck</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	TUOTEKEHITYSPROJEKTI JA INNOVAATIOPROSESSI	7
2.1	Prosessimallit.....	8
2.1.1	Tuoteohjelman suunnittelu	9
2.1.2	Konseptisuunnittelu	9
2.1.3	Systemisuunnittelu	9
2.1.4	Detaljisuunnittelu	9
2.1.5	Testaus	10
2.1.6	Tuotanto	10
3	PROJEKTITYÖN LÄHTÖKOHDAT	11
3.1	Tilaajan vaatimuslista	11
3.2	Kaluston vaikutus suunnittelussa.....	12
3.2.1	Intermercato Rotech IVR 4.59 -pyörittäjä	13
3.2.2	S.Risa Uniarm 700 Working Arm	14
3.3	Tunnistetut käyttökohteet	15
4	SUUTINRIIPUKKEEN SUUNNITTELU	17
4.1	Laitteen ideointi	17
4.2	Suunnitteluympäristö	20
4.3	Yleistä valmistusmenetelmistä ja rakenteesta	21
5	OSAT JA OSARAKENTEET	22
5.1	Suuttimet (Ei julkinen)	23
5.1.1	S-Suuttimet (Ei julkinen).....	23
5.1.2	Keski- ja sivusuuttimet	24
5.1.3	Sivusuuttimien jouset	25
5.2	Keskikoneisto.....	27
5.2.1	S-suuttimien käyttäminen.	27
5.2.2	Puskuri	29
5.2.3	Keskikoneiston suojaus.....	30
5.3	Pystyputket ja ylärunko	31
5.4	Toimilaitteet	33

6	VALMISTUS, KOKOONPANO JA TESTAUS.....	34
6.1	Prototyypin osien valmistus	34
6.2	Prototyypin kasaaminen	35
6.3	Yhteensopivuus	35
6.4	Laitteen toiminnan testaus	36
7	YHTEENVETO JA POHDINTA	38
8	LÄHDELUETTELO.....	39
	LIITE 1: PÄÄKOKOONPANON PIIRUSTUS.....	40
	LIITE 2: YLÄRUNGON PIIRUSTUS	41
	LIITE 3: S-SUUTTIMEN PIIRUSTUS	42
	LIITE 4: KESKIKONEISTON RUNGON PIIRUSTUS	43
	LIITE 5: LIUKUHOLKIN KONEISTUSPIIRUSTUS.....	44

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella ja mallintaa kuorma-auton tai traktorin nostopuomiin liitettävä suutinriipuke. Suutinriipuke on uusi tuote, jota ei tiettävästi ole markkinoilla tällaisessa muodossa. Suutinriipukkeen tarkoituksena on johtaa kuumaa +100°C asteista vettä rikkakasvien juurille. Lähtökohtaisesti riipukkeella voidaan käsitellä katujen piennaralueita, väljakajia sekä kaiteiden ja liikennemerkkien alusia. Tarkoituksena on, että kuski pystyy työskentelemään ohjaamosta käsin koko ajan.

Uusi tuote lisää tiellä työskentelevien ihmisten turvallisuutta, sillä rikkakasvien tuhoaminen voidaan tehdä työkoneesta käsin. Tien varrella vaaroina ovat autoista lentävät osat, roskat ja rikkoutuvat renkaat. Lisäksi tällä laitteistolla pyritään lisäämään työn tehokkuutta teiden varsien kunnossa pidossa. Aina tiukentuvien ympäristönormien vuoksi myrkyistä pyritään pääsemään eroon rikkakasvien torjunnassa, joten rikkakasvien torjunta kuumalla vedellä tulee lisääntymään.

Opinnäytetyö on toiminnallinen projektityö, jonka osa-alueisiin kuuluu työn suunnittelu, 3D-mallinnus, tuotekehitys ja konepiirustus. Työn lopputuloksena on mekaanisesti toimiva laite, joka voidaan tilata alihankkijalta piirustusten pohjalta. Työn automatisointi toteutetaan ammattilaisten toimesta alihankintana.

Työn tilaaja on Iisalmesta kotoisin oleva yritys Konevel Oy. Opinnäytetyön aihe tuli yrityksen puheenjohtajalta Kimmo Kärjeltä. Aihe liittyy yrityksen tuotteeseen nimeltä Eco Weedkiller, jolla torjutaan rikkakasveja kuumalla vedellä. Suutinriipukkeelle tuleva kuuma vesi tulee kyseisestä laitteistosta. Laitteisto tulee sijoittamaan testeissä kuorma-auton lavalla. Kuuma vesi johdetaan letkuilla puomistoa pitkin suutinriipukkeeseen.

2 TUOTEKEHITYSPROJEKTI JA INNOVAATIOPROSESSI

Tuotekehitysprojektilla on selkeät tavoitteet, resurssit ja aikataulu. Tuotekehitysprojekteihin on olemassa erilaisia malleja, joihin kaikkiin voidaan katsoa kuuluvan tarvekuvaus, luovan työn vaihe ja yksityiskohtien suunnittelu. Esa Hietikon mukaan mallit jakaantuvat kahteen malliin: peräkkäismalliin ja spiraalimalliin. Peräkkäismallissa jokainen vaihe seuraa toistaan, eikä seuraavaa vaihetta voida aloittaa ennen kuin edellinen on tehty. Spiraalimallissa vaiheet ovat sijoitettu ympyrämäisesti, ja niitä kierretään koko prosessin ajan tarkentaen kohti lopullista ratkaisua (Hietikko, 2008, s. 41).

Innovaatioprosessi ilmaisee tapaa kehittää tuotetta jokapäiväisellä toiminnalla. Innovaatioprosessi kestää siis koko tuotteen elinkaaren, ja siihen osallistuvat hyvin monet eri tahot, eivät pelkästään tuotekehittäjät (Hietikko, 2008, s. 41). Tuotteen kehitykseen sen elinkaaren aikana osallistuvat esimerkiksi tuotannon henkilöt, myyjät ja asiakkaat eli tuotteen käyttäjät. Tämä opinnäytetyö sijoittuu tuotteen elinkaaren alkupäähän, jolloin suurta osaa kerätystä tiedosta ei ole vielä olemassa. Tässä vaiheessa on kerättävä mahdollisimman paljon ideoita ja yritettävä yhdistää niitä tuotteeksi, jotta tulevaisuudessa nähdään, mitä osa-alueita lähdetään jatkojalostamaan. Kun innovaatioprosessi menee eteenpäin tulevaisuudessa, dataa on kerättyinä moninkertainen määrä, jolloin tuotetta on helpompi kehittää eteenpäin. Data muodostuu asiakkaiden käyttökokemuksista, omasta sekä ulkoisten testaajien tekemistä testeistä.

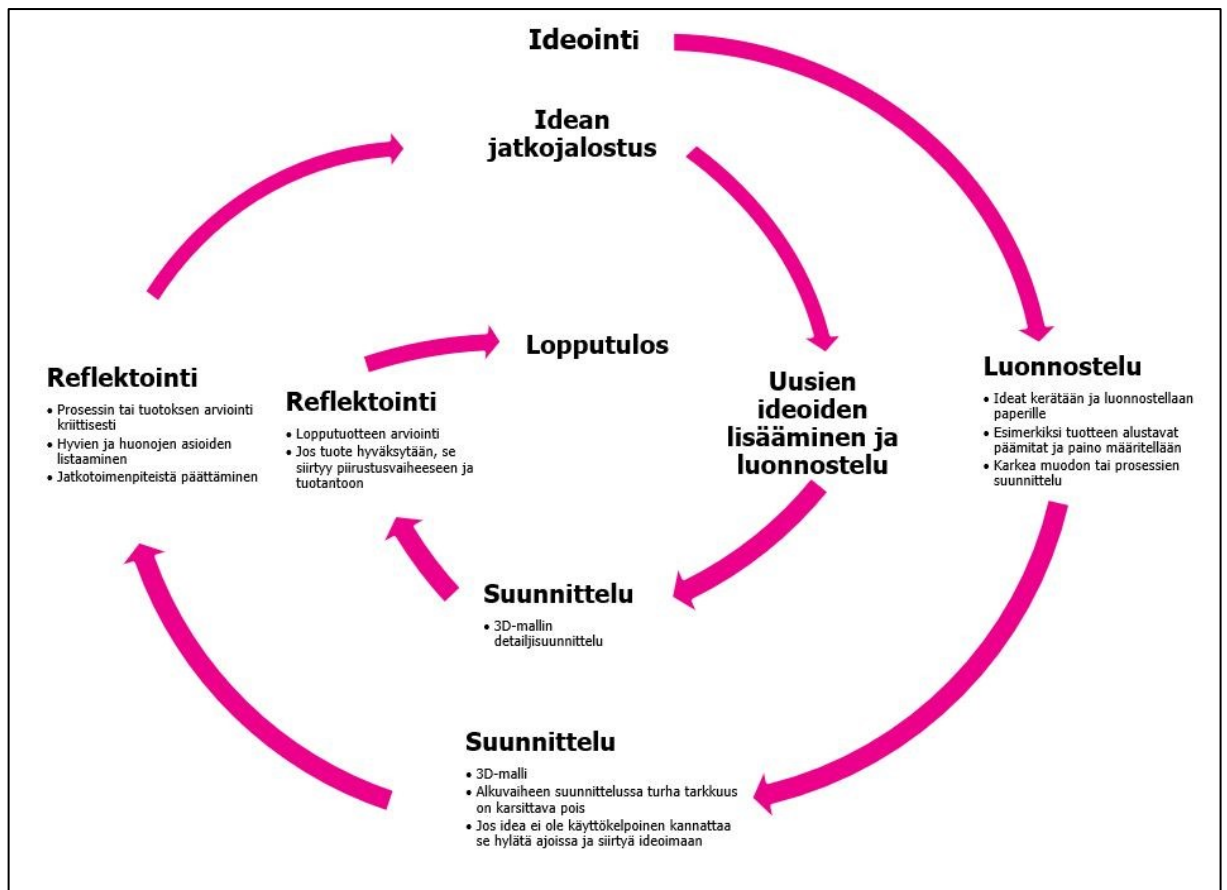
Projektin työ on markkinavetoinen prosessi, sillä markkinoilla on huomattu tarve laitteelle, jota ei vielä ole tehty. Tarpeen tyydyttämiseen käytetään hyväksi olemassa olevaa teknologiaa, joka tässä tapauksessa tarkoittaa valmiiden komponenttien käyttöä laitteen kasauksessa, sekä olemassa olevien työskentelytapojen hyödyntämistä laitteen osien suunnittelussa, valmistamisessa ja kasaamisessa (Hietikko, 2008, s. 41).

2.1 Prosessimallit

Alla olevassa kuvassa näkyy peräkkäin asetellut prosessin vaiheet (Kuva 1). Tässä projektissa keskitytään viiteen ensimmäiseen vaiheeseen sekä pohditaan kuudetta vaihetta tulevaisuuden tuotannon kannalta. Tässä opinnäytetyössä käytetään systeemisuunnittelun sekä detaljisuunnittelun osalta spiraalimaista ratkaisumallia, sillä laite on monimutkainen, ja jokainen osan muutos vaikuttaa todennäköisesti johonkin toiseen osaan tai osakokonaisuuteen (Kuva 2). ”Spiraalimaisessa ratkaisumallissa vaiheet on sijoitettu ympyrämäisesti ja niitä kierretään koko prosessin ajan tarkentaen kohti lopullista ratkaisua” (Hietikko, 2008, s. 41).



Kuva 1. Suunnitteluprosessin vaiheet peräkkäin aseteltuna (Hietikko, 2008, s. 42).



Kuva 2. Kuvassa tyypillinen opinnäytetyössä toistuva spiraalimalli osan suunnittelun vaiheista. (Mukailen Hietikon (2008, s.41) mainitsemaa spiraalimallia.)

2.1.1 Tuoteohjelman suunnittelu

Tuoteohjelman suunnittelulla sovitetaan tuotekehitysprojekti samaan linjaan yrityksen tuotestrategian kanssa. Tuoteohjelman suunnittelussa voidaan tehdä projektia varten esiselvitys, jonka perusteella päätetään, lähdetäänkö projektia viemään eteenpäin. Tuoteohjelman suunnitteluvaiheessa projektille asetetaan tavoitteet ja reunaehdot (Hietikko, 2008, s. 43).

2.1.2 Konseptisuunnittelu

Konseptia suunniteltaessa pyritään tunnistamaan asiakastarpeet, sekä selvittämään mitä tuotteita markkinoilla jo on. Tässä vaiheessa on hyvin tärkeää saada tietoa, mitä tuotteelta vaaditaan. Nämä vaaditut asiat ovat mitattavia ominaisuuksia, ja niille asetettuja tavoitearvoja, kuten paino ja hinta. Kun tuotteelta vaaditut ominaisuudet on tunnistettu, siirrytään luomaan mahdollisimman paljon ideoita ja luonnoksia. Kaikki ideat on laitettava muistiin (Hietikko, 2008, s. 43).

2.1.3 Systeemisuunnittelu

Systeemisuunnitteluvaiheessa jalostetaan valitun mallin arkkitehtuuria sekä sitä, minkälaisiin moduuleihin eli osa-alueisiin tuote jaetaan. Myös tuotteen variointi on mietittävä tässä vaiheessa. Variointi tarkoittaa tuotteen muuntelua siten, että se tyydyttää mahdollisimman monen asiakkaan tarpeet (Hietikko, 2008, s. 43).

Systeemisuunnitteluvaihe on tärkeä, sillä se vaikuttaa ratkaisevasti koneen myyntiin. Asiakkaiden ostopäätöksiin vaikuttaa hyvin paljon se, tarjoaako tuote tarpeeksi ominaisuuksia ja rahalle vastinetta. Joskus puolestaan asiakas ei tarvitse kaikkia ominaisuuksia, eikä hän halua maksaa turhista ominaisuuksista.

2.1.4 Detaljisuunnittelu

Jokaisen osan muoto, materiaali ja valmistustapa valitaan detaljisuunnitteluvaiheessa. Tässä vaiheessa määräytyvät myös osakokoonpanojen koot. Koska detaljisuunnittelussa päätetään osien materiaalit ja se, kuinka osat valmistetaan, myös tuotteen valmistuskustannukset määräytyvät pääosin tässä vaiheessa (Hietikko, 2008, s. 43).

2.1.5 Testaus

Testausvaiheeseen vaaditaan olemassa oleva prototyyppi tuotteesta. Prototyypin ei tarvitse olla yhteneväinen lopullisen tuotteen kanssa. Testausvaiheessa tärkeintä on varmistua siitä, että tuote toimii halutulla tavalla (Hietikko, 2008, s. 43). Testausvaiheen jälkeen lopullinen tuote viimeistellään ennen tuotantoon päästämistä. Testien jälkeen joudutaan usein palaamaan takaisin aikaisempiin vaiheisiin ja tuotteesta saatetaan tehdä useampi prototyyppi. Testaus voi olla hyvin kallista, ja sen vuoksi taustatyö on tärkeää tehdä laadukkaasti, jotta takaisinkytkentöjä suunnitteluvaiheisiin ei tarvitsisi tehdä.

2.1.6 Tuotanto

Tuotteen päästessä tuotantoon, sen täytyy olla tarpeeksi turvallinen käyttäjälleen. Pieniä tiedostettuja riskejä voidaan ottaa joidenkin osien toimivuuden tai kestävyuden suhteen. Tällaisia tiedostettuja puutteita voi olla joskus jopa hyvä jättää laitteeseen "sulakkeiksi". Jos jonkun osan voi jättää tarkoituksellisesti kuluvaan ja rikkoutuvaan suojellakseen kalliimpaa peruskonetta, se kannattaa. Tuotannon käynnistyttyä ensimmäiseksi tehdään nollasarja, jolla koulutetaan henkilöstö, joka valmistaa tuotteen (Hietikko, 2008, s. 43).

3 PROJEKTITYÖN LÄHTÖKOHDAT

Työ aloitettiin kappaleessa 2.1.1 mainitulla tuoteohjelman suunnittelulla. Työn tilaaja oli ehtinyt poh-
tia uutta tuotetta, joka kävisi yhteen heidän Eco Weedkiller -mallistonsa kanssa. Tuote on lisälaite
rikkakasvien torjuntaan, ja se tulee hyödyntämään samoja visuaalisia ominaisuuksia kuin peruskone
esimerkiksi värityksen osalta. Opinnäytetyön aloituspalaverissa kerättiin vaatimuslista koneen eri
ominaisuuksista. Tämän jälkeen projektipäällikkö alkoi kerätä tietoa peruskoneesta ja nosturista,
joihin laite tullaan liittämään. Myös erilaisia käyttökohteita kartoitettiin. Näin saatiin muodostumaan
karkea konsepti laitteesta ja laitteen lopullisista ominaisuuksista.

3.1 Tilaajan vaatimuslista

Aloituspalaverissa asetettuja vaatimuksia laitteelle:

- S.Risa-kastelupuomiston maksimipaino 100 kg. (Toimii painorajana suunnittelulle.)
- Suutinriipukkeen mahdollisimman kevyt rakenne.
- Puskuri riipukkeeseen, joka ajetaan kiinni pylvääseen, minkä jälkeen työliikkeet alkavat tai valo syttyy koneen ohjaamossa.
- Riipukkeen on pystyttävä käsittelemään kaiteen aluset, tasaiset liikenteen jakajat sekä pyl-
väiden ympärykset.
 - Erikokoiset pylvääet otettava huomioon suunnittelussa.
 - Sivusuuttimien liikerata oltava riittävä, jotta laitteella voidaan käsitellä katukivien reunoja.
- Suutinriipukkeessa oltava joustoja, jotta rakenne ei mene rikki kolhaistaessa esim. tolppaa tai maata.
- Suuttimia kerralla käytössä 2–3 kpl.

3.2 Kaluston vaikutus suunnittelussa

Yritys halusi, että suutinriipukkeen prototyyppi suunnitellaan lähtökohtaisesti yrityksen omaan kalustoon sopivaksi. Prototyypin rakenne piti kuitenkin olla helposti muokattavissa melkein mille tahansa nosturille, mitä käytetään yleisesti kuorma-autoissa sekä muussa raskaassa kalustossa.

Yritykseltä löytyy Mercedes Benz Actross, jonka hytin taakse on kiinnitetty 10-tonnimetrinen nosturi (Kuva 3). 10 tonnimetriä tarkoittaa sitä, että nosturilla saa nostaa tuhannen kilon massan 10 metrin päästä, joten nosturissa riittää voima tämän kokoluokan laitteeseen. Nosturin päässä on rotaattori eli pyörittäjä, joka toimii kiinnityspintana laitteelle.



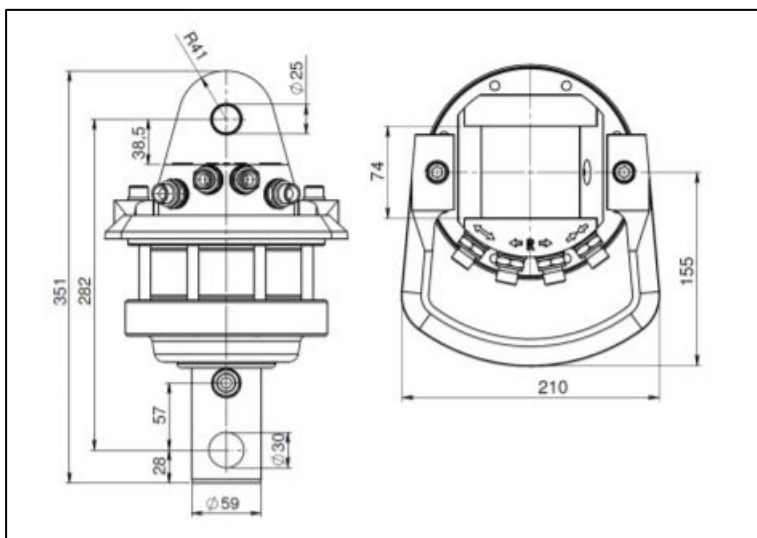
Kuva 3. Yrityksen Mercedes Benz Actros ja nosturi

3.2.1 Intermercato Rotech IVR 4.59 -pyörittäjä

Kuvassa 4 on Intermercaton valmistama hydraulinen pyörittäjä malliltaan Rotech IVR 4.59. Valmistajan sivuilta löytyi kattavat tiedot ja hyvä mittakuva suunnittelua varten (Kuva 5). Maksimimassa, jonka pyörittäjällä saa nostaa on 4,5 tonnia (Intermercato AB, ei pvm). Pyörittäjästä löytyy hydrauliiikka esimerkiksi puukouraa varten. Suutinriipukkeeseen ei kuitenkaan tällä hetkellä ole tulossa hydraulisia toimilaitteita, joten pyörimisliike riittää. Pyörimisliikkeen laajuus on 360°, ja se on rajoittamaton. Siitä voi muodostua ongelma, jos kuljettaja pyörittää vesiletkut ja sähköjohdot rikki. Rotaattorin pyörimistä ei oteta huomioon koneen suunnittelussa tässä opinnäytetyössä, ja työn tilaaja huolehtii pyörimisliikkeen rajoittamisesta tarvittaessa.



Kuva 4. Yrityksen nosturin päässä on kuvan mukainen rotaattori (Intermercato AB)



Kuva 5. Kuvassa päämitat laitteen kiinnityspinnan suunnittelua varten (Intermercato AB)

3.2.2 S.Risa Uniarm 700 Working Arm

Suunnittelun yksi lähtökohta oli suunnitella suutinriipuke sopivaksi S.Risa-merkkiselle etupuomistolle (Kuva 6). Puomisto on tarkoitettu liikennemerkkien ja tunnelien pesemiseen, mutta sitä voidaan käyttää myös muihin tarkoituksiin. Sen voi liittää esimerkiksi kuorma-autoon tai traktoriin. Työkalulle asetettu maksimimassa, jonka valmistaja sallii, on 100 kg.



Kuva 6. Kuorma-autoon liitettävä etupuomisto (S.Risa AS)

3.3 Tunnistetut käyttökohteet

Taajamissa ja maanteillä on paljon erilaisia paikkoja, joissa rikkakasveja halutaan torjua. Yritys osoitti tutkittavaksi erilaisia kohteita, jotka kartoitettiin syksyn 2019 aikana. Suunnittelutyön tueksi otettiin maastokuvia Iisalmen ja Kuopion alueilta paikoista, joissa suutinriipuketta voitaisiin käyttää. Kuvat on otettu Iisalmen Eteläiseltä Pohjolankadulta (Kuvat 7–9). Laitetta on tarkoitus käyttää esimerkiksi valaisin- ja sähköpylväiden ympärille (Kuva 7), kaiteiden juurille (Kuva 8), tien pengermälle ja liikenteenjakkajien rikkakasveille (Kuva 9).



Kuva 7. Teräksinen liikennemerkki ja valaisinpylväs



Kuva 8. Matala tiekaide, jonka korkeus noin 70 cm



Kuva 9. Liikenteen jakaja Iisalmen

Valaisinpylväiden osalta suutinriipukkeen on pystyttävä toimimaan yhdeltä puolelta Pylvästä. Pylvään ympäryksen rikkaruohot tuhotaan yhdellä liikkeellä, jonka laite suorittaa napin painalluksella. Kuskin ainoaksi tehtäväksi jää ohjastaa laite lähelle pylvästä. Pylväiden halkaisijat riippuvat siitä, kuinka korkeita ne ovat, ja mistä materiaalista ne on tehty. SFS 5269 -standardin metallisten valopylväiden tyven halkaisija voi olla suurimmillaan 280 mm (SFS 5269. Suomen standardisoimisliitto SFS Ry, 1989). Yrityksen toiveena oli, että laite kykenee noin 200 mm tolpan ympäryksen torjuntaan. Nämä tiedot otettiin huomioon koneen suunnittelussa pitäen mielessä, että koneen pääasiallinen käyttö on liikenteenjakaajilla, joissa paksuimpia puutolppia ei ole.

Kaiteiden alusten käsittelyyn haluttiin tehokas menetelmä, joka mahdollistaa molempien puolien samanaikaisen käsittelyn. Pyöräilijöille ja jalankulkijoille kaiteet ovat korkeudeltaan 120 cm, joka oli suunnittelussa tärkeä tieto (Liikennevirasto, 2014, s. 155).

4 SUUTINRIIPUKKEEN SUUNNITTELU

Opinnäytetyön suunnitteluvaiheisiin kuului konsepti-, systeemi- ja detaljisuunnittelu. Ideointivaiheessa käytiin läpi vielä hyvin suurpiirteisesti paperille luonnostellen, miten laite voisi toimia erilaisissa tunnistetuissa tilanteissa. Tämä oli osa konseptin suunnittelua, jossa rajattiin luonnoksista jatkoon menevät vaihtoehdot. Tässä projektissa konseptit muodostuivat hyvin samankaltaisiksi, joten oli harkittava tarkkaan mitä konseptia ryhdyttäisiin jatkojalostamaan. Selkeitä konsepteja oli kolme kappaletta.

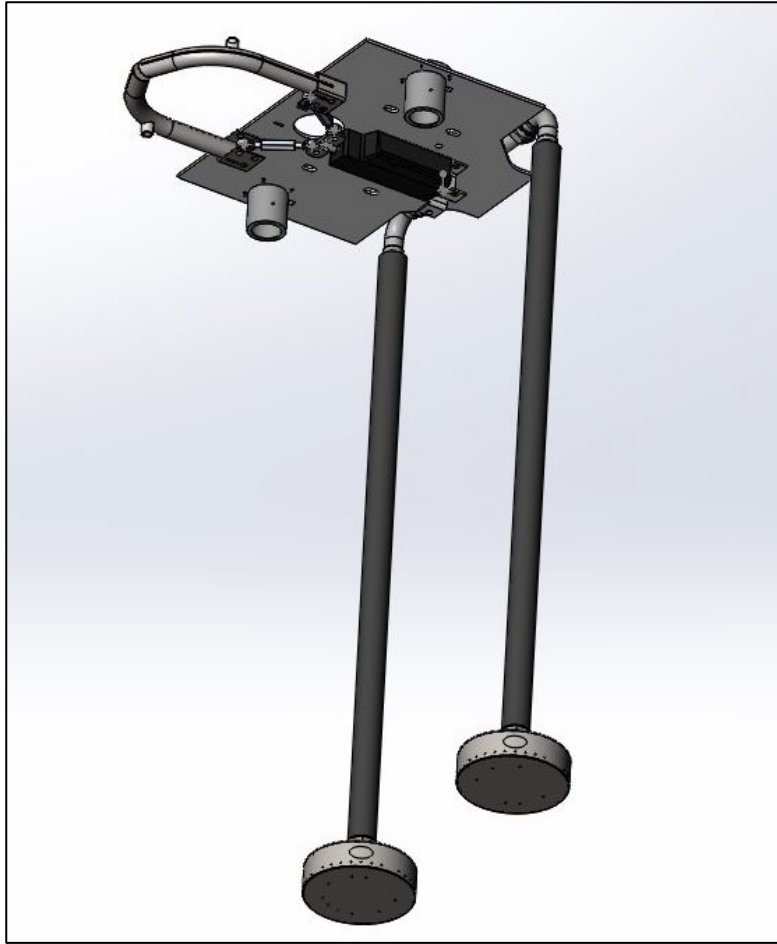
Systeemisuunnittelussa luonnosta lähdettiin suunnittelemaan eteenpäin, se jaettiin muutamiin isoihin kokonaisuuksiin eli moduuleihin, joiden ympärille tuotteen arkkitehtuuri alkoi rakentua. Näitä kokonaisuuksia pyrittiin miettimään myös tuotevarioinnin kannalta, jotta asiakas voi muunnella tuotetta omaan käyttöönsä sopivaksi.

Viimeinen osa suunnitteluprosessia oli detaljisuunnittelu, jossa hiottiin yksityiskohtia ja ratkaistiin ongelmia osatasolla.

4.1 Laitteen ideointi

Kun koneen lähtökohdat ja vaadittavat ominaisuudet oli tunnistettu, ryhdyttiin konetta ideoimaan paperille luonnostellen. Ideointiin käytettiin paljon aikaa, ja kaikki ideat laitettiin ylös, jotta kaikki vaadittavat ominaisuudet saatiin listattua. Ideoinnissa olivat mukana yrityksen ohjaajat, ja tietoa pyrittiin kyselemään tutuilta konekuljettajilta ja koneinsinööreiltä. Ideoinnista karsiutui jatkoon kolme konseptia, jotka mallinnettiin karkeasti Solidworks:lla (Kuva 10).

Ideoinnin jälkeen alettiin karsimaan konsepteja, pisteytystaulukon avulla (Taulukko 1). Konsepti valittiin sen perusteella, kuinka hyvin vaaditut ominaisuudet ovat toteutettavissa. Ominaisuuksien toteutettavuus pisteytettiin, ja konseptin valinta tehtiin sen saamien kokonaispisteiden perusteella. Pisteytys ja kommentit jokaisesta konseptista on kerätty taulukkoon 3. Pisteitä annettiin asteikolla 0–5; 0 tarkoittaa ei toteutettavissa ja 5 hyvää todennäköisyyttä onnistua. Käytettäväksi konseptiksi valikoitui ”Jäykkä ylärunko ja liikkuva keskikoneisto”.



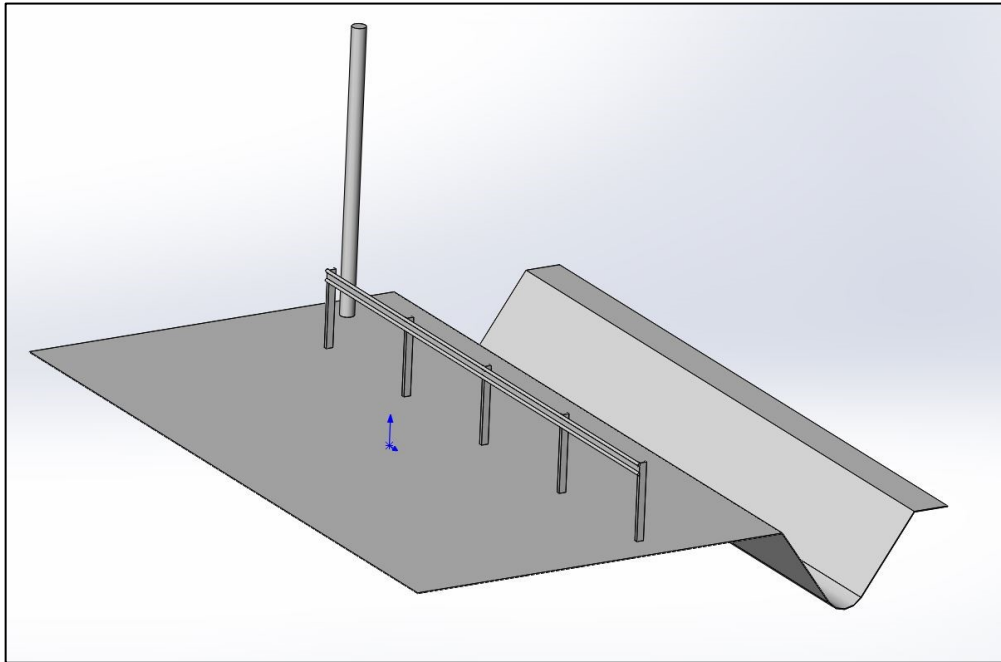
Kuva 10. Konsepti letkumallista

Taulukko 1. Konseptien pisteytys

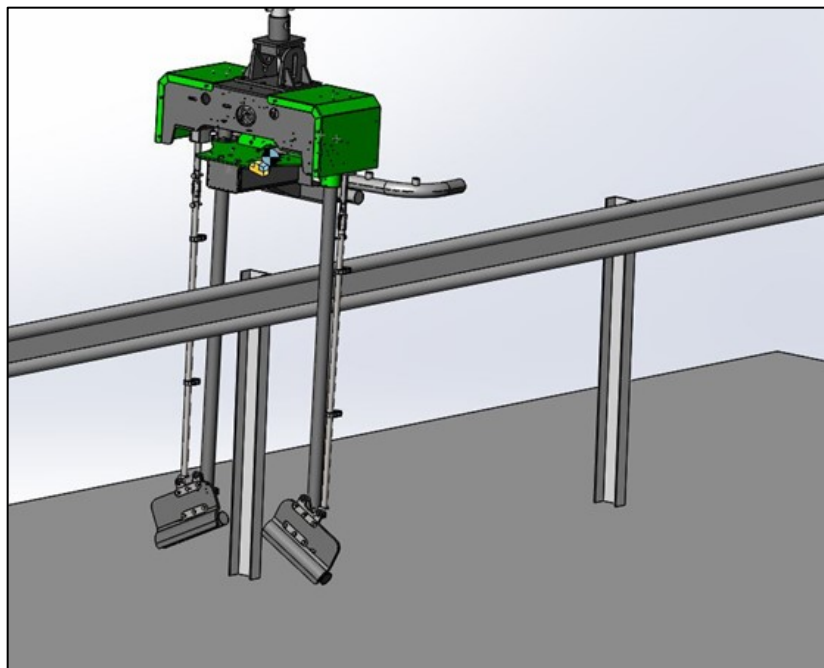
Pisteasteikko	5	4	3	2	1	0
Ominaisuudet	Jäykkä ylärunko ja liikkuva keskikoneisto.		Letkumalli. Keskikoneisto ja joustavat letkut kaideajoon		Kaksi pitkää ja taittavaa suutinvartta.	
Tolpan ympäryksen käsittely	5. Tolpat käsitellään S-Suuttimilla.		3. Onnistuu, mutta letkut irrotettava		2. Kömpelö	
Kaiteen juuren käsittely	3. Runko ja sivusuuttimet mahdollistavat kaideajon.		5. Onnistuu ilman vaaraa laitteen rikkoutumisesta		2. Onnistuu, mutta korkeat jalankulkijakaiteet heikosti. Rakenne heikko.	
Liikenteenjakaajan ajo/ tasaisen maan käsittely.	3. Katukivetykset ajetaan yhteistyössä keski- ja sivusuuttimilla.		2. Onnistuu letkujen ollessa irti.		2. Heikosti	
Katukivetysten reunojen käsittely	3. Käännettävien sivusuuttimien ansiosta reunukset voidaan käsitellä hyvin läheltä.		2. Reunojen ajoon kuljettajan on käytettävä enemmän aikaa ja tarkkuutta.		2. Heikosti	
Ojien ja tien pengermien käsittely	3. Laitte voidaan tiputtaa myös ojan pohjalle risukon sekaan.		3. Onnistuu letkujen avulla, mutta kapealla käsittelyalueella.		1. Liian heikko rakenne.	
Käytettävyys	4. Kaikki liikkeet ja ominaisuudet toimivat ilman erillisiä asennuksia, suoraan kuorma-auton kopista. Letkujen teko suhteellisen haastava.		2. Liikkeet onnistuvat, mutta vaatii kuljettajalta aikaa asettaa laite jokaiseen tilanteeseen sopivaksi. Letkujen teko helppo.		2. Heikko rakenne, huono käytettävyys ja kömpelö pyöriteltävyys. Letkujen teko hankala.	
Yhteensä	21		17		11	
Max	30 p.					

4.2 Suunnitteluympäristö

Maastosta tehtyjen mittausten, havaintojen ja arvioiden perusteella tehtiin 3D-malli tiestä, jossa on autokaide sekä valopylväs ja oja (Kuva 11). Mallissa pystyi varioimaan eri tilanteita, joita käytännössä voi tulla vastaan. Kaiteen korkeutta, ojan muotoa ja syvyyttä sekä pylvään halkaisijaa on helppo muokata. Tämä helpotti suunnittelutyötä, sillä konetta pääsi testaamaan teoreettisesti ja näkemään sen liikeratoja ja fyysisiä mittoja suhteessa kaiteeseen. Kuvassa 12 näkee, kuinka suutinriipuketta pystyi testaamaan esimerkiksi kaideajossa.



Kuva 11. Testitien 3D-malli



Kuva 12. Suutinriipuke kaiteen alusen käsittelyssä

4.3 Yleistä valmistusmenetelmistä ja rakenteesta

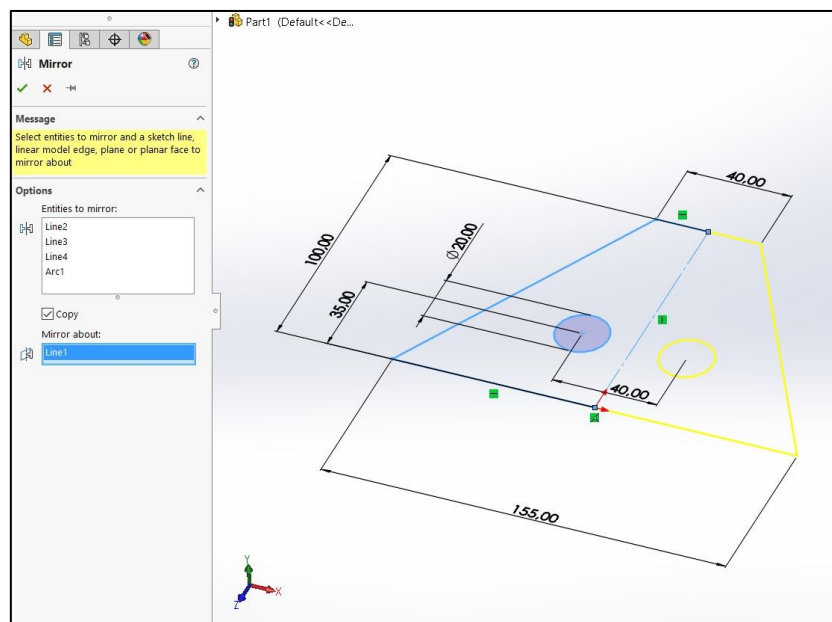
Koneen rakenne on suunniteltu mahdollisimman edulliseksi ja tehokkaaksi valmistaa, sillä työn Konevel Oy tekee laitteisiinsa vain kokoonpanon. Yrityksellä ei ole omaa osien tuotantoa ja osat tilattiin alihankkijayrityksiltä. Firmassa hyväksi havaittu suunnittelutapa on suunnitella laite levyistä tehdyistä osista. Levyaihion etuna esimerkiksi standardimittaisiin putkiin on muotoilun vapaus ja helppo muokattavuus nykyaikaisin levytyöstö menetelmin. Levyistä suunnitellessa suunnittelija saa paljon vapaammat kädet, kuin standardimittaisesta putkitavarasta. Levyihin on helppo mitoittaa tarkasti 3D-mallissa reikien paikat, kasaamista helpottavia lovia ja merkkejä helpottamaan kanttaamista. Laserleikkurilla levyosien leikkaaminen on tehokasta ja helppoa, DXF-kuvien pohjalta tehdyt osat onnistuvat näin tarkasti. Levyaihion edut ovat siis tavaran helppo saatavuus ja muokattavuus, sillä alihankintayritykseltä löytyy varastosta usein rakenneteräslevyä., Alihankkijoiksi on valikoitunut yritykset, joilta löytyy joko plasma- tai laserleikkauskone, kanttikoneet, mig-, mag- ja tig-hitsausmenetelmät sekä oma maalaamo. Näillä levyntyöstökoneilla saadaan aikaiseksi jo hyvin monimutkaisia rakenteita. Myös standardi mittaisia putkia käytetään osana suunnittelua, jos tarve vaatii.

Laitteen rakenne koostuu kahdesta isommasta kokonaisuudesta ylärungosta sekä keskikoneistosta, jotka voidaan kasata erillään. Tämä systeemi luotiin silmällä pitäen eri vaihtoehtoja, jotta asiakas-tarve saadaan tyydytettyä mahdollisimman hyvin.

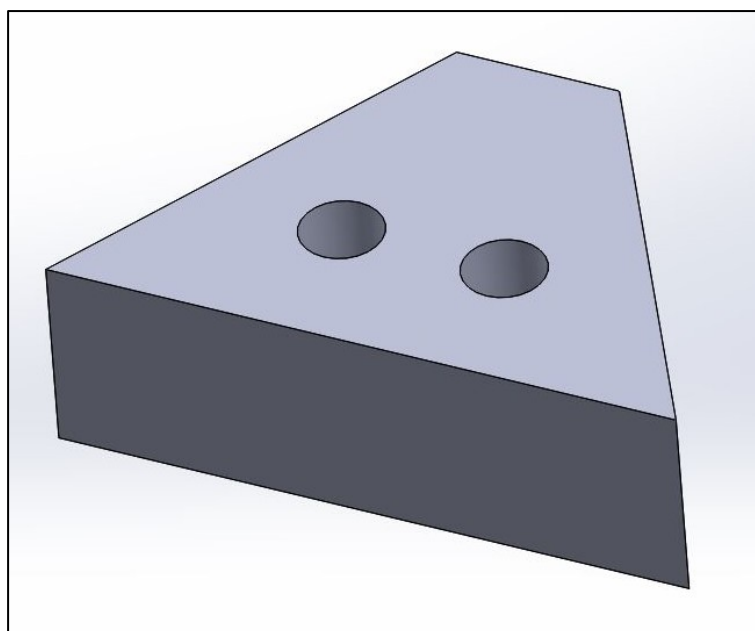
Ylärungon rakenne on jäykkä perusrunko, johon on helppo kiinnittää komponentteja ja vaihtaa laitteen käytöstä johtuvan kulumisen takia osia. Ylärunkoon saadaan helposti vaihdettua kiinnityspinta vastaamaan nosturin kiinnityspintaa. Keskikoneisto on suunniteltu omana osuutenaan siten, että sitä voisi myös käyttää omana riipukkeenaan pienillä muutoksilla, jos asiakas ei kaipaa kaideajo-ominaisuuksia. Pienillä muutoksilla tarkoitetaan kiinnityspinnan lisäämistä keskikoneistoon, jolla voidaan käsitellä liikenteenjakaajat ja niiden tolpat. Suutinriipukkeen systeemisuunnittelussa päätettiin, että peruskoneesta on löydyttävä pyörityslaite, jolla suutinriipuketta käännetään haluttuun asentoon (Pyörityslaite kuvassa 4).

5 OSAT JA OSARAKENTEET

Detalji suunnittelua tehtiin lähes jokaisen komponentin osalta iteroiden, eli osaa suunniteltiin niin kauan uudestaan, että haluttuun lopputulokseen päästiin. Tapa on työläs, sillä kun yhtä osaa muokkaa, joutuu useasti muokkaamaan kokoonpanon muita osia. 3D-mallit on kuitenkin pyritty mallintamaan symmetria-akselia hyväksikäyttäen ja helposti muokattavia sketchejä käyttäen (Kuva 13). Sketcheillä tarkoitetaan suunnitteluohjelmiston piirustusvaihetta, josta osa esimerkiksi pursotetaan tai leikataan 3D-osa (Kuva 14). Tämä helpottaa nopeaa muokkaamista kokoonpanossa. Myös kappaleen nolapiste on pyritty asettamaan jokaiselle kappaleelle parhaaseen paikkaan.



Kuva 13. Esimerkki peilaamisominaisuuden käytöstä 3D-mallia piirrettäessä



Kuva 14. Esimerkki pursotetusta 3D-osasta

5.1 Suuttimet (Ei julkinen)

Kuva 15. (Ei julkinen)

Kuva 16. (Ei julkinen)

5.1.1 S-Suuttimet (Ei julkinen)

Kuva 17. (Ei julkinen)

Kuva 18. (Ei julkinen)

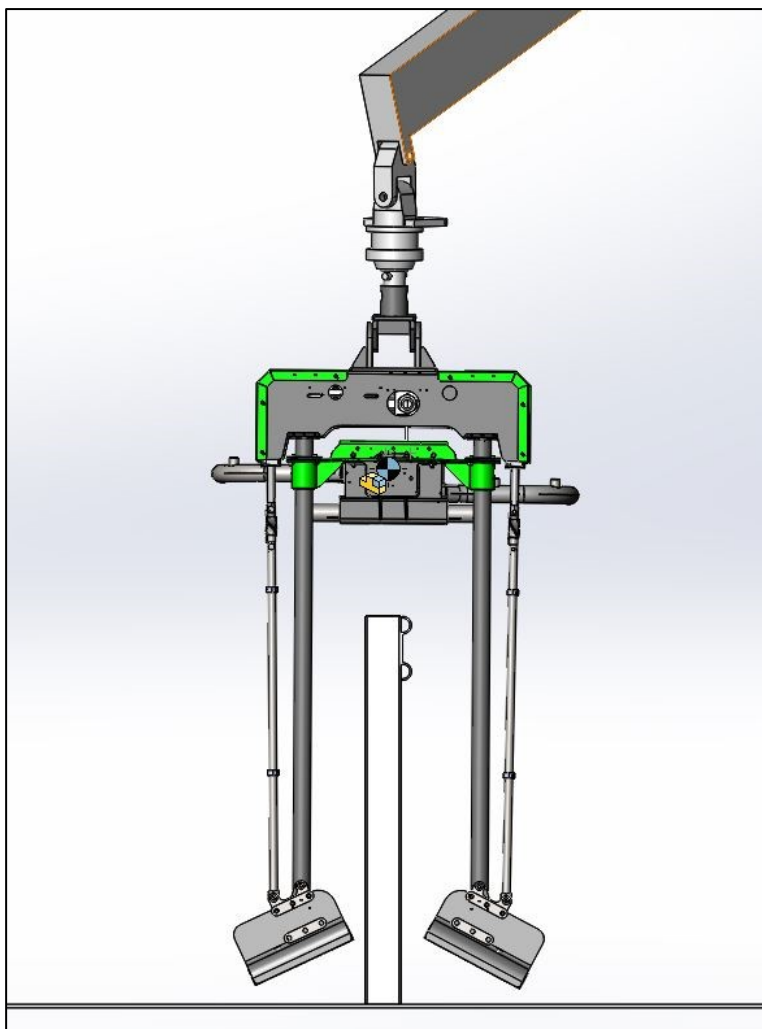
Kuva 19. (Ei julkinen)

5.1.2 Keski- ja sivusuuttimet

Keski- ja sivusuuttimet ovat rakenteeltaan isommat kuin perinteiset Eco Weedkiller -malliston suuttimet, ja niiden kiinnitysratkaisut on suunniteltu tätä laitetta varten.

Sivusuuttimet roikkuvat kumilevyistä, jotka antavat periksi törmäyksen sattuessa. Kumikannattimien jousto-ominaisuuksia ei tiedetty suunnitteluvaiheessa, joten kumeja päädyttiin tilaamaan useampaa eri paksuutta, jotta päästiin käytännössä testaamaan, mikä soveltuisi parhaiten käyttöön. 15 mm nitrilikumi osoittautui parhaaksi vaihtoehdoksi, sillä se ei nyrjähtänyt, vaikka sivusuuttimet käännettiin pystyyn.

Suuttimien geometriaa testattiin testitiellä 3D-mallissa siten, että laite asetettiin kaiteen päälle suunniteltuun asentoon (Kuva 20). 3D-mallissa oli helppo muuttaa osien mittoja ja nähdä suoraan, kuinka ne vaikuttivat laitteen geometriaan. Keskisuutin suunniteltiin kattamaan katvealueet tasaisen pinnan, tolppien sekä ojan penkkojen käsittelyssä.



Kuva 20. Sivusuuttimien testi

5.1.3 Sivusuuttimien jouset

Sivusuuttimien joustoa lisättiin myös jousilla, jotka suojaavat lineaarimoottoria vääntymästä tai kiertymästä. Haluttuja jousia ei löytynyt kaupasta, joten ne päätettiin valmistaa hitsaamalla vetojousi ja päätykappaleet yhteen. Jouset kehitettiin ja hitsattiin itse Savonia-ammattikorkeakoulun hitsauslaboratoriossa. Haasteena oli jousiteräksen hitsaus, jota ei normaalisti suositella. Hitsaamisessa noudatettiin Ovakon jousiteräksien hitsausohjetta. ”Jos liitoksen lujuus ei ole oleellinen, esimerkiksi kiinnikehitys, voidaan käyttää austeniittista lisäainetta. Jäähdytyksen on tapahduttava hitaasti” (Ovako Oy Ab, s. 30). Hitsin lisäaineeksi valikoitui austeniittinen Esab OK TIGROD 316L, joka on tarkoitettu haponkestävälle EN 1.4404 / AISI 316L teräkselle ja joka on todella yleisesti käytetty lisäaine EN 1.4307 (AISI 304L) ruostumattoman teräksen hitsauksessa. Jousen päädyt valmistettiin lopulliseen tuotteeseen EN 1.4307 (AISI 304L) teräksestä. Vetojousien teräslaatua ei tiedetty, mutta IKH Oy myi ne ruostumattomina teräsjousina.



Kuva 21. Prototyyppi jousesta

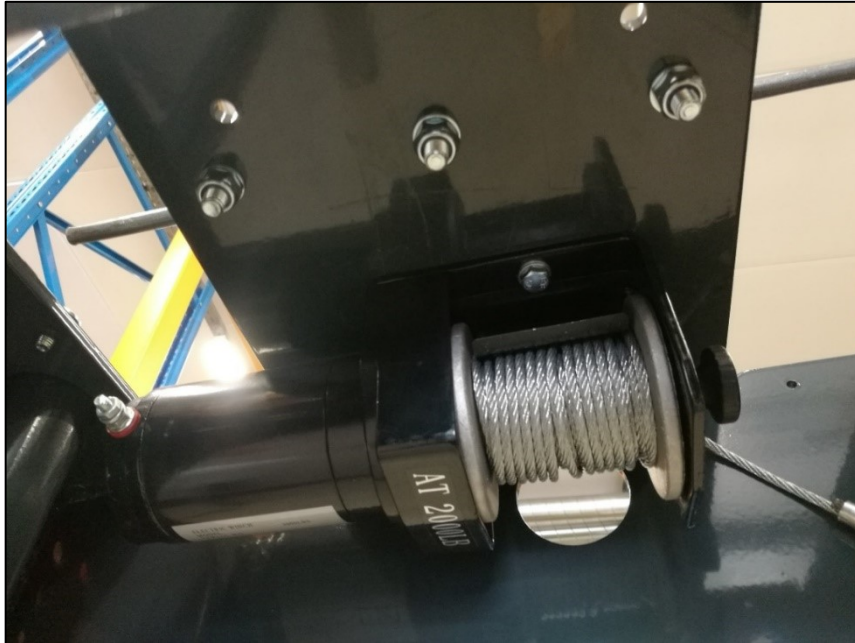
Rakenne kehitettiin vetojousista, joista katkaistiin päätylenkit pois. Sen jälkeen sopivat akselit hitsattiin jousen päihin siten, että akselit pujotettiin neljän kierteen mitan jousen sisään, jolloin jousen kierreosa tukeutuu akseleita vasten ottaen vastaan taivutuksesta johtuvia voimia. Jousi hitsattiin mahdollisimman pienellä saumalla kiinni jousen päistä (Kuva 21). Jousiterästä pyrittiin olemaan lämmittämättä kierteen kohdalta, jotta jousen ominaisuudet eivät kärsisi lämmöstä johtuvasta päästyimisestä. Jousi piti hitsaamisen jälkeen jäähdyttää hitaasti lasivillan sisällä. Jousen prototyypin hitsaamisen ja testien jälkeen tehtiin ohje, jonka perusteella alihankkija pystyi valmistamaan kuvan 22 jouset laitteeseen.



Kuva 22. Valmis jousi kiinnitettynä lineaarimoottoriin

5.2 Keskikoneisto

Keskikoneistolla tarkoitetaan koneen keskiosaan sijoitettua koneistoa, joka liikkuu tarpeen vaatiessa ylös ja alas riippuen siitä, mitä koneella tehdään. Ylhäällä ollessaan koneisto on kaideasennossa, jolloin sillä ei tehdä mitään. Kun koneisto lasketaan alas, sen tehtävänä on suorittaa tolpan ympäröivien suihkuttaminen sekä tasaisen maan ja liikenteen jakajien käsitteleminen. Koneisto liikkuu pystysuunnassa ylärunkoon sijoitetun vinssin avulla (Kuva 23).



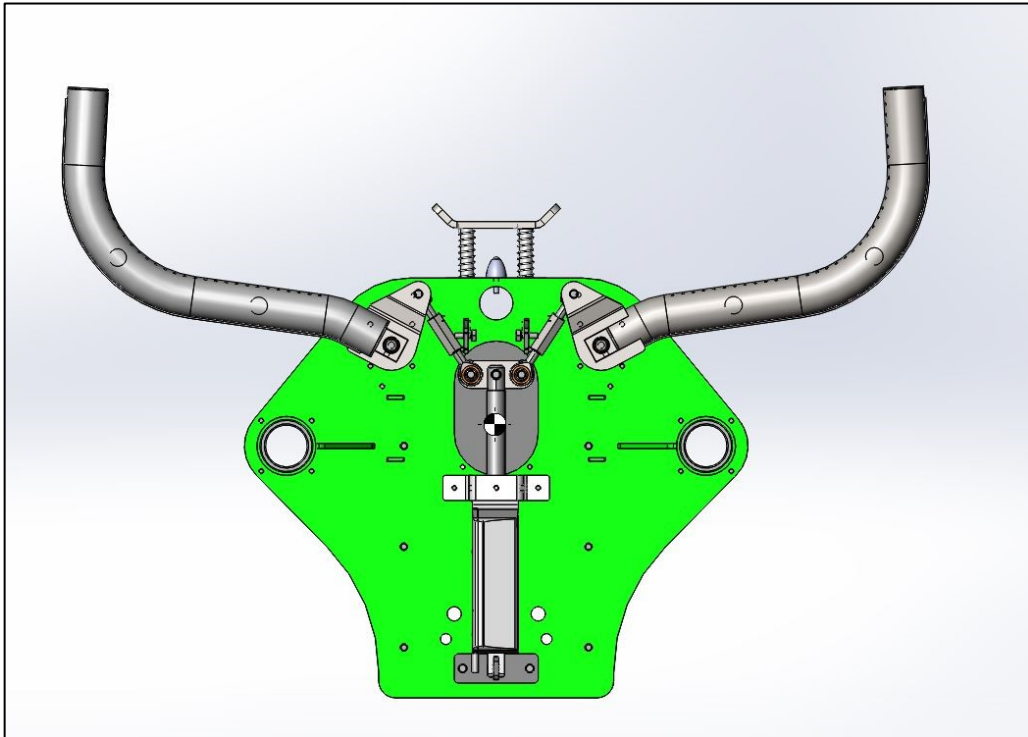
Kuva 23. Keskikoneistoa liikuttava vinssi

Alaspäin koneisto laskeutuu painovoiman avulla. Tällä ratkaisulla haettiin prototyypille yksinkertaista ratkaisua, joka ei ole turhan tarkka valmistaa eikä käyttää. Koneen ollessa vasta prototyyppi tämän ominaisuuden toteuttamiseen riitti suhteellisen halpa 12 V sähkövinssi, joka ostettiin teollisuuden tukkuliikkeestä. Vinssin vetovoima oli valmistajan mukaan 907 kg eli noin 8 900N, joka riittää helposti 30 kg keskikoneiston massalle.

5.2.1 S-suuttimien käyttäminen.

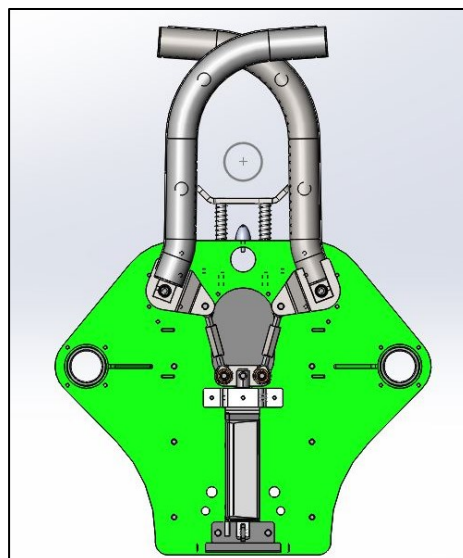
Keskikoneistoon liittyviä s-suuttimia käytetään yhdellä lineaarimootorilla, joka on sijoitettu pitkittäin rakenteen suuntaisesti. Moottorin työntäessä vartta ulospäin suuttimet kääntyvät sivuille (Kuva 24). Päinvastoin kun varsi vetäytyy sisäänpäin suuttimet kääntyvät sisäänpäin (Kuva 25).

Yhteen moottoriin päädyttiin kahdesta syystä, yksi moottori säästi hieman painoa ja se oli helpompi kiinnittää ja suojata keskikoneistoon. Moottorista löytyy varren reikä sekä moottorin rungon takakiinnikereikä. Siinä ei ole varren puoleista rungon kiinnitysmahdollisuutta, minkä vuoksi moottorille suunniteltiin oma panta pitämään moottorin etuosa paikoillaan sivuttaissuunnassa.



Kuva 24. Lineaarimoottori on kiinnitetty pitkittäin koneiston runkoon nähden

Moottorin päähän on kiinnitetty kiinnityslevyn avulla kaksi välitankoa. Välitanko koostuu kahdesta nivelvarresta, muttereista sekä yhdestä kuusiotangosta. Välitankojen pituutta pystyy säätämään kiertämällä nivelvarsia ja kuusiotankoa. Mutterit ovat varsien pituuden lukitusta varten. Näin pystytään säätämään molempien s-suuttimien liikerataa erikseen. S-suuttimien liikeradan pääsääntö tapahtuu sähkömoottorin kiinnitystä säätämällä. Tällöin säätävät molemmat s-suuttimet.



Kuva 25. Suuttimet sisään käännettyinä

5.2.2 Puskuri

Puskurin idea on ilmoittaa kuljettajalle, kun laite on ajettu riittävän lähelle tolppaa. Puskurin runkoon asennetaan induktioanturi, joka antaa signaalin puskurin työntymisestä sisään. Anturi saa signaalin puskurin akselin liikuessa sen kohdalle. Puskurin toinen tehtävä on olla kirjaimellisesti puskuri laitteelle ja ottaa vastaan iskuja.

Itse puskuri on teräslevy, johon on hitsattu kaksi akselin vartta (Kuva 26). Ne liukuvat kahden polyasetaalista (Kauppanimi: POM) valmistetun liukuholkin sisällä. Jouset palauttavat puskurin ulosasettoon. Puskurin taakse on asetettu törmäyskumi estämään kova törmäys laitteen runkoon. Sen tehtävänä on myös estää jousien kova pohjaaminen ja lisätä niiden käyttöikä.



Kuva 26. Puskurin anturi on suojattu iskuilta teräksisellä kotelolla

5.2.3 Keskikoneiston suojaus

Keskikoneiston suojaksi suunniteltiin pohjapanssari, joka suojaa lineaarimoottoria ja sen vivustoa kolhuilta (Kuva 27). Koneiston suoja toimii myös keskisuuttimen telineenä ja suojana. Suoja pultataan alapäin keskikoneiston ylälevyyn. Ideana on, ettei pohjapanssariin kiinnitetä mitään kriittisiä osia, millä varmistetaan koneen toiminta, vaikka pohjapanssari kolhiintuu. Suojus valmistettiin 5 mm S355 rakenneteräksestä. Sen nähtiin olevan riittävän luja prototyyppiin. Jos tarve vaatii, voidaan panssariin tehdä kulutuspinnaa esimerkiksi nylonista, jolloin nylonlevy suojaisi sekä kivetyksiä että itse laitetta naarmuuntumiselta ja kolhiintumiselta.



Kuva 27. Keskikoneiston pohjapanssari

5.3 Pystyputket ja ylärunko

Pystyputket on suunniteltu kaideajon tarpeita silmällä pitäen, ja ne toimivat keskikoneiston johteena (Kuva 28). Normaali aerauskestävyysluokan 4 tiekaide on 70 cm korkea, ja korotettu tiekaide on 110 cm. Sillankaide on hieman korkeampi 120 cm (Liikennevirasto, 2014, s. 155). Suunnittelulähtökoh- tana oli siis käytettävä korkeampaa kaidetta.



Kuva 28. Korkeat pystytolpat toimivat johteena keskikoneistolle

Koska pystyputket ovat erittäin alttiita kolhiintumiselle, ja niiden päällä liikkuu liukuholkkien varassa oleva keskikoneisto, haluttiin putkista suunnitella vahvat. Prototyyppiin valittiin ulkohalkaisijaltaan 48,3 mm ja seinämävahvuudeltaan 4 mm S355 rakenneteräsputki, joka oli helposti saatavilla. Jat- kossa putken materiaalia, kokoa ja lujuutta voi varioida hyvin helposti testien perusteella. Putkiin kohdistuvia voimia oli mahdoton arvioida suunnittelussa, sillä niihin ei periaatteessa kohdistu isoja voimia. Voidaan kuitenkin odottaa, että koneen kuljettaja tulee kolhimaan putkia tai pahimmassa tapauksessa vaurioittamaan niitä pysyvästi. Putkien vaurioituessa sen vaihto onnistuu vaivattomasti suojakotelon irrotuksella yhteensä viidellä ruuvilla. Pystyputkien säätö tehtiin ylärunkoon säädettä- villä laipoilla (Kuva 29), joilla voidaan tehdä hienosäätö, jos putkien asento ei esimerkiksi hitsauk- sesta johtuvista epätarkkuuksista ole tyydyttävä.



Kuva 29. Pystyputken säätölaippa

Kuvassa 30 näkyy ylärunkon osia. Osat on hitsattu S355-rakenneteräslevystä. Oikealla on ylärunko, johon kiinnittyy vinssi, sivusuuttimien lineaarimoottorit, kelluntarunko sekä pystyputket. Ylärunko toimii laitteen perusrunkona, ja se on suunniteltu suojaamaan lineaarimoottoreita kolhiintumiselta.

Kuvassa 30 vasemmalla on kellukkeen osat. Kelluke koostuu ala- ja yläosasta, jotka kiinnitetään koneen ylärunkoon sekä pyörittäjään. Kellukkeessa on 80 mm joustomatka siltä varalta, jos suutinriipuke osuu maahan ja nosturi pääsee heilahtamaan maata kohti auton heilahtaessa. Tällä pyritään välttämään pystyputkien vääntymistä.

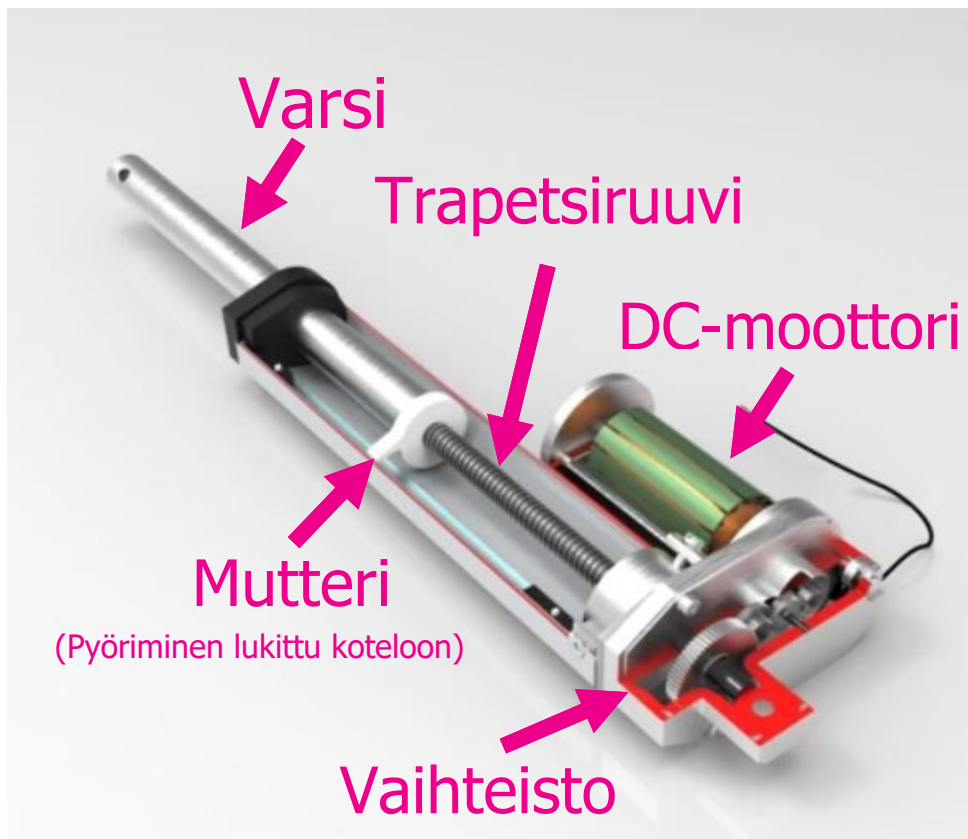


Kuva 30. Kellukkeen osat vasemmalla ja ylärunko oikealla

5.4 Toimilaitteet

Suutinriipukkeen toimilaitteiksi oli eri vaihtoehtoja. Suuttimia olisi voitu kääntää hydraulisyntereihin. Hydraulisynterit olisivat kuitenkin vaatineet suhteellisen kalliin sähköohjatun suuntaventtiilin ohjaamaan eri liikkeitä, sillä hydraulikalle on vain yksi tulolinja, joka on nosturin kouran hydraulikka. Hydraulikka olisi myös painanut huomattavasti enemmän kuin lineaarimoottorit, johtuen teräksisestä rakenteesta ja letkuista. Sähkömoottorien etuna nähtiin keveys, hyvä saatavuus, hinta, helppo hallittavuus sekä ohjelmoitavuus.

”Karamoottori on kompakti sähkömekaaninen lineaaritoimilaite” (OY Mekanex AB). Sähkömoottorin pyörivä liike muutetaan vaihteen ja trapetsiruuvin avulla lineaariseksi varren liikkeeksi (OY Mekanex AB). Karamoottoreita sanotaan myös lineaarimoottoreiksi. Varren toiminta ja tuenta on samankaltainen kuin hydraulisynterillä. Hydraulisynterissä mäntä tukeutuu sylinterin sisäseinämään. Karamoottorissa mutteri tukeutuu putken seinämiin (Kuva 31).



Kuva 31. Lineaarimoottorin toimintaperiaate. Muokattu kuva moottorin komponenteista (Firgelli Automations)

Tilaaajan toiveena oli, että laitetta käytettäisiin mielellään sähköisillä toimilaitteilla niiden helpon asennettavuuden ja suhteessa halpojen komponenttien ja huoltovapauden vuoksi. Tilaaajaryityksellä on hyviä kokemuksia Linakin moottoreista ja niiden saatavuudesta.

Suutinriipukkeen moottoreiksi valikoituivat Linak LA14 karamoottorit. Moottorit kestävät vettä hyvin ja niiden IP-luokitus on IP66. Luokka tarkoittaa pölytiivistä ja voimakkaalta vesisuihkulta suojattua laitetta (Sähköturvallisuuden edistämiskeskus ry). Moottorit kestävät hyvin lämpötilojen vaihtelua; ne toimivat -40 - +85 °C lämpötiloissa. Voimaa moottoreissa on 750N, mikä riittää helposti kevyille

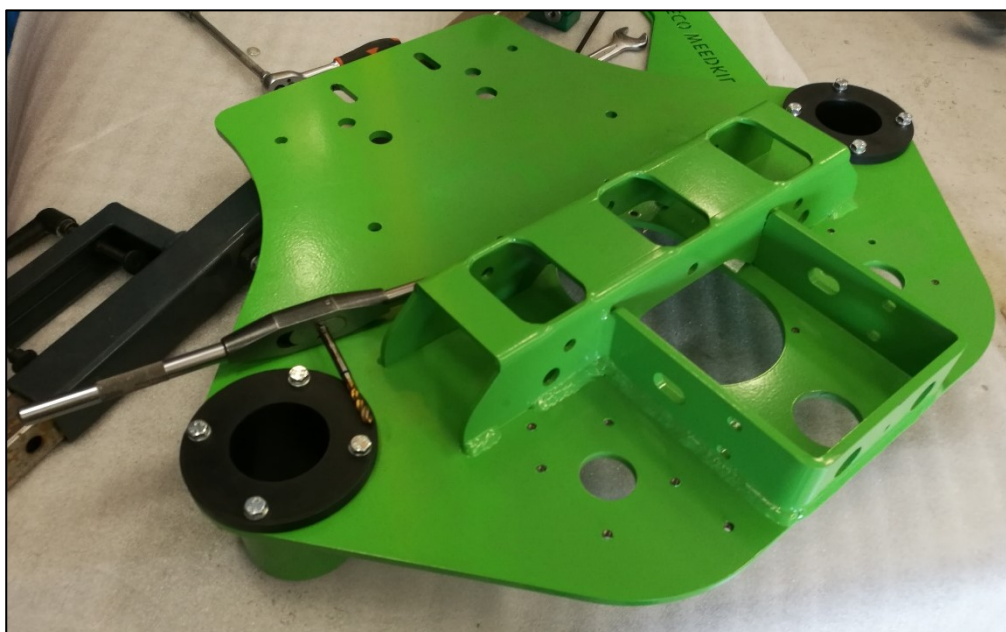
osille (Linak Oy). Moottorit sopivat todella hyvin laitteeseen, koska ne voivat altistua käytössä pölylle, lialle ja kuumalle vedelle. Moottorit suojataan roiskeilta ja kolhuilta suojaпельlein.

6 VALMISTUS, KOKOONPANO JA TESTAUS

Konevel Oy ei itse valmista yksittäisiä osia laitteisiinsa. Yrityksen liiketoiminta perustuu vahvaan alihankintaverkostoon. Laitteet, jotka yritys suunnittelee, kokoonpannaan yrityksen omissa tiloissa Iisalmessa. Projektipäällikölle annettiin kontaktit alihankkijoille, joilta osat tuli tilata. Tarjouskilpailua ei järjestetty vaan osat tilattiin suoraan valituilta valmistajilta. Kokoonpano suoritettiin yrityksen tiloissa.

6.1 Prototyypin osien valmistus

Prototyypin teräsosat tulevat Nurmeksen Metalli Oy nimiseltä alihankintakonepajalta. Osien laatu oli hyvä, ja hitsatut komponentit olivat pysyneet hyvin suorina (Kuva 32). Hitsauksessa on aina vaarana, että hitsattavat komponentit taipuvat ja vaihtavat muotoaan hitsin jäähtyessä. Tämä oli kuitenkin otettu huomioon suunnittelussa riittäville toleransseilla rei'issä sekä muissa sovitteissa.



Kuva 32. Hitsattu keskikoneiston runko

Osasta komponenteista puuttui piirustuksiin merkattuja kierteitä tai ne oli suojattu huonosti maalaukselta (Kuva 32). Tämä hidasti kasaamista huomattavasti, sillä jokainen kierre piti avata kierretavalla uudestaan. Jatkossa tämä on huomioitava osia tilatessa selkeällä tiedottamisella ja keskustelulla sekä lisäämällä kuviin selvät ohjeet.

Koneistetut muoviosat valmisti myös alihankkija Kiuruvedeltä. Muoviosista tärkein eli polyasetaalista (POM) valmistettu liukuholkki oli jäänyt kokonaan viistämättä, mikä vaikeutti kasaamista sekä käyttöä. Piirustuksiin oli jäänyt merkkeamatta sisäviisteet. Liukuholkit ovat asennettuina keskikoneiston runkoon kuvassa 32. Pienet koneistusvirheet voitiin korjata itse sorvilla.

6.2 Prototyypin kasaaminen

Laite kasattiin standardikiinnitystarvikkeilla, joita yritys käyttää päivittäin. Näitä ovat esimerkiksi ruuvit, mutterit, sähköjohtojen läpiviennit ja letkulinjojen tarvikkeet. Koneen kasaus tehtiin kahdesta isosta kokoonpanosta. Ylärunko kasataan erillisenä kokonaisuutena ja keskikoneisto erillisenä. Kasaamisen helpottamiseksi käytettiin katonosturia, jolla nostettiin ylärunko ilmaan riipuksiin. Nosturin avulla oli helppo liu'uttaa keskikoneisto paikalleen ja kytkeä vinski kiinni keskikoneistoon.

6.3 Yhteensopivuus

Kasattaessa huomattiin pieniä huolimattomuusvirheitä 3D-mallinnuksessa. Induktioanturin suojakotelo kantoi rungon hitsaussaumoihin ja koteloa jouduttiin leikkaamaan kasausvaiheessa kulmahiomakoneella ympyröidystä kohdasta (kuva 33). Myös keskikoneiston lineaarimoottoriin kiinnittyvässä välilevyssä huomattiin pieni mitoitusvirhe (Kuva 34). Isoja laitteen toimintaan vaikuttavia virheitä ei havaittu.



Kuva 33. Ympyröity kulma kantoi hitsiin



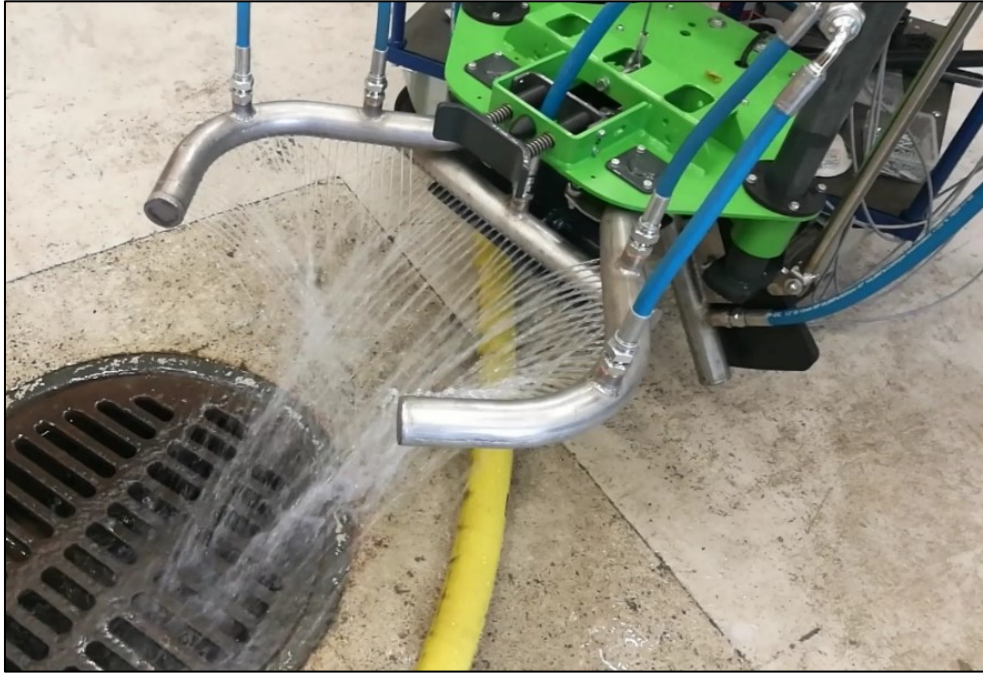
Kuva 34. Välilevyn keskireikä ei osunut kohdalleen

6.4 Laitteen toiminnan testaus

Valitettavasti laitteelle ei valmistunut ajoissa automaatioon vaadittavia sähköosia, jolloin laitetta olisi voinut testata kunnollisesti. Automaatio ei kuulunut opinnäytetyöhön. Laitetta testattiin alustavasti yrityksen sisätiloissa itse tehdyllä sähkölaatikolla. Testien tarkoituksena oli varmistaa, että liikeradat toimivat. Laitteelle tehtiin myös vesitestit noin yhden baarin paineella ja viileällä vedellä turvallisuussyiden takia. Testit osoittivat, että suuttimien toiminta oli hyvää ja suuttimista virtasi tasaisesti vettä koko suuttimen matkalta, suuttimien asennosta riippumatta. Tulevaisuudessa käytännön testeissä tullaan käyttämään kuumaa vettä. S-Suuttimien osalta huomattiin, että käyrä muoto ei välttämättä ole sen parempi kuin suora putki (Kuva 35). Suoralla suuttimella voitaisiin mahdollisesti päästä samaan lopputulokseen kuin S-suuttimella, mutta noin kolmasosalla valmistuskustannuksista.

Vinssillä toimiva keskikoneiston nosto toimi hyvin, vaikka sen toiminnasta ei oltu täysin varmoja suunnitellessa. Keskikoneiston painopiste on hieman etupainoinen, ja varsinkin vinssiä laskiessa keskikoneisto värisee tai hyppii hieman. Käytännön kannalta värinällä ei ole merkitystä. Värinä loppui, kun pystyputket voideltiin sprayvaseliinilla.

Koneen suunnittelussa jäi huomioimatta vinssin liikkeen pysäytykset ääriasentoihin. Kehitysideana oli lisätä rajakytkimet ääripäihin, joihin liikkeen tulisi pysähtyä. Toinen vaihtoehto voisi olla triggeripyörä vinssin kelaan, josta induktioanturilla voitaisiin lukea, montako kierrosta vinssi on pyörähtänyt suuntaansa.



Kuva 35. S-suuttimien ja keskisuuttimien suihku

7 YHTEENVETO JA POHDINTA

Opinnäytetyö oli tavoitteiltaan ja vaatimuksiltaan haastava projekti. Melkein tyhjästä suunniteltu laite on ainutlaatuinen ja vastaavia ei ole tiettävästi markkinoilla. Ainut tavoitevaatimus, joka ei tällä konstruktiolla toteutunut, oli laitteen paino, joka ylittyi vaatimuslistaan kirjatusta maksimipainosta. Kun keväällä päätettiin lopullisesta prototyypistä, todettiin painon olevan tässä vaiheessa epäolennainen asia.

Kirjallisessa osuudessa jouduttiin jättämään hyvin paljon suunnittelun yksityiskohtia huomioimatta, jotta teksti pysyisi helppolukuisena ja ytimekkäänä. Raportissa keskityttiin kertomaan projektin eri vaiheista ja niiden toteutuksesta. Suunnitteluprosessi oli monimutkainen ja hidas, ja sen pukeminen sanoiksi siten, että teksti olisi ymmärrettävää, oli yksi opinnäytetyön haastavimmista osuuksista.

Opinnäytetyön lopputulokseen saattoi olla tyytyväinen ainakin nykyisillä näytöillä. Liikkeet ja suuttimet toimivat testeissä niin kuin oli suunniteltu. Laitteen kokoonpano ennen lopputestiä näkyy kuvassa 36. Tulevaisuudessa testaaminen käytännön olosuhteissa osoittaa suuntaa laitteen suunnittelulle kohti tuotantomallia. Yrityksellä on aikomus lanseerata laite markkinoille tulevaisuudessa.



Kuva 36. Laite kokonaisuudessaan vesiletkujen kanssa

8 LÄHDELUETTELO

- Firgelli Automations. *Muokattu kuva*. Haettu 9. 6. 2020 osoitteesta <https://www.firgelliauto.com/blogs/news/inside-a-linear-actuator-how-a-linear-actuator-works>
- Hietikko, E. (2008). *Tuotekehitystoiminta*. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulun kuntayhtymä.
- Intermercato AB. *Kuva*. Haettu 20. 5. 2020 osoitteesta <https://www.intermercato.com/en/product/ivr-4-59/>
- Intermercato AB. *Kuva*. Haettu 10. 11. 2020 osoitteesta <https://www.intermercato.com/wp-content/uploads/2020/02/Product-sheet-IVR4.59.pdf>
- Liikennevirasto. (11. 2014). *Kaiteen korkeus*. Haettu 11. 3. 2020 osoitteesta https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2014-11_jalankulku_pyorailyvaylien_web.pdf
- Linak Oy. *Moottorien voima*. Haettu 10. 2. 2020 osoitteesta <https://www.linak.fi/tuotteet/karamoottorit/la14/>
- Ovako Oy Ab. *Hitsausohje*. Haettu 15. 2. 2020 osoitteesta http://ovako.org/PageFiles/49/Ovakon_terasten_hitsaus_15724.pdf
- OY Mekanex AB. *Karamoottori*. Haettu 9. 6. 2020 osoitteesta <https://www.mekanex.fi/tuotteet/karamoottorit/teollisuuskayttoon/>
- S.Risa AS. *Kuva*. Haettu 20. 5. 2020 osoitteesta <https://srisa.no/en/produkter/uniarm-700/>
- SFS 5269. Suomen standardisoimisliitto SFS Ry. (1989). *Valaisinpylvään halkaisija*. Haettu 15. 3. 2020 osoitteesta <https://online-sfs-fi.ezproxy.savonia.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/SFS/ID2/5/2211.html.stx>
- Sähköturvallisuuden edistämiskeskus ry. *IP-luokitus*. Haettu 25. 11. 2020 osoitteesta <https://stek.fi/perustietoa-sahkosta/sahkojarjestelmat/ip-luokitus/>

LIITE 1: PÄÄKOKOONPANON PIIRUSTUS

(Ei julkinen)

LIITE 2: YLÄRUNGON PIIRUSTUS
(Ei julkinen)

LIITE 3: S-SUUTTIMEN PIIRUSTUS

(Ei julkinen)

LIITE 4: KESKIKONEISTON RUNGON PIIRUSTUS

(Ei julkinen)

LIITE 5: LIUKUHOLKIN KONEISTUSPIIRUSTUS

(Ei julkinen)