

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Konetekniikan koulutus

Joni Parviainen

KONSETRAATIN LEVITYSKALUSTON TUOTEKEHITYS

Opinnäytetyö
Toukokuu 2020



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2020
Konetekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä
Joni Parviainen

Nimeke
Konsentraatin levityskaluston tuotekehitys

Toimeksiantaja
BioKymppi Oy

Tiivistelmä

Opinnäytetyön aiheena oli kehittää konsentraatin levityskaluston prototyyppiä BioKymppi Oy:n toimesta. Kehitystyö aloitettiin, koska prototyypin toiminnassa havaittiin parannettavia toimintoja. Kehitystyössä käytettiin apuna systemaattisen suunnitteluprosessin VDI 2222 -mallia.

Kehitystyötä varten syvennyttiin suunnitteluprosessin eri vaiheisiin ja hankittiin tarvittavat taustatiedot prototyypistä sekä muista levittämiseen tarkoitetuista laitteista. Varsinainen kehitystyö aloitettiin suunnitteluprosessin mukaisesti ja työn aikana käytettiin useita suunnitteluprosessin työkaluja. Kehitystyö sisälsi paljon 3D-mallinnusta ja näiden mallien pohjalta tehtyjä valmistuskuvia.

Työn lopputuotteena saatiin kehitettyä järjestelmä, jonka levitysleveys oli prototyyppiä suurempi ja prototyypistä havaitut ongelmat oli otettu huomioon. Kehitetty järjestelmä olisi mahdollista kytkeä kasvinsuojeluruiskun puomistoon, jota käytettäisiin lietevaunun perässä.

Kieli
suomi

Sivuja	45
Liitteet	4
Liitesivumäärä	9

Asiasanat

tuotekehitys, 3D-mallinnus, lannoitus



THESIS
May 2020
Degree Programme in Mechanical Engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+358 13 260 600

Author
Joni Parviainen

Title
Product Development of Concentrate Spreading Device

Commissioned by
BioKymppi Oy

Abstract

The subject of this thesis was to improve a prototype of concentrate's spreading device by BioKymppi Oy. The defects of the prototype were basis for starting this development work. The aid of a systematic design process VDI 2222 was used in this development work.

Different steps of the design process were familiarized with and the necessary information about the prototype and other spreading devices was collected for this work. The actual development work started according to the design process and several tools of the process were used during the work. The development work included plenty of 3D-designing work and making of manufacturing drawings.

The final product of this development work was a system which has a larger spreading width than the prototype and the defects of the prototype were considered during the work. The developed system would be possible to attach to a plant protection spray which would be used behind a slurry tanker.

Language
Finnish

Pages	45
Appendices	4
Pages of Appendices	9

Keywords

product development, three-dimensional imaging, fertilisation of plants

Sisältö

1	Johdanto	5
1.1	BioKymppi Oy	5
1.2	LiiTrack Oy	6
1.3	BioRaEE-hanke	6
1.4	Keskeiset käsitteet, konsentraatti	6
2	Tietoperusta	7
2.1	Systemaattinen suunnitteluprosessi	7
2.1.1	Tehtävän asettelu	7
2.1.2	Luonnostelu	8
2.1.3	Kehittely	12
2.1.4	Viimeistely	16
2.2	Lietevaunu	18
2.3	Kiekkomultain	19
2.4	Veitsimultain	20
2.5	Kasvinsuojeluruisku	21
3	Työn tarkoitus ja tavoitteet	23
4	Lähtötietojen kerääminen	24
4.1	Prototyyppi	24
4.2	Vaatimuslista	27
5	Kehitystyön luonnostelu	29
6	Kehitystyön kehittäminen	32
6.1	Komponenttien valinta	32
6.2	3D-suunnittelu	35
7	Kehitystyön viimeistely	38
7.1	Puomisto	38
7.2	Suodatin	41
7.3	Ostettavat komponentit ja piirustusluettelo	42
7.4	Piirustukset ja tekninen tiedosto	42
8	Pohdinta	44
	Lähteet	45

Liitteet

Liite 1	Mindmap-kartta
Liite 2	Komponenttilista
Liite 3	Piirustusluettelo
Liite 4	Esimerkkejä piirustuksista

1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena on kehittää konsentraatin levityskaluston prototyyppiä. Opinnäytetyön liittyy BioRaEE-hankkeeseen ja opinnäytetyön toimeksiantajana toimii BioKymppi Oy yhteistyössä LiiTrack Oy:n kanssa. Prototyyppi on valmistettu ja kiinnitetty Pel-Tuote Oy:n valmistamaan Livakka-merkkiseen lietevaunuun, joka on LiiTrack Oy:n omistuksessa.

Prototyyppiä haluttiin kehittää, koska sen toiminta ei ollut varmaa ja levityspeveys oli pieni. Kehitettävä levitysjärjestelmä olisi mahdollista kytkeä erilaisiin levityskalustoihin, siltä pyritään saamaan enemmän levityspeveyttä kuin prototyypiltä ja sen toimivuus suunnitellaan käyttötarkoitusta vastaavaksi.

Opinnäytetyössä avataan systemaattisen suunnitteluprosessin VDI 2222 -mallia ja sovelletaan sitä tuotekehityksen eri vaiheissa. Opinnäytetyössä keskitytään lähtötiedoista saatuihin tuloksiin ja näiden vaikutuksista levitysjärjestelmän suunnitteluun.

1.1 BioKymppi Oy

BioKymppi Oy on Kiteellä toimiva orgaanisten jätteiden käsittelyyn ja energia- ja lannoitetuotantoon keskittynyt yritys. Yritys on perustettu vuonna 2002. Biokaasulaitoksessa on mahdollista käsitellä orgaanista jätettä 19 000 tonnia vuodessa. Raaka-aineista tuotetaan biokaasua ja orgaanisia lannoitteita, jotka soveltuvat myös luomuviljelyyn. (Yritys 2020.)

Osan biokaasulaitoksen tuottamasta sähköstä ja lämmöstä laitos hyödyntää itse ja osa myydään eteenpäin. Biokaasulaitos on tehty 2-linjaiseksi, joista molemmista linjoista saadaan kiinteää sekä nestemäistä orgaanista lannoitetta peltoviljelyyn arviolta 1000–1500 hehtaarille. (Yritys 2020.)

1.2 LiiTrack Oy

LiiTrack Oy on kiteeläinen traktoriurakointiin ja metallirakentamiseen erikoistunut pienyritys. Yritys on perustettu vuonna 2014, se työllistää kaksi henkilöä ja yrityksen puheenjohtajana toimii Jarmo Virtanen. Yrityksen tuotteita ovat muun muassa PolaX-polanneterät. (LiiTrack Oy 2020.)

1.3 BioRaEE-hanke

Hankkeen tavoitteena on selvittää kierrätyslannoitteiden tarpeellisuus viljelijöille sekä arvioida kannattavuutta lannoitteiden tuotannosta ja käytön aiheuttamista vaikutuksista. Hankkeen keskiössä on viljelijöiden ja tutkijoiden yhteistyö. Hankkeessa selvitetään jatkojalostuksen kehittämistä biokaasun mädätejäännökselle. (Suomen ympäristökeskus 2017.)

1.4 Keskeiset käsitteet, konsentraatti

Konsentraatilla tarkoitetaan tässä yhteydessä nestemäistä luomulannoitetta, joka on tiivistetty biokaasulaitoksen lietteistä käyttäen kalvosuodatus-menetelmää. Konsentraatti on nopeavaikutteinen lannoite ja sillä on alhainen fosforipitoisuus. Se sopii hyvin maille, joilla on fosfori-lannoitusrajoituksia. Myös levitettävä määrä on huomattavasti pienempi kuin tavanomaisella lietteellä, mikä johtaa konsentraatin tarvitsemaan pienempään varastointimäärään. (Juvonen 2017, 14, 17, 26.)

2 Tietoperusta

2.1 Systemaattinen suunnitteluprosessi

Kehitystyön vaiheet ovat systemaattisen suunnitteluprosessi VDI 2222:n mukaan tehtävän asettelu, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. Jokaisen vaiheen jälkeen on päätettävä, jatketaanko kehitystyötä eteenpäin, toistetaanko vaihe parempien tulosten toivossa vai lopetetaanko koko kehitystyö. (Pahl & Beitz 1990, 46, 48.)

2.1.1 Tehtävän asettelu

Kehitystyö alkaa ongelmasta tai tuoteideasta. Laukaisevia impulsseja kehitystyölle voivat olla asiakkaan tilaus, oman tuotteen vanheneminen, markkinoiden muutokset, kilpailevan tuotteen etumatka, korvaavat tuotteet, talouspoliittiset tapahtumat sekä ympäristölainsäädännön soveltaminen. (Pahl & Beitz 1990, 54–55.)

Jollei kyseessä ole asiakkaan suora tilaus, on kehitystyön tarve huolellisesti selvitettävä. Kannattavuutta kehitystyölle voidaan arvioida tuotteen elinjakson tunnistamisella, tuote-markkina-matriisin avulla, oman teknisen vajavuuden tunnistamisella, tekniikan tason toteutamisella ja arvioimalla tulevaisuuden kehitystä (Pahl & Beitz 1990, 56–58).

Kehityskohteen löydyttyä tehtävänasettelu tulisi tehdä mahdollisimman laajasti ja tarkasti myöhempien vaiheiden helpottamiseksi. Tehtävänasettelun apuna on syytä laatia vaatimuslista, josta käy ilmi vaaditut tavoitteet ja rajoitukset. Tällä vältetään virheelliset suunnitelmat. Tavoitteet ja rajoitukset ilmoitetaan listassa vaatimuksina, joiden on täyttyvä kehitystyön onnistumisen kannalta, sekä toivomuksina, jotka huomioidaan mahdollisuuksien mukaan. Toivomukset voidaan vielä jakaa erittäin, keskinkertaisen ja vähemmän tärkeiksi. Tästä määrittelystä on hyötyä myöhemmin, kun arvioidaan vaatimusten täyttymistä. Vaatimuslistan

huolellinen täyttö antaa selkeän kuvan kehitystyöstä ja se on pidettävä ajan tasalla työn edetessä. Vaatimuslista toimii myös todistuksena kaikille osapuolille työn luonteesta. (Pahl & Beitz 1990, 64.)

Tavoitteet on asetettava tarpeeksi korkealle ja näiden asettamiseen on hyvä osallistaa henkilöitä eri puolilta organisaatiota (Jokinen 2001, 27, 29). Hietikon (2015, 65) mukaan tavoitteet voidaan selvittää kerätyistä asiakastarpeista tarvelauseina. Esimerkiksi asiakastarpeena voi olla tuotteen sopivuus useampaan kohteeseen. Tämä muutetaan tarvelauseena muotoon tuotteen säädettävyys.

Yhtenä keinona tavoitteiden järjestämiseksi on käyttää Quality Function Deployment (QFD) -menetelmää. QFD:n tarkoituksena on muuttaa asiakastarpeet mitattaviksi suureiksi, asettaa tärkeysjärjestys, jäsentää työtä ja verrata omaa tuotetta kilpailijan tuotteisiin. (Hietikko 2015, 81.)

Hyvän ja kattavan tehtävänasettelun tuotoksina ovat vaatimuslista, QFD ja alustavat tuotetiedot.

2.1.2 Luonnostelu

Kehitystehtävän ydinolemuksen ja ongelman saa selville analysoimalla vaatimuslistan mukaisia tavoitteita ja rajoituksia. Tämä voidaan toteuttaa kirjoittamalla tavoitteista ja rajoituksista tulevat toiminnolliset riippuvuudet lauseiksi sekä asettamalla nämä tärkeysjärjestykseen. Tavoitteet ja rajoitukset voidaan myös analysoida yhtä aikaa askelittaisen abstrahoinnin kanssa seuraavasti:

1. Jätetään toivomukset pois.
2. Jätetään pois vaatimukset, jotka eivät koske välittömästi toimintaa ja oleellisia ehtoja.
3. Muutetaan määrälliset toteamukset laadullisiksi ja supistetaan oleellisiin pitäytyviksi lausumiksi.
4. Laajennetaan tähän saakka tunnettua.
5. Muotoillaan ongelma ratkaisuun nähden neutraalisti.

Kun kehitystehtävän ydinolemus ja ongelma on saatu selville analysoimalla, voidaan pohtia alkuperäisen tehtävän laajentamista tai muuttamista, jotta saataisiin päteviä ratkaisuja. Ongelma kannattaa muotoilla mahdollisimman laveaksi, näin vältetään liian kapeakatseisia ratkaisuja ja viedään tarkastelua kauemmaksi ongelmasta. Tällöin ei käytetä vain tarjolla olevia ratkaisuja, vaan nähdään muitakin mahdollisuuksia. Viimeistään tässä vaiheessa on tunnistettava ja poistettava näennäiset rajoitukset ja jätettävä vain todelliset rajoitukset voimaan. Näennäiset rajoitukset perustuvat tottumukseen tai puutteelliseen yleisnäkemykseen. (Pahl & Beitz 1990, 74–80.)

Ongelman muotoilu sisältää halutun tavoitteen kehitystehtävälle. Tavoite voidaan esittää kokonaistoimintona, joka taas voidaan jakaa osatoiminnoiksi. Tämä mahdollistaa jokaisen toiminnon yksittäisen suunnittelun ja helpottaa eri vaihtoehtojen luomista niin, että haluttu tavoite saavutetaan. Kehitystehtävästä riippuen kokonaistoiminto voidaan hajottaa hyvinkin pieniksi palasiksi. Koska uuskonstruktiossa ei vielä tunneta osatoimintoja ja niiden riippuvuutta toisiinsa, on luonnosteluvaiheessa tärkeää löytää optimaalisin toimintorakenne. Kun taas sovelluskonstruktiossa osatoiminnot tunnetaan melko hyvin kehitettävän tuotteen analysoinnin avulla. Tällöin toimintorakennetta voidaan muunnella vaatimuslistan mukaisesti. Uuskonstruktion toimintorakenteen lähtökohta on vaatimuslista ja ongelmanmuotoilu. Sovelluskonstruktiossa lähtökohta on tunnetun ratkaisun toimintorakenne. Toimintorakenne pitää sisällään kaikki osatoiminnot kyseiselle kokonaistoiminnolle. (Pahl & Beitz 1990, 81–82, 93, 96–97.)

Osatoiminnoille on löydettävä ratkaisuperiaatteita. Tähän voidaan käyttää ideointia. Ideointi voidaan jakaa kolmeen ryhmään:

- Tavanomaiset menetelmät.
- Intuitiiviset menetelmät.
- Systemaattiset eli diskursiiviset menetelmät. (Pahl & Beitz 1990, 99.)

Tavanomaiset menetelmät pohjautuvat kirjallisuustutkimuksiin, luonnonjärjestelmien analyysiin, tunnettujen teknisten systeemien analyysiin, analogiatarkasteluihin sekä mittauksiin ja mallikokeisiin. Tavanomaisilla menetelmillä löydettyjä

ratkaisuja voidaan kehittää ja parantaa intuitiivisilla tai diskursiivisilla menetelmillä. (Pahl & Beitz 1990. 99–100, 102.)

Intuitiivisissa menetelmissä apuna käytetään yhtäläisyyksiä samantyyppisten ilmiöiden kanssa sekä alitajunnasta tulevia mielleyhtymiä (Jokinen 2001, 39). Tätä voidaan kutsua myös oivallukseksi. Oivallusta ei voi pakottaa, vaan se tulee mieleen sattumanvaraisesti. Monesti kehitystehtävässä ei ole varaa jäädä odottamaan oivallusta, vaan sen tulemistä autetaan erilaisilla menetelmillä. (Pahl & Beitz 1990, 103.) Näitä menetelmiä ovat muun muassa aivoriihi, kirjallinen aivoriihi 635, synetiikka, tuumatalkoot ja tuplatiimi (Jokinen 2001, 40). Menetelmät perustuvat keskusteluun ja ryhmädynaamisiin vaikutuksiin (Pahl & Beitz 1990, 103).

Diskursiivisissa menetelmissä systemaattisesti analysoidaan ja kasataan erilaisia ideoita. Tässä voidaan käyttää apuna kaavioita. (Jokinen 2001, 39.) Diskursiivisissa menetelmissä edetään pienin askelin kohti ratkaisua. Menetelmissä voidaan apuna käyttää muun muassa sovellettavan fysikaalisen ilmiön järjestelmällistä tutkimista, systemaattista etsintää jäsentelykaavion avulla sekä konstruktio luetteloiden käyttöä. (Pahl & Beitz 1990, 109, 112, 122.)

Ideoita etsittäessä on syytä muistaa seuraavat asiat:

- Ensimmäiseen ideaan ei saa tyytyä.
- On erotettava toisistaan ideoiden etsiminen ja niiden arviointi.
- On tietoisesti pyrittävä pois totutuista ratkaisuista.

Täytyy myös muistaa, että eri ideointimenetelmät eivät sulje toisiaan pois. (Jokinen 2001, 39–40.)

Ideoinnin aikana syntyy usein runsaasti luonnoksia ja ratkaisuvaihtoehtoja. Näiden joukosta valitaan kehitystehtävään parhaat vaihtoehdot. Useinkaan jatkokehitykseen ei valita kahta tai kolmea vaihtoehtoa enempää, koska muutoin aikataulut venyisivät ja kustannukset nousisivat. (Hietikko 2015, 109.) Valinta kannattaa aloittaa karkealla arvostelulla, jossa tervettä järkeä käyttämällä hylätään sopimattomat ratkaisut. Jäljelle jääneet ratkaisuperiaatteet voidaan arvioida yhdistelemällä eri osatoimintojen ratkaisuperiaatteita muiden osatoimintojen

kanssa. Tässä voidaan käyttää apuna F. Zwickyyn kehittämää morfologista analyysiä. Analyysissä osatoiminnot ja näiden ratkaisuperiaatteet järjestetään matriisiksi. Tämän jälkeen kokonaistoiminnon ratkaisut etsitään yhdistelemällä osatoimintojen ratkaisuja (taulukko 1). Osatoimintoja yhdistellessä kannattaa miettiä näiden keskinäistä yhteensopivuutta ja muistaa vaatimuslistan ehdot, näin saadaan valittua sopivia ratkaisuluonnoksia. (Jokinen 2001, 73–74, 76.)

Taulukko 1. Esimerkki morfologisen analyysin matriisista.

Osatoiminto	Osatoimintojen ratkaisut				
Toiminto 1	R ₁₁	R ₁₂	R ₁₃	R ₁₄	R ₁₅
Toiminto 2	R ₂₁	R ₂₂	R ₂₃	R ₂₄	R ₂₅
Toiminto 3	R ₃₁	R ₃₂	R ₃₃	R ₃₄	R ₃₅
Toiminto 4	R ₄₁	R ₄₂	R ₄₃	R ₄₄	R ₄₅
Toiminto 5	R ₅₁	R ₅₂	R ₅₃	R ₅₄	R ₅₅
Kokonaisratkaisu 1	↓		↓ Kokonaisratkaisu 2		

Ratkaisuluonnosten arviointi muuttuu aiempaa arviointia laskennallisemmaksi ja se saattaa sisältää kokeita. Tällä tavoin pyritään etsimään luonnosten hyvät ja huonot puolet sekä selvitetään ovatko nämä luotettavasti laskettavissa ja arvioitavissa niin teknisesti kuin taloudellisesti. Jos jäljellä olevia ratkaisuluonnoksia on vielä paljon, voidaan ne pisteyttää painoarvotaulukon avulla. Painoarvotaulukossa täytyy ensin painottaa vaatimuslistan mukaiset vaatimukset ja toivomukset keskenään. Tämän jälkeen jokainen ratkaisuperiaate arvostellaan pisteellä jokaisen vaatimuksen ja toivomuksen suhteen. Ratkaisuperiaatteen pisteet kerrotaan painoarvolla ja lopuksi kaikki ratkaisun pisteet lasketaan yhteen. Vaikka pisteytys asettaakin ratkaisuluonnokset järjestykseen, se ei välttämättä selvitä luonnosten paremmuusjärjestystä. (Jokinen 2001, 75, 78, 80.)

Ennen lopullisen päätöksen tekemistä on sopivin ratkaisu vielä testattava seuraavilla tavoilla:

- Haittavaikutusanalyysillä, jossa läpikäydään arvosteluperusteet ja pohditaan, voiko ratkaisu sisältää jotain negatiivisia tai positiivisia seuraamuksia.

- Herkkyysanalyysillä, jossa tutkitaan ratkaisuehdotusten järjestyksen muutos, jos vaatimukset ja toivomukset olisi painotettu toisin. Näin saadaan arvostelupisteiden raja-arvot, joiden välissä järjestys ei muuttuisi. Herkkyysanalyysi kannattaa tehdä, sillä arvostelu sisältää paljon epävarmuustekijöitä.
- Potentiaalisten ongelmien analyysillä, jossa etsitään riskialttiita tekijöitä. Tällaisilla tekijöillä on päätöksentekovaiheessa pieni esiintymistodennäköisyys, mutta olosuhteiden muuttuessa muuttavat päätöksen virheelliseksi. Potentiaalisia ongelmia kartoitettaessa apuna voidaan käyttää taloudellisia ennusteita, tekniikan kehittymisen ennusteita sekä poliittisten olojen muuttumisen ennusteita. (Jokinen 2001, 86–87.)

Luonnostelun seurauksena ovat toimintojen määrittäminen, ideoinnin tulokset, kokonais- ja osajärjestelmien ratkaisut sekä parhaan kokonaisjärjestelmän luonnos.

2.1.3 Kehittäminen

Parhaan luonnoksen valinnan jälkeen kehitystyö jatkuu suunnittelemaan luonnos yksityiskohtia myöten valmiiksi tuotteeksi. Kehittelyvaiheen tavoite on suunnitella tuotteen yksityiskohdat teknistaloudellisesti niin, että viimeistelyvaiheessa työpöytä- ja osaluettelot ovat selkeästi tehtävissä. (Jokinen 2001, 89.)

Kehittelyn työskenteleminen ensimmäisessä laaditaan valitusta luonnoksesta kokoonpano oikeaan mittakaavaan. Kokoonpanoa laadittaessa on hyvä käydä läpi vielä kerran tuotteelle asetetut vaatimukset ja toivomukset, näistä selviää kokoonpanoon vaikuttavia suureita. Vaikuttavia suureita ovat esimerkiksi teho, jännite, käyttöasento, ergonomiset mitat, liikesuunta ja raaka-ainevaatimukset. (Jokinen 2001,90.)

Seuraava työaskel on laaditun kokoonpanon teknistaloudellinen arviointi. Jos tuotteesta on olemassa vanhempi versio, myös tämä arvioidaan. Arvostelussa

ilmenevät mahdolliset heikot kohdat teknisesti tai taloudellisesti, ja niitä pyritään seuraavassa vaiheessa poistamaan. (Jokinen 2001, 90.)

Kolmas vaihe on heikkojen kohtien poistaminen. Jos heikkoja kohtia on ilmaantunut, voidaan kohdille ideoida uusia ratkaisuvaihtoehtoja ja suunnitella kohdat uudestaan. Tässä vaiheessa usein käytetty työkalu on arvoanalyysi, jota käsitellään jäljempänä. Kaikki tämä tähtää parannettuun kokoonpanoon, jonka tekninen ja taloudellinen arvo määritetään. Tulosta verrataan aikaisempaan ja jos se ei miellytä, voidaan etsiä taas uusia ratkaisuvaihtoehtoja. On myös mahdollista, että kyseinen luonnos ei ole kannattava toteuttaa vaan tilalle valitaan toinen ratkaisuluonnos. (Jokinen 2001, 90.)

Heikkojen kohtien poistamisen jälkeen suunnitellaan kokoonpanon yksityiskohdat. Tarkoituksena on etsiä kohteita, joita optimoimalla tuotteen arvo nousee. Tässä vaiheessa voidaan tehdä myös tuotteen luotettavuus- ja häiriöalttiusanalyysi. (Jokinen 2001, 91.) Lopulliseen kokoonpanoon lisätään alustava osaluettelo sekä valmistus- ja asennusohjeet. Tässä vaiheessa keskitytään myös kokoonpanon rakennemuotoiluun, josta kerrotaan myöhemmin. Kehitetyn kokoonpanon vahvistuspäätös päättää kehittämissä vaiheita. (Pahl & Beitz 1990, 180.)

Arvoanalyysiä käytetään laajasti apuna tuotekehitystoiminnan eri vaiheissa, mutta se soveltuu parhaiten kehittämissä vaiheeseen. Lawrence D. Miles kehitti arvoanalyysin selvittämään eri toimintojen kustannukset. Arvo määritellään seuraavasti kaavassa 2.1 (Jokinen 2001, 93):

$$Arvo = \frac{Toiminnot}{Kustannukset} \quad (2.1)$$

Kaavasta käy ilmi, että tuotteen arvoa lisäävät pienemmät kustannukset tai paremmat toiminnot. Arvoa saadaan nostettua vielä enemmän vaikuttamalla näihin kahteen asiaan samanaikaisesti. (Jokinen 2001, 93.)

Arvoanalyysi on ryhmätyötä ja ryhmän jäseniksi on tarkoitus saada laaja joukko asiantuntijoita organisaation eri osastoilta. Tavoitteena on pystyä arvioimaan kustannuksia monesta eri näkökulmasta. Arvoanalyysissä on seitsemän vaihetta:

1. Asiakastietojen hankinta. Arvoanalyysissä on yleensä mukana henkilöitä, jotka eivät ole mukana itse kehitystyössä. Tällöin saadaan tuotua jo merkittävää lisätietoa analyysiin.
2. Tehtävän analysointi, jossa etsitään päätoiminnot ja tarvittavat osatoiminnot. Vaiheella pyritään poistamaan tuotteen heikkouksia, hyödyttömiä toimintoja sekä kalliita ratkaisuja.
3. Ratkaisuvaihtoehtojen ideointi, jossa pyritään löytämään paremman arvon antavia ratkaisuja.
4. Ratkaisuvaihtoehtojen arvostelu. Tässä vaiheessa voidaan käyttää samoja menetelmiä kuin kehitystyön luonnosteluvaiheessa. Arvostelussa on tarkoitus selvittää kunkin toiminnon kustannukset.
5. Suunnittelu, jossa 1–3 parhaimmaksi valittua ratkaisua kehitellään konkreettiseksi tuotteeksi. Yrityksen johdon hyväksyttäväksi laaditaan lopullinen päätösehdotus toteutettavasta tuotteesta.
6. Toteutus, jossa seurataan projektia ja kerätään tietoja, saavutetaanko suunnitellut säästöt ja parannukset. Toteutusvaiheen toimintasuunnitelma aikataulutetaan ja arvoanalyysiryhmä pidetään ajan tasalla mahdollisten lisäarviointien takia.
7. Valvonta, joka liittyy kiinteästi toteutukseen. Tarkoituksena selvittää projektin taloudellinen, ajallinen ja tekninen toteutuma. (Jokinen 2001, 93–96.)

Rakennemuotoilu seuraa tiettyjä sääntöjä ja periaatteita sekä sille on ominaista toistuva harkinta ja kokeilu. Tietty toiminto yritetään aina ensin toteuttaa valitsemalla työaines ja perusrakenne. Rakennemuotoilussa tulee huomioida seuraavat asiat, jotka pätevät aina:

- Yksikäsitteisyys. Onko tuote mahdollista toteuttaa selkein teknisin toiminnoin. Yksikäsitteisyyden huomioiminen auttaa ennakoimaan vaikutuksen ja käyttäytymisen luotettavuutta.
- Yksinkertaisuus. Voidaanko tuote toteuttaa kustannustehokkaasti, ovatko osamäärät pieniä ja rakennemuodot yksinkertaisia.

- Turvallisuus. Onko tuote turvallinen ihmiselle sekä ympäristölle. Tämä velvoittaa käsittelemään kysymyksiä luotettavuuteen, kestävyyteen, tapaturmavaarattomuuteen ja ympäristön suojeluun.

Näiden kolmen asian huomioiminen ehkäisee haittoja, virheitä, vahinkoja sekä onnettomuuksia. Se myös luo hyviä toteuttamismahdollisuuksia, koska sillä saadaan sidottua toisiinsa toiminnon toteuttamisen, taloudellisuuden ja turvallisuuden vaatimukset. Ilman kyseistä sidontaa ei päästä miellyttävään ratkaisuun. (Pahl & Beitz 1990, 181, 184.)

Kolmen edellisen asian huomioimisen jälkeen voidaan suunnittelussa keskittyä pohtimaan voimien johtamista, tehtävien jakoa, sisäistä apuvaikutusta ja stabiiliisuutta. (Pahl & Beitz 1990, 217, 227, 235, 245.)

Muotoilussa kannattaa huomioida myös lämpölaajeneminen, viruminen ja lau-keaminen, korroosion vaikutus, ergonomia, teollinen muotoilu, valmistus, asennus, standardit ja kierrätys. (Pahl & Beitz 1990, 250, 263, 271, 283, 289, 296, 321, 330, 338.)

Kaikkeen tekemiseen liittyy virheen mahdollisuus, eikä kehitystyö ole poikkeus. Virheiden ja häiriöiden tunnistaminen tuotteen suunnitteluvaiheessa voi säästää suurilta kustannuksilta. Tunnistamista auttaa näkökulman vaihtaminen optimistisesta ja luovasta kriittiseksi ja korjaavaksi. Virheitä ja häiriöitä voidaan tunnistaa käyttämällä vikapuuanalyysiä. Koska toimintorakenne tunnetaan tässä vaiheessa hyvin, voidaan analyysissä tarkasteltavia toimintoja tutkia tarkemmin. Analyysissä tietty toiminto estetään tai luodaan häiriö ja etsitään kaikki mahdolliset tekijät, jotka aiheuttavat tämän JA- tai TAI-yhteyksien kautta. Tarkoituksena on tunnistaa toiminnon jokaisen haittatekijän syy-yhteys niin syväälle, että virheiden ja häiriötekijöiden juurisyyt on selvitetty. Tuotetta suunnitellessa on nyt mahdollista ehkäistä näitä tunnistettuja ongelmia. (Pahl & Beitz 1990, 349, 355–356.)

Virheiden ja häiriöiden tunnistamisen jälkeen olisi helppo suunnitella tuote niin, että nämä voidaan estää. Aina se ei ole kuitenkaan mahdollista teknisistä tai taloudellisista syistä. Tällöin jäljelle jää riski tuotteen toimimattomuudesta vaadi-

tuissa tehtävissä. Jos jotain toimintoa ei voida tehdä täysin virheettömäksi tai häiriöttömäksi, on mahdollista varautua riskeihin seuraavalla tavalla: Mietitään aikaisemmin valituista osatoiminnoista vaihtoehtoisia menetelmiä, jos tämä ei pidä sisällään samoja virheitä ja riskejä. Jos tämä ei ole mahdollista, voidaan kyseiselle osatoiminnoille suunnitella eritasoisia ratkaisuja. Voidaan luoda ratkaisu, joka on kustannustehokas, mutta samalla osatoiminnon kestävyys saattaa huonontua. Tämän rinnalle voidaan suunnitella ratkaisu, jossa vähillä toimenpiteillä voidaan kriittinen komponentti vaihtaa kestävämpään, mutta kalliimpaan. Näin tuote voidaan tuoda markkinoille halvemmilla kustannuksilla, mutta kriittisille komponenteille on olemassa myös kestävämmät ja kalliimmat ratkaisut. Vaihtoehtoisesti kestävämpää ratkaisua voidaan käyttää suoraan siellä, missä sitä on kannattavaa käyttää. Riskien huomioiminen onkin teknisen ja taloudellisen riskin yhteensovittamista. (Pahl & Beitz 1990, 356–357.)

Kehittelyvaiheen tuotoksia ovat suunnitelma valmistettavuudesta, 3D-malli ja riskiarviointi.

2.1.4 Viimeistely

Kun kehitystyön aikaisemmat vaiheet ovat käyty läpi, voidaan siirtyä viimeiseen vaiheeseen. Viimeistelyvaiheessa tuotteesta tehdään tarvittavat dokumentit sen valmistusta ja käyttämistä varten. Tällaisia dokumentteja ovat:

- työpiirustukset
- työselitykset
- asennus-, kuljetus- ja käyttöohjeet
- kokoonpanokuvat
- osaluettelot.

Dokumenttien laatimisen lisäksi päätetään raaka-aineista, valmistustavoista, toleransseista ja pintakäsittelystä. Mahdollisesti tuotteesta valmistetaan prototyyppi ja nollasarja. Vaihtoehtoisesti voidaan tehdä pienoismalleja sekä täysimittaiset koekappaleet kriittisimmistä komponenteista. (Jokinen 2001, 96.)

Viimeistelyn ensimmäinen työvaihe keskittyy yksityiskohtien viimeistelyyn. Tässä vaiheessa ratkaistaan osien valmistukseen liittyvät asiat. Punnitaan markkinoilta tai omasta tuotannosta saatavia standardiosia, selvittää käytettävissä olevat raaka-aineet ja työkoneet sekä tarvittavat ja saavutettavat toleranssit ja sovitteet. Työpiirustukset valmistuvat tässä vaiheessa. (Jokinen 2001, 96.)

Toisessa ja kolmannessa vaiheessa osista muodostetuista rakenneryhmistä tehdään kokoonpanokuvat ja osaluettelot. Rakenneryhmien muodostukseen vaikuttavat itse tuote, osien toivottu valmistusjärjestys ja -aikataulu sekä myös asennus- ja kuljetuskysymykset, kun tuote kootaan vasta käyttöpaikalla. Työselitykset täydentävät osa- ja kokoonpanopiirustuksia. Niistä selviää esimerkiksi metalliosien korroosionsuojaus ja tuotteen pintakäsittely. Näiden lisäksi tehdään asennus-, kuljetus- ja käyttöohjeet. (Jokinen 2001, 96–97.)

Neljännessä vaiheessa tarkistetaan piirustukset, osaluettelot ja ohjeet. Niiden tulee olla standardien ja varsinkin oman yrityksen työtapojen ja standardien mukaisia. Niiden on oltava myös yksikäsitteisiä, valmistusystävällisiä ja täydellisiä. Niiden tulee sisältää tarpeelliset erityisvalmistusohjeet sekä niissä on huomioitu raaka-aineiden hankinta, esimerkiksi oman varaston tarjonta. (Jokinen 2001, 97.)

Viidennessä vaiheessa halvoista tuotteista voidaan tehdä prototyyppi, testata sitä ja täydentää edellisiä työvaiheita. Prototyyppi voi olla tarpeellinen, jos halutaan selvittää tuotteen teknisiä ja taloudellisia ominaisuuksia ja/tai löytää edullisempia valmistusmenetelmiä. Kehitystehtävästä riippuen prototyyppi voidaan tehdä myös jo ennen työpiirustusten valmistamista tai luonnosteluvaiheen yhteydessä. Prototyyppiä ei kannata tehdä kalliista tuotteista, mutta näistä voidaan valmistaa pienoismalleja sekä koekappaleita. (Jokinen 2001, 96, 98.)

Sarjavalmistukseen tulevista tuotteista tehdään nollasarja kuudennessa vaiheessa. Nollasarjalla tutkitaan ja testataan valmistusmenetelmiä, saadaan tietoa valmistuskustannuksista ja tuotteen teknisistä ominaisuuksista. Massatuotannossa nollasarjan koko on muutama sata kappaletta, mutta tuotteen yksikköhinnan ollessa korkea, suuruus vaihtelee muutamasta kappaleesta muutamaankymmeneen kappaleeseen. (Jokinen 2001, 98–99.)

Seitsemännessä ja viimeisessä vaiheessa päätetään tuotteen valmistuksen aloittamisesta. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että tuotteen kehitystyö päättyisi tähän. Jos tuote halutaan pitää markkinoilla mahdollisimman kauan, on sitä muistettava jatkuvasti kehittää. Tästä syystä kannattaa kerätä tilastoa tuotteen vioista, käyttöhäiriöistä ja asiakasvalituksista. Tilastoja voidaan hyödyntää myös muissa tuotekehitysprojekteissa. (Jokinen 2001, 97, 99.)

Viimeistelyn tuloksena on ratkaisun valmistustekniikan määrittäminen ja tuotodokumentointi, mahdollinen prototyyppi ja nollasarja.

2.2 Lietevaunu

Lietevaunu on traktorin perässä vedettävä säiliöllä varustettu vaunu (kuva 1). Vaunun akseli(t) on varustettu jarruilla ja lehtijousituksella sekä moniakselisissa versioissa ohjautuvilla akseleilla. Vaunujen rakenne voidaan karkeasti jakaa kahteen ryhmään:

- vaunuihin, joissa säiliö on kiinteästi yhdistetty runkorakenteeseen, ja
 - vaunuihin, joissa säiliö ja runkorakenne ovat irrotettavissa toisistaan.
- (Joskin 2019, 27–38; Light lietevaunut 2020; Pro lietevaunut 2020.)

Markkinoilla on hyvin moninainen valikoima lietevaunuja, joiden säiliöiden vetoisuus vaihtelee käyttökohteesta ja rakenteesta riippuen 2,5 m³:n ja 32 m³:n välillä. Pienemmällä säiliöllä ja kevyemmällä rakenteella varustettu vaunu sopii paremmin vuoristosiin maisemiin tai pienemmän traktorin vedettäväksi. Suurempaa vaunua voidaan käyttää taas laakeilla alueilla tai missä tarvitaan suuria levitysmääriä. Vaunuissa säiliön tyhjennys ja täyttö hoidetaan nivelakselikäyttöisen pumpun toimesta. Pumppu tuottama paine on noin 1 bar ja tuotto lietteellä kieroksista riippuen 4–10 m³/min. Vaunun takaosassa voi olla valmiina tai erikseen lisättävissä hydraulinen nostolaite, jolla vaunuun voidaan liittää erilaisia lisävarusteita, esimerkiksi multaimia tai levittämiä. (Joskin 2019, 9–10, 12, 16, 18, 22, 27–38; Light lietevaunut 2020; Pro lietevaunut 2020.)



Kuva 1. LiiTrack Oy:n omistama Livakka-merkkinen lietekärrä (kuva: Joni Parviainen).

2.3 Kiekkomultain

Kiekkomultaimella liete levitetään maahan villettävään vakoan. Liete syötetään lietevaunun omalla laitteistolla vaunusta kiekkomultaimen jakolaitteelle, missä liete jaotellaan suuttimille lähteviin letkuihin. Multaimessa olevat jousipainatit halkaisijaltaan noin 400 mm:n kiekot viiltävät maahan 30–60 mm:n vakoja, joihin liete levitetään suuttimien avulla. Myös vantaiksi kutsutut kiekot voivat olla nivellä, jotta yhdessä jousituksen kanssa saadaan maanpintaa mukailtua hyvin (kuva 2). (Agronic AG... 2019; Multaimet 2019.)

Kiekkomultaimen työleveys vaihtelee kuudesta yhdeksään metriä valmistajasta ja mallista riippuen. Multaimen puomisto on jaettu kolmeen osaan, jotta kuljetus-asennossa reunimmaisat puomit saadaan taitettua ylös. Kiekkomultaimia on olemassa lietevaunuun kytkettäviä malleja sekä vaunun perässä vedettäviä malleja. Kiekkomultaimella voidaan levittää lietettä nurmelle, sängelle sekä muokatulle maalle. (Agronic AG... 2019; Multaimet 2019.)



Kuva 2. Livakka-kiekkomultaimen vantaat (kuva: Joni Parviainen).

2.4 Veitsimultain

Veitsimultain on toiminnaltaan samanlainen kuin kiekkomultain, siinäkin liete syötetään lietevaunusta sekä multaimen puomisto taittuu ylös helpottamaan kuljetusta. Erona kiekkomultaimen ovat vantaina käytettävät veitset (kuva 3), jotka painavat maahan 0–30 mm:n vakoja. (Slootsmid veitsimultain 2018; Tankers and... 2019, 78.)

Veitsimultaimen etuina kiekkomultaimen verrattuna voidaan pitää sen kevyempää painoa, pienempää vetotehon tarvetta, yksinkertaista rakennetta sekä helppoa ja vähäistä huoltoa. Työleveydet vaihtelevat kolmesta metristä 16:een metriin, valmistajasta ja mallista riippuen. (Slootsmid veitsimultain 2018; Tankers and... 2019, 78.)



Kuva 3. Sluismid-veitsimultaimen vantaat (kuva: Joni Parviainen).

2.5 Kasvinsuojeluruisku

Kasvinsuojeluruiskussa lannoitteen levittämisen toimintaperiaate eroaa kiekko- ja veitsimultaimesta. Kasvinsuojeluruisku sisältää säiliön ja kääntyvän puomiston, jossa sijaitsee levityssuuttimet (kuva 4). Levitettävä lannoite ruiskutetaan viljeltävän kasvin yläpuolelle, eikä pellolle tarvitse ajaa ylimääräisiä vakoja. (GEM-Trak 2020.)



Kuva 4. FarmGEM GEM-Trak 4200 -kasvinsuojeluruisku (kuva: Joni Parviainen).

Kasvinsuojeluruiskun levitysleveys vaihtelee valmistajasta ja mallista riippuen 12:sta metristä 42:ään metriin. Monessa mallissa on myös mahdollisuus käyttää puomistosta vain puolta levitysleveyttä. Lannoitteen ruiskutusmäärää säädetään oman ohjainyksikön kautta ja useissa malleissa on lisävarusteena saatavilla automatiikkaa, joka mahdollistaa GPS-paikannuksen ja automaattisen ruiskutuksen käynnistyksen sekä sammuttamisen. Kasvinsuojeluruiskuja on saatavana traktorin perään kytkettäviä, hinattavia ja itseajettavia malleja. (GEM-Trak 2020; Tecnomia Laser 2020; Toselli Wonder Plus 2020.)

3 Työn tarkoitus ja tavoitteet

Opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää laitteisto, jolla kyetään levittämään tiivistettyä lannoitetta lietevaunusta. Tätä tarkoitusta varten on jo aikaisemmin valmistettu prototyyppi, jonka tuotekehitykseen tässä työssä perehdytään.

Prototyypin valmistus oli aiheellista, koska lietevaunulla ja multaimella lietteen jakelu ei sellaisenaan sopinut konsentraatin levitykseen sen alhaisen viskositeetin takia. Multaimella konsentraattia levitettäessä ei ole mahdollista arvioida tarkasti konsentraatin levitettyä määrää, ja konsentraatti levittyy epätasaisesti eri puolilta multainta. Lisäksi multaimella levitettäessä konsentraattia levittyy pellolle tarvittavaa suurempia määriä multaimen putkistosta johtuen. Näin ollen konsentraattia kuluu turhaan ja siitä saatava hyöty kärsii.

Vaikka prototyyppi soveltuu konsentraatin levitykseen lietevaunun ja multaimen yhdistelmää paremmin, havaittiin sen käytössä ongelmia. Konsentraatin tasainen levittyminen koko puomiston matkalta tuotti edelleen ongelmia, sekä lietevaunusta tulleet epäpuhtaudet jättivät suuttimet joko auki tai kiinni. Venttiilien toiminta ei siis ollut luotettavaa. Prototyypistä kerrotaan lisää kohdassa 4.1.

4 Lähtötietojen kerääminen

Opinnäytetyö aloitettiin keräämällä tarvittavaa aineistoa ja tietoa työn kohteesta. Kehitystyön tärkeimpinä lähtökohtina voidaan pitää aikaisemmin valmistettua levittimen prototyyppiä ja sillä tehdyistä testilevityksistä saatuja tietoja. Kun kerättyjen tietojen tueksi laadittiin vaatimuslista, saatiin kaikki tarpeelliset tiedot kehitystyön lähtötietojen kartoittamiseksi.

Luvussa 3 mainittujen ongelmien lisäksi prototyypillä konsentraattia levitettäessä huomattiin myös, että lietevaunussa ollut kiekkomultain on liian järeä konsentraatin levitystä varten. Konsentraattia ei tarvitse levittää niin syvään vakoon, kuin minkä kiekkomultain tekee. Viljeltävän lajin mukaan konsentraatti voidaan jättää joko matalampaan vakoon tai maan pinnalle. Tämä mahdollistaa kevyemmän veto- ja levityskaluston, joka pidentää maaperän soveltuvuutta viljelyskäyttöön maaperän vähäisemmän painumisen takia ja vähentää riskiä pienempiin satotasoisiin.

Opinnäytetyössä ei koettu tarpeelliseksi käyttää QFD-menetelmää, koska tarvittavat vaatimukset ja haluttu lopputulos saatiin riittävän hyvin selville vaatimuslistan ja prototyypin avulla. Vaatimukset olivat selkeitä sekä useimmat niistä juontivat juurensa prototyypissä testatuista ja havaituista asioista.

4.1 Prototyyppi

Konsentraatin levittimen prototyyppi on lietevaunun perään kiekkomultaimeen asennettu laitteisto, joka levittää konsentraattia koko multaimen työleveyden alueelta (kuva 5). Prototyyppi koostuu jakotukista, suutinpukeista ja näiden väliin tulevista letkuista. Jakotukki on kytketty lietekärnin syöttöpumpulta tulevaan putkeen laipan avulla. Jakotukissa on kolme kappaletta 75 mm:n letkulähtöä suutinpukkeja varten sekä painemittari tukin päällä (kuva 6).

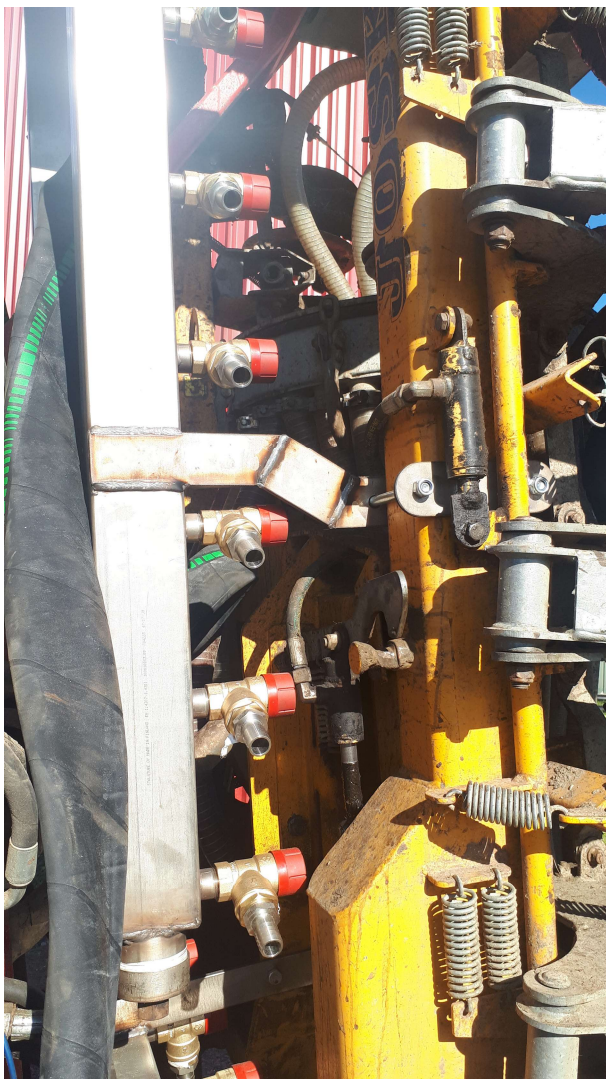
Jakotukilta lähtevät letkut laskeutuvat lietevaunun takaosaa pitkin suutinpukeille. Suutinpukeistossa on kolme kappaletta erillisiä pukkeja, jotka ovat kiinnitetty panta-kiinnityksellä multaimen oman puomiston ympärille. Kuvassa 7 nähdään myös suuttimet. Suuttimina toimivat 1”:n paineenrajoitusventtiilit. Suuttimia on sivupukeissa 10 kappaletta ja keskipukissa 12 kappaletta 200 mm:n jaolla. Suuttimien lähdöt ovat pukien takana. Jokaisessa pukissa tuloletkun kiinnitys sijaitsee pukin päällä ja pituussuunnassa keskellä, sekä pukien huuhtelua varten pukin päihin on lisätty 75 mm:n letkulähdöt.



Kuva 5. Prototyyppi kiinnitettynä kiekkomultaimen (kuva: Joni Parviainen).



Kuva 6. Prototyypin jakotukki (kuva: Joni Parviainen).



Kuva 7. Sivupukki kuljetusasennossa (kuva: Joni Parviainen).

Prototyypillä oli hyvin päästy testaamaan konsentraatin levittymistä ja imeytymistä sekä havaittu näihin liittyviä ongelmia. Prototyypissä huomattiin ongelmia tasaisen levittymisen kanssa. Konsentraatti pyrki ensimmäisenä ulos tuloletkua lähimpänä olevasta suuttimesta, joten suutinpukiston keskeltä lannoitetta suihkusi runsaammin kuin pukiston päistä. Järjestelmästä puuttuvan suodattimen vuoksi epäpuhtaudet tukkivat suuttimia aiheuttaen lisää epätasaista levittymistä. Lisäksi suuttimien ollessa paineenrajoitusventtiilejä, jokaisen suuttimien avautumispaineet oli säädettävä erikseen. Tämäkin lisäsi riskiä epätasaiselle levittymiselle. Epätasaisen levittymisen lisäksi levitettyä määrää oli hankala arvioida tarkasti.

4.2 Vaatimuslista

Vaatimuslistan pohjana käytettiin prototyypistä havaittuja ongelmia sekä haluttavia parannuksia. Vaatimuslista laadittiin yhdessä BioKymppi Oy:n toimitusjohtajan Mika Juvosen kanssa. Vaatimuslista on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Vaatimuslista.

Tärkeys	Vaatimus
VV	Lisää levitysleveyttä
VV	Sopivuus olemassa oleviin lietekärreihin
VV	Yksinkertainen ja toimintavarma tekniikka
VV	Kytkevä sellaiseen laitteeseen, jolle viljelijä saa multaustuen
VV	Typin haihtuminen estettävä
VV	Suuttimien tukkiutuminen estettävä
T	Etäohjattava, kasaan taitettava puomisto
VV	Järjestelmässä paineensäädin, muttei suutinkohtainen
VV	Järjestelmässä elektroninen virtausmittari
VV	Jämäkämmät syöttöletkut

Suurin osa vaatimuslistan kohteista asetettiin tärkeyden puolesta vähimmäisvaatimukseksi (VV). Vaikka lopputuloksen kannalta tämä saattaa tuottaa enemmän suunnittelua, on jokainen vähimmäisvaatimus oleellinen halutun lopputuloksen kannalta.

Levittimeen tarvitaan lisää leveyttä ja sen täytyy olla kytkettävissä valmiisiin lietekärreihin. Koska kärrejä ja näiden levityspuomistoja on olemassa erikokoisia, on uuden levittimen oltava muunneltavissa näihin sopivaksi. Muunneltavuus ja sopivuus olemassa oleviin lietekärreihin varmistaa kytkemisen sellaisiin laitteisiin, joihin viljelijän on mahdollista saada multaustukea. Listan ainoa toivomus (T), etäohjattava ja kasaan taitettava puomisto, voidaan myös helpoiten toteuttaa soveltamalla uusi levitysjärjestelmä valmiisiin puomistoihin.

Uuden levitysjärjestelmän tekniikan haluttiin olevan yksinkertaista ja toimintavarmaan. Tarkoituksena oli välttyä hitailta säätötoimenpiteiltä sekä huolloilta levityskalustoa käytettäessä. Vaikka levityskalustoa ei tarvita vuoden ympäri ja aikaa jää myös kausihuolloille, halutaan järjestelmän toimivan moitteetta silloin, kun sitä käytetään. Käyttöjakson aikana kalusto voi olla liikkeellä pitkiäkin aikoja yhtäjak-

soisesti, eikä ylimääräistä aikaa välttämättä ole tuhlettavaksi temppuilevan laitteiston korjaamiseksi. Tähän viitataan myös vaatimalla tukkeutumattomia suuttimia ja jämäkämpsiä syöttöletkuja.

Uutta levitysjärjestelmää halutaan myös tarkkailla. Uuteen järjestelmään halutaan elektroninen virtausmittari sekä paineensäädin. Paineensäätimen halutaan olevan toteutettu eri lailla kuin prototyypissä, missä säätimet olivat suutinkohattiset. Lisäksi konsentraatin typen mahdollinen haihtuminen on estettävä.

Vaatimuslistasta huomataan, että useammat vaatimukset liittyvät jollain tasolla toisiinsa. Tämä helpottaa kaikkien vaatimusten täyttämistä. Vaikkei vielä tässä vaiheessa kehitystyötä pitäisi miettiä tulevaa kokonaisuutta liian pitkälle, on sitä kuitenkin tarpeellista hahmotella. Näin sisäistää tarvittavat vaatimukset ja kehitystyön luonnosteluvaihe on luontevampaa aloittaa.

5 Kehitystyön luonnostelu

Vaatimuslistan perusteella käy ilmi, että kehitystyön lopputuotteena halutaan levitysjärjestelmä, joka on muunneltavissa erityyppisten laitteistojen kanssa käytäväksi ja on varmatoiminen. Vaatimuslistan pohjalta aloitettiin kehitystyön ideointia.

Ideointimenetelmäksi valittiin Mindmap-menetelmä. Keskelle Mindmap-karttaa (liite 1) asetettiin ”Luotettava ja muunneltava levitysjärjestelmä” ja tämän ympärille lisättiin vaatimuslistan jokainen kohta. Jokaiseen kohtaan lisättiin niitä koskevia asioita, jotka tulivat mieleen. Jokainen kohta käytiin läpi ja näiden alle lisättiin uusia osioita. Tällä menetelmällä saatiin hyvin lyhyessä ajassa monta vaihtoehtoa yhdelle vaatimuslistan kohdalle.

Vaihtoehtoja alettiin jaotella kokonais- ja osatoiminnoiksi. Mindmap-karttaan täytetyt ideat kerättiin taulukoksi ja asetettiin osatoiminnoiksi tai näiden ratkaisuvaihtoehtoiksi. Taulukkoa 3 täytettäessä lisättiin vielä joitain ratkaisuvaihtoehtoja Mindmap-kartan ulkopuolelta. Ratkaisuvaihtoehtoja arvioitiin ja valittiin parhaimmat jatkoa varten. Näin saatiin hahmoteltua kokonaisratkaisu kehitystyötä varten.

Taulukko 3. Osatoimintojen vaihtoehdot.

Kokonaistoiminto	Osatoiminto	Osatoimintojen ratkaisut		
Sopivuus lietekärräihin	Jatkettavat puomistot	Kytkeminen sarjaan, päissä liitosmahdollisuus	Kytkeminen rinnan, jokaiselle oma letku jakopukista	
	Liittäminen lietekärräin	Pantaliitos	Valmiit kiinnitysreiät	
Typen haihtuminen estettävä	Suuttimien sijoitus	Lähellä maantasoa	Puomiston korkeudella	
Luotettava ja toimintavarma	Tukkeutumaton virtaus	Isot suuttimet	Suodatin järjestelmässä	
	Huollettavuus	Vakio-osat	Yksinkertaiset custom-osat	
	Puomiston muoto	Neliöputki	Pyöröputki	
	Puomiston materiaali	RST	Haponkestävä	Muovi
Virtausmittari	Mittarin paikka	Mittari traktorin hytissä, anturi puomistossa	Selkeästi näkyvillä vaunussa	Mahdollisuuksien mukaan käytetään lietevaunun anturia
Paineensäädin	Säätimen paikka	Suutinpukeissa	Jakopukissa	
Käännettävä puomisto	Kääntymisen toteutus	Erillinen kääntyvä tukirunko	Kiinnitys valmiisiin puomistoihin	

Valittuja ratkaisuvaihtoehtoja olivat:

- Jatkettavien puomistojen kytkeminen sarjaan. Puomistot sisältäisivät useamman pienemmän putken ja putkien päissä olisi liitosmahdollisuus seuraavaa putkea varten.
- Puomistot kiinnitettäisiin lietekärreihin pantaliitoksella. Tämä mahdollistaisi liittämisen erityyppisiin ja halkaisijoiltaan erilaisiin lietevaunun puomistoihin.
- Suuttimet sijoitettaisiin mahdollisimman lähelle maantasoa. Näin konsentraatti levittyy suoraan pinnalle ja haihtuminen on vähäisempää, kuin korkealta ruiskuttaessa.
- Tukkeutuvat suuttimet estettäisiin lisäämällä järjestelmään suodatin.
- Järjestelmässä käytettäisiin vakio-osia niiltä osin, kuin on mahdollista. Muussa tapauksessa käytettäisiin yksinkertaisia valmistettavia osia. Vakio-osien saatavuus on hyvä sekä niiden vaihtaminen on helppoa ja nopeaa.
- Puomisto valmistettaisiin ruostumattomasta pyöröputkesta.
- Virtausmittarina käytettäisiin lietevaunusta löytyvää mittaria. Kehitettävä levitysjärjestelmä liitettäisiin lietevaunuun, jonka omaa virtausmittaria voidaan myöhemmin hyödyntää konsentraatin levityksen automatisoinnissa.
- Paineensäätimille valittiin paikaksi suutinpukit.
- Käännettävä puomisto toteutettaisiin kiinnittämällä suutinpukit lietevaunun puomistoihin. Tämä keventää suunniteltavan järjestelmän painoa sekä helpottaa levitysjärjestelmän käsittävyyttä.

Kehitystyön luonnostelun alkuvaiheessa päätettiin rajata levityskaluston kytkeminen ainoastaan kasvinsuojeluruiskuun soveltuvaksi, vaikka aluksi tarkoitus olikin suunnitella järjestelmä soveltuvaksi useampaan eri puomistoon. Rajaamalla aluetta saavutetaan parempi soveltuvuus haluttuun puomistoon sekä nopeutetaan suunnitteluprosessia. Kasvinsuojeluruiskuun liitettyä levityskalustoa käytetään edelleen lietevaunun kanssa, kasvinsuojeluruiskun puomisto nostetaan lietevaunun perään ja tähän liitetään uusi järjestelmä. Multaimiin soveltuvaa kiinnitystä ei

koettu tarpeelliseksi tässä vaiheessa; prototyyppiä voidaan edelleen käyttää kiekkomultaimeen kytkettynä. Kehitystyön valmistuttua toimeksiantajalla olisi kaksi konsentraattia eri tavalla levittävää kalustoa, tämä koettiin uuden levityskaluston muunneltavuutta tärkeämmäksi.

6 Kehitystyön kehittäminen

6.1 Komponenttien valinta

Uuden levitysjärjestelmän komponenttien valinta aloitettiin määrittelemällä tarvittavat halkaisijat levityspuomistoille. Halkaisijasta aloitettiin, koska tämän mukaan määräytyy tarvittavien osto-osien koko. Määritystä varten tiedettiin, että pellolle levitettävä konsentraatin määrä on $10 \text{ m}^3/\text{ha}$, traktorin ajonopeus on 8 km/h ja kasvinsuojeluruiskuun tulevan puomiston levitysleveys on 24 metriä . Aluksi laskettiin tarvittavien ajokertojen määrä 24 metriä leveällä puomistolla yhden hehtaarin alueella (kaava 5.1). Seuraavaksi laskettiin, kuinka paljon tähän kuluu aikaa, kun traktorin ajonopeus on 8 km/h eli $2,2 \text{ m/s}$ (kaava 5.2). Tästä saadaan laskettua tarvittava kokonaistilavuusvirta järjestelmään kaavassa 5.3, kun levitettävä määrä on 10 m^3 . Tilavuusvirran tulokseksi saatiin $0,053 \text{ m}^3/\text{s}$ (3180 l/min).

$$\frac{10000 \text{ m}^2}{24 \text{ m}} = 416,7 \text{ m} \sim 417 \text{ m} \quad (5.1)$$

$$\frac{417 \text{ m}}{2,2 \text{ m/s}} = 189,5 \text{ s} \sim 190 \text{ s} \quad (5.2)$$

$$\frac{10 \text{ m}^3}{190 \text{ s}} = 0,053 \text{ m}^3/\text{s} \quad (5.3)$$

Laskettu kokonaistilavuusvirta jakautuu puomiston jokaiselle suuttimelle. Puomiston ollessa 24 metriä leveä, se jakautuu neljään suutinpukkiin. Jokainen suutinpukki on kuusi metriä leveä ja sisältää 19 suutinlähtöä 300 mm:n välein, suutinlähtöjä järjestelmässä on siis yhteensä 76 . Tilavuusvirta yhdelle suutinlähdölle on $0,0007 \text{ m}^3/\text{s}$ (42 l/min) (kaava 5.4). Kaavassa 5.6 on laskettu yhden suutinlähdön halkaisija käyttämällä apuna tilavuusvirran yhtälöä (kaava 5.5). Suositeltu virtausnopeus putkistossa yli 10 l/min tilavuusvirralla ja alle 160 bar paineella on $3\text{--}5 \text{ m/s}$. Laskennassa päätettiin käyttää 4 m/s virtausnopeutta.

$$\frac{0,053 \text{ m}^3/\text{s}}{76} = 0,0007 \text{ m}^3/\text{s} \quad (5.4)$$

$$q_V = A * v \quad (5.5)$$

jossa

q_V	=	tilavuusvirta
A	=	poikkipinta-ala
v	=	virtaaman nopeus.

$$D = 2 * \sqrt{\frac{q_V}{\pi * v}} = 2 * \sqrt{\frac{0,0007 \frac{m^3}{s}}{\pi * 4 \frac{m}{s}}} = 0,0149 \text{ m} \quad (5.6)$$

Yhden suutinlähdön halkaisijaksi saatiin 14,9 mm, tätä kokoa lähimpänä on ½” (12,7 mm). Tässä tapauksessa suutinlähdöllä tarkoitetaan kierteellistä hitsattavaa nippa, johon voidaan tarvittaessa liittää letku tai kasvinsuojeluruiskun suutin.

Samalla periaatteella laskettiin suutinpukkien ja jakotukin putkien halkaisijat. Yhden suutinpuikin tilavuusvirta on neljäsosa kokonaistilavuusvirrasta, 0,0133 m³/s (798 l/min) (kaava 5.7). Yhden suutinpuikin putken halkaisijaksi saadaan 65,1 mm (kaava 5.8). Vastaavasti jakotukin putken halkaisijaksi saadaan 129,9 mm (kaava 5.9).

$$\frac{0,053 \text{ m}^3/\text{s}}{4} = 0,0133 \text{ m}^3/\text{s} \quad (5.7)$$

$$D = 2 * \sqrt{\frac{q_V}{\pi * v}} = 2 * \sqrt{\frac{0,0133 \frac{m^3}{s}}{\pi * 4 \frac{m}{s}}} = 0,0651 \text{ m} \quad (5.8)$$

$$D = 2 * \sqrt{\frac{q_V}{\pi * v}} = 2 * \sqrt{\frac{0,053 \frac{m^3}{s}}{\pi * 4 \frac{m}{s}}} = 0,1299 \text{ m} \quad (5.9)$$

Suutinpukkia varten lähin hitsatun ruostumattoman teräspanputken ulkohalkaisija on 76,1 mm (DN 65) ja jonka sisähalkaisija kahden millimetrin seinämällä on 72,1 mm. Tämä koko valittiin suutinpukkia varten. Jakotukille lähin putken ulkohalkaisija on 127,0 mm (DN 125/ 5”), kahden millimetrin seinämävahvuudella sisähalkaisija on 123,0 mm.

kaisijaksi jää 123,0 mm, joka valittiin jakotukkia varten. Koska lietevaunun pumppun tuottama paine on verrattain pieni (1 bar), putken seinämävahvuuteen ei tarvitse käyttää erityistä huomiota.

Järjestelmän suodattimeksi ei löytynyt sopivaa kaupallista valmistetta. Suodatin ei tässä tapauksessa tarvinnut olla kovinkaan tiheä, joka sulki pois paperiset patruunasuodattimet sekä muoviset verkkosuodattimet. Lisäksi suuret tilavuusvirrat hankaloittivat sopivien suodattimien löytämistä. Tämän takia järjestelmään päätettiin suunnitella reikäputki-tyyppinen suodatin, joka olisi helppo tyhjentää. Suodattimen toimintaperiaatteena on, että tuleva konsentraatti virtaa kammioon, josta se jatkaa reikäputken läpi jakotukille. Sopiva reikäkoko reikälevyissä on neljä millimetriä. Asianmukaisen reikälevyn löydyttyä Cronvallin valikoimasta, laskettiin reikälevystä muodostettavan putken pituus. Pituus määräytyy rei'istä tulevan yhteispinta-alan mukaan, jonka on oltava vähintään tuloputken pinta-alaa vastaava. Tässä tapauksessa tuloputkenä käytettiin samaa putkea kuin jakotukissa, joten pinta-alaa tuloputkella on 11 882,3 mm². Reikäputken pituutta määritettäessä päätettiin käyttää varmuuskerrointa 2, jotta suodatin olisi toimintavarma myös pienen tukkeutuman sattuessa. Reikien pinta-ala tulisi siis olla 23 764,6 mm². Putken pinta-ala määräytyy putken kehän ja pituuden tulosta ja tiedettiin, että reikälevystä 40 %:a on avointa pinta-alaa. Kaavassa 5.10 on laskettu tarvittava pituus reikäputkelle, kun käytetään halkaisijana 123 mm:ä. Tarvittavaksi pituudeksi suodatinputkenä toimivalle reikäputkelle saatiin 154 mm.

$$\left(\frac{23764,6 \text{ mm}^2}{\pi \cdot 123 \text{ mm}}\right) * 2,5 = 153,75 \text{ mm} \sim 154 \text{ mm} \quad (5.10)$$

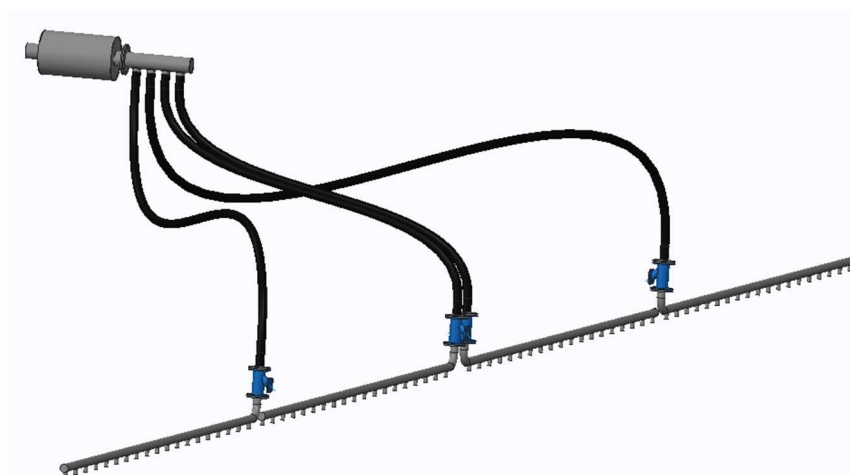
Sopivan varoventtiilin löytäminen tuotti ongelmia suuren putkikoon ja alhaisen avautumispaineen takia. Venttiili tulisi avautua 0,5–1 bar:n paineella, mutta suurin osa markkinoilla olevista venttiileistä avautuu vasta 1,5 bar:n jälkeen. Lisäksi näiden venttiilien koko ei vastannut tarvittavaa. Tässä vaiheessa arvioitiin uudestaan varoventtiilin tarpeellisuutta. Venttiilillä haluttaisiin estää letkujen vuotaminen, kun letkuja irrotetaan järjestelmästä sekä järjestelmän valuminen tyhjäksi levityksen loputtua. Näitä tarkoituksia varten löytyi myös muita venttiilejä. Järjestelmään valittiin pallotakaiskuventtiili, joka sallii virtauksen yhteen ja estää sen

toiseen suuntaan. Toimeksiantajan aikaisemman hyvän kokemuksen vuoksi sopivaksi venttiiliksi valikoitui Econosto Oy:n katalogista tyyppin 11133 -venttiili laippaliitännällä DN 65 -koossa. Venttiilin toiminta perustuu rungon sisällä vapaasti liikkuvaan palloon, joka siirtyy sivuun toimintasuuntaan virtaavan nesteen edestä ja palaa takaisin venttiilin tuloaukon suulle estosuuntaan virtaavan nesteen estämiseksi. Toimiakseen venttiilin täytyy olla asennettu niin, että pallo pääsee vapaasti tippumaan tuloaukon suulle.

6.2 3D-suunnittelu

3D-suunnittelu toteutettiin Creo 3 -ohjelmalla. Aivan aluksi tulevasta järjestelmästä suunniteltiin tilamalli. Tilamallin tarkoituksena on saada karkea hahmotella tulevan järjestelmän ulkonäöstä ja järjestelmän tarvitsemasta tilasta. Lisäksi komponenttien paikkaa voidaan hahmotella ja siirrellä tilamallissa kohtuullisen helposti. Ensimmäisessä tilamallissa (kuva 8) keskityttiin komponenttien sijoitteluun ja puomiston mahdolliseen rakenteeseen.

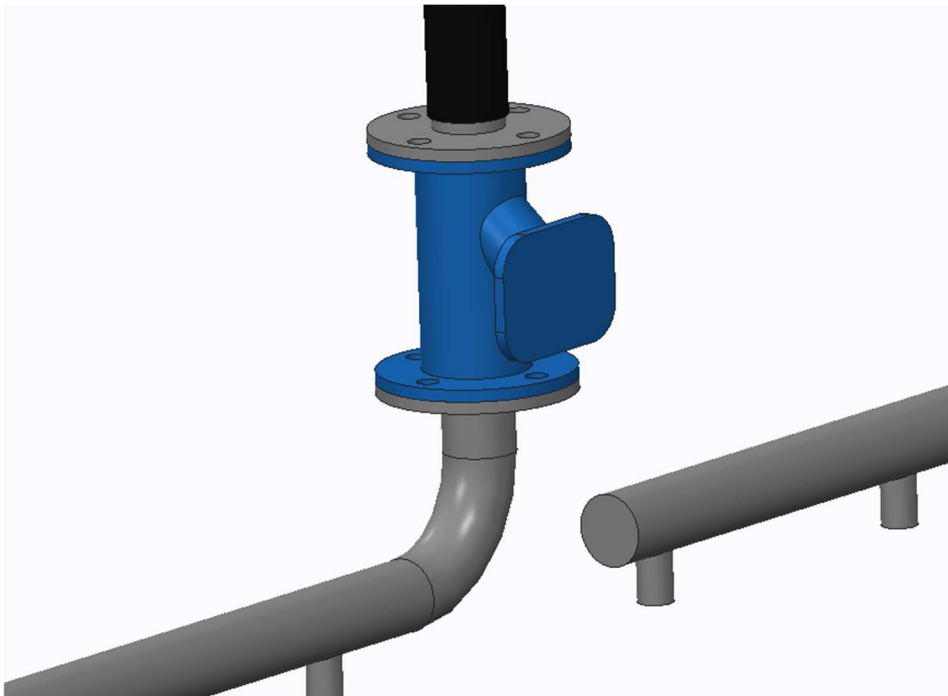
Tilamallissa järjestelmän suodatin sijoitettiin lietevaunulta tulevan putken jatkoksi. Suodatin sisältää ulkokuoren ja suodatinputken. Suodatin liitettiin laippaliitoksella jakotukkiin, jossa on letkulähdöt jokaiselle suutinpukille. Suutinpukkeja on neljä kappaletta, kukin on kuusi metriä pitkä ja sisältää 19 suutinta. Suuttimina toimivat letkulähdöt ja näillä saatu levitysleveys on enimmillään 24 metriä. Jakotukin ja suutinpukin välissä on lokaletkua ja pallotakaiskuventtiili pystyasennossa.



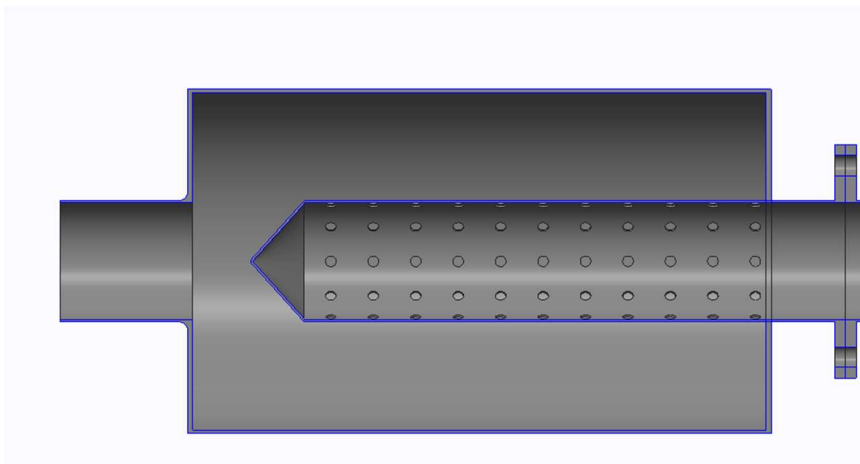
Kuva 8. Ensimmäinen tilamalli (kuva: Joni Parviainen).

Tilamallin pohjalta käytiin palaveria yhdessä toimeksiantajan kanssa. Huomionarvoiksi kohdiksi palaverissa muotoutui:

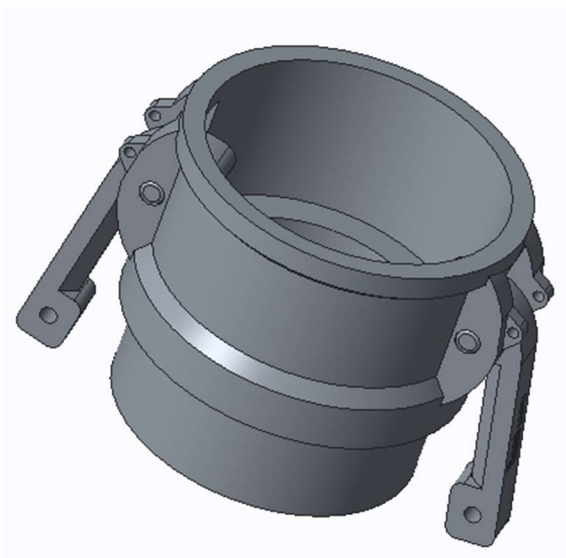
- Pallotakaiskuventtiin nykyisen asennon muuttaminen suotuisammaksi venttiin toiminnan kannalta (kuva 9), venttiiliä käännettäisiin 180 astetta ja tarkasteltaisiin sijoituspaikan soveltuvuutta kasvinsuojeluruiskun puomistoon.
- Suodatinkoteloon (kuva 10) lisätään tyhjennysproppu alaosaan ja suodattimen tulopuolelle kiinnityslaippa. Laipan vastakappaleeseen camlock-liitin (kuva 11).
- Jakotukin (kuva 12) suljettuun päähän lisätään kiinnityslaippa järjestelmän mahdollista jatkamista varten. Kiinnityslaippaan tulppauslevy, jossa proppu nopeaa tyhjennystä varten.
- Jakotukin lähdeiksi vaihdetaan suorien putkien tilalle hitsattavat kierrelähdöt camlock-liittimiä varten.
- Suutinpukkien tuloihin vastaavasti hitsattavat kierrelähdöt camlock-liittimille.



Kuva 9. Pallotakaiskuventtiin paikka tilamallissa (kuva: Joni Parviainen).



Kuva 10. Suodatinkotelon poikkileikkaus (kuva: Joni Parviainen).



Kuva 11. Naaraspuolinen Camlock-liitin (kuva: Joni Parviainen).

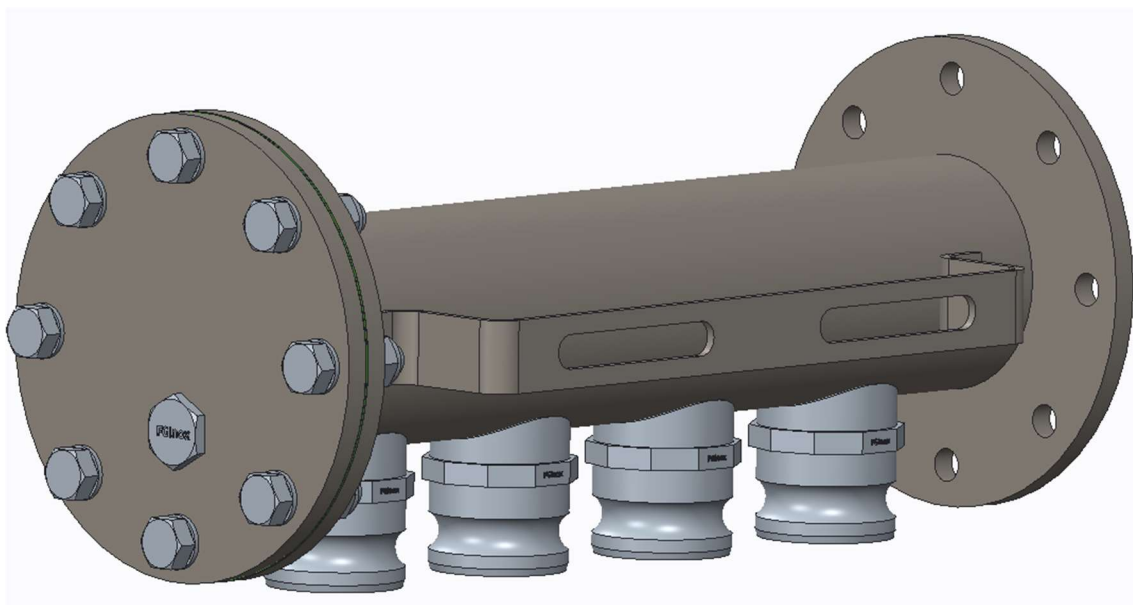


Kuva 12. Jakotukki neljällä lähdöllä (kuva: Joni Parviainen).

7 Kehitystyön viimeistely

7.1 Puomisto

Järjestelmän puomisto jakautui kahteen osa-alueeseen: jakotukkiin (kuva 13) ja suutinpukkeihin. Jakotukki suunniteltiin 5” ruostumattomasta teräsputkesta, jonka molempiin päihin lisättiin hitsattavat DN-laipat. Laipoilla jakotukki voidaan kiinnittää suodattimeen ja tarpeen tullen järjestelmää voidaan laajentaa myös jakotukin jälkeen. Tässä vaiheessa jakotukin jatkon puolelle lisättiin umpinainen DN-laippa, johon laitettiin tyhjennysproppu tukin tyhjennystä varten. DN-laippojen väliin sijoitettiin laippatiiviste. Jakotukista otettiin neljä lähtöä suutinpukkeja varten ja näihin lisättiin hitsattavat DN 65 -kokoiset urospuoliset Camlock-liittimet. Camlock-liittimillä liitetty lokaletku vie virtaavan konsentraatin suutinpukeille pallotakaiskuventtiin kautta. Lopuksi jakotukkiin lisättiin kiinnitysrauta lietevaunuun liittämistä varten sekä tarvittavat kiinnitystarvikkeet laippojen asentamiseksi.



Kuva 13. Jakotukki (kuva: Joni Parviainen).

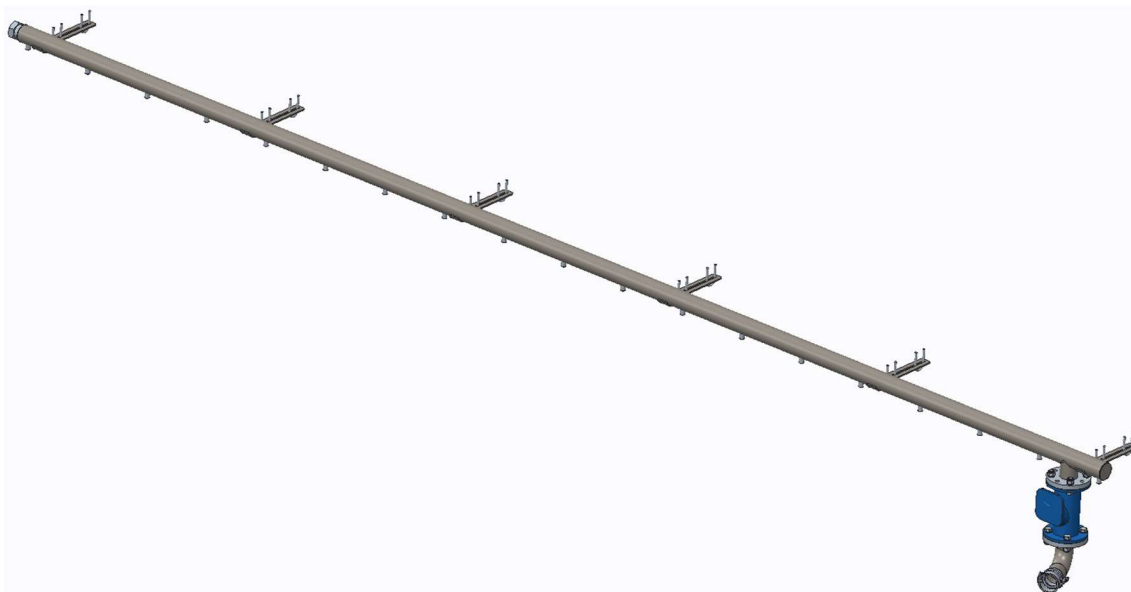
Suutinpukkeja suunniteltiin kolmea eri pituutta: kaksimetrinen, neljämetrinen ja kuusimetrinen suutinpukki. Jokaista suutinpukkia tarvitaan kaksi kappaletta järjestelmässä. Kaksi- ja nelimetriset suutinpuakit toimivat pareina (kuva 14) ja kuusimetrinen suutinpukki yksinään (kuva 15). Kasvinsuojeluruiskun puomistosta

löytyy nivelletyt runko-osat kaksi metriä puomin molemmista päädyistä. Nivelletyillä rungoilla pyritään ehkäisemään vaurioita puomiston päätyjen törmätessä muihin kohteisiin. Tämän takia levitysjärjestelmän uloimmat suutinpukit suunniteltiin kaksiosaisiksi. Suutinpukki koostui DN 65 -kokoisesta ruostumattomasta teräsputkesta, jonka tulopuolella on neli- ja kuusimetrisissä pukeissa DN 65 -laippa pallotakaiskuventtiin kiinnittämistä varten ja kaksimetrisessä DN 65 -kokoinen naarapuolinen Camlock-liitin lokaletkun kiinnittämistä varten. Lähtöpuolelle kaksi- ja kuusimetrisiin pukkeihin lisättiin ulkokierteellinen DN 50 -kokoinen hitsattava nippa ja hattu, ja nelimetriseen pukkiin lisättiin urospuolinen DN 65 -kokoinen Camlock-liitin lokaletkun liittämistä varten. Lokaletkulla konsentraatti viedään nelimetrisestä pukista kaksimetriseen pukkiin puomiston nivelletyn kohdan ohitse.

Suuttimiksi suutinpukkeihin lisättiin ½” hitsattavat nipat ulkokierteellä. Suuttimien etäisyys toisistaan oli 320 mm ja lukumäärät vaihtelivat pukin pituuden mukaan: kaksimetrisessä kuusi kappaletta, nelimetrisessä 13 kappaletta ja kuusimetrisessä 19 kappaletta. Nippojen avulla suuttimiin voi tarvittaessa liittää letkun tai kasvinsuojeluruiskun suuttimen. Suutinpukkeihin lisättiin uralliset kiinnitysvaivat ja U-pultit kasvinsuojeluruiskun puomistoon kiinnittämistä varten.

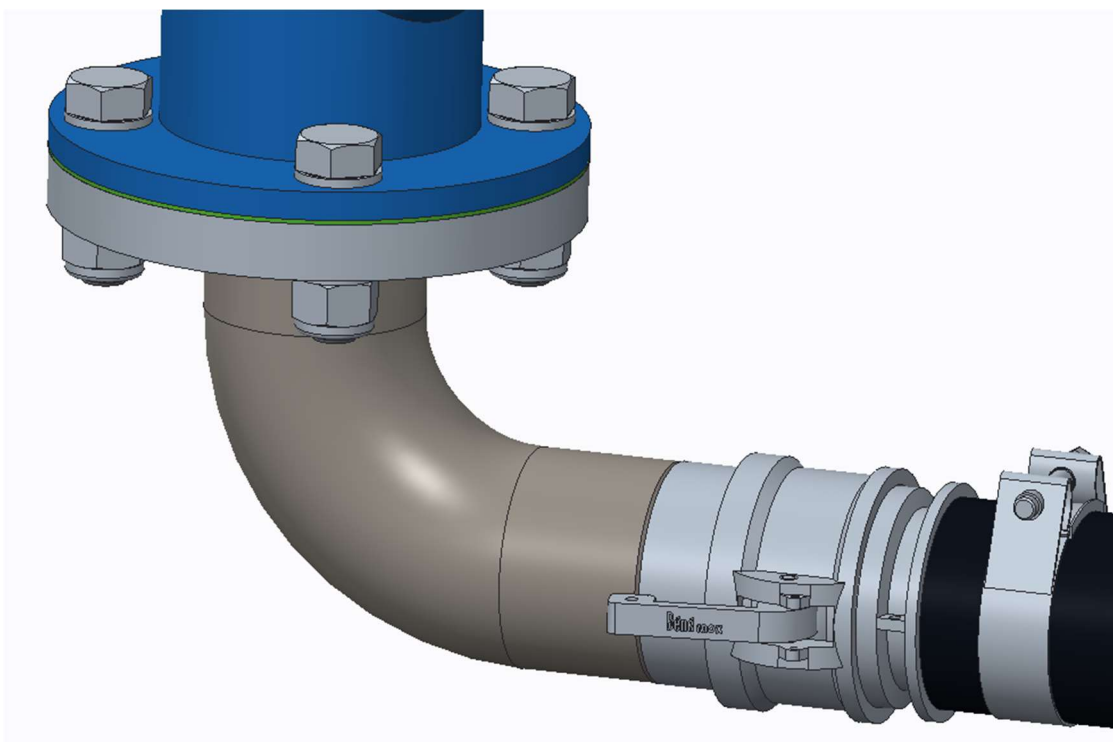


Kuva 14. Kaksi- ja nelimetrinen suutinpukkipari (kuva: Joni Parviainen).



Kuva 15. Yleiskuva kuusimetrisestä suutinpukista (kuva: Joni Parviainen).

Jakotukilta lähtevän lokaletkun ja pallotakaisventtiilin väliin suunniteltiin taivutettu DN 65 -kokoinen ruostumaton teräsputki (kuva 16). Putki kiinnitetään DN-laipalla venttiin ja naaraspuolisella Camlock-liittimellä lokaletkuun. Pallotakaisventtiili lisättiin putken jälkeen pystyasentoon niin, että venttiin sisällä oleva pallo pääsee vapaasti liikkumaan käyttötarkoituksen mukaisesti. Venttiili kiinnitettiin suutinpukissa tätä tarkoitusta varten olevaan laippaan.

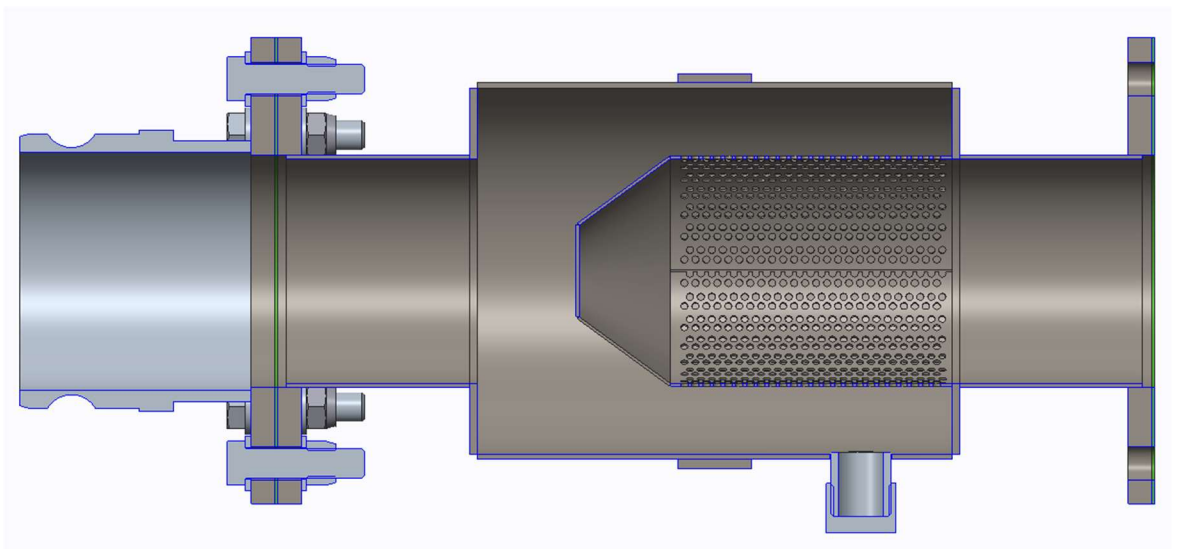


Kuva 16. Tuloputki pallotakaisventtiilille (kuva: Joni Parviainen).

7.2 Suodatin

Suodatin tarvittiin järjestelmään ehkäisemään suurimpien epäpuhtauksien pääsy suuttimille. Suodatin sijoitettiin järjestelmässä ensimmäiseksi ja suunniteltiin liitettäväksi lietevaunulta tulevaan letkuun 5” Camlock-liittimellä. Suodattimeen lisättiin DN 125 -laippa jakotukin kiinnittämistä varten. Suodatin koostui DN-laipallisesta urospuolisesta 5” Camlock-liittimestä, ulkokuoresta, sisäputkesta ja DN-laippojen väliin tulevasta tiivisteistä. Halkaisijaltaan 206 mm:n ulkokuoreen lisättiin ulkokierteellinen hitsattava nippa ja hattu suodatinkotelon tyhjennystä varten.

Suodattimen sisäputki suunniteltiin kappaleessa 5.1 laskettujen mittojen mukaisesti 1,5 mm:n paksuisesta ruostumattomasta reikälevystä. Sisäputken tulopäähän suunniteltiin kartiokasta muotoa sulavoittamaan konsentraatin virtaamista suodattimen sisällä. Sisäputken lähtöpäähän lisättiin 5” ruostumaton teräsputki ja DN-laippa. Lopuksi suodattimeen lisättiin kiinnitysrauta lietevaunuun liittämistä varten. Kuvassa 17 on esitetty suodattimen halkileikkaus.



Kuva 17. Suodattimen halkileikkaus (kuva: Joni Parviainen).

7.3 Ostettavat komponentit ja piirustusluettelo

Levitysjärjestelmästä haluttiin tehdä mahdollisimman helposti huollettava, joten tätä varten järjestelmässä käytettiin markkinoilla olevia tuotteita mahdollisimman paljon. Ostettavat komponentit pyrittiin valitsemaan toimittajalta, joka pystyisi toimittamaan mahdollisimman laajasti vaaditut komponentit. Letkuliittimien, hitsattavien nippojen ja lokaletkujen toimittajaksi valikoitui Salhydro Oy. Tällä toimittajalla oli laaja tarjonta erilaisista standardikokoisista liittimistä ja tarvikkeista. DN-laippojen ja laippatiivisteiden toimittajaksi valittiin Ahlsell Oy. Ruostumattomat teräsputket ja -levyt päätettiin tilata Karotek Oy:n puolelta siksi, että heillä oli tarjota muiden terästuotteiden lisäksi 5” ruostumatonta putkea. Toimeksiantajan hyvän kokemuksen perusteella ruostumaton reikälevy tilattiin Cronvall Oy:ltä. Aikaisemmin raportissa esillä ollut pallotakaiskuventtiili tilattiin Econosto Oy:n valikoimasta. Kokoonpanoa varten tarvittavat kilokiinnikkeet ja puomiston kiinnitykseen tarvittavat U-pultit löytyivät Etra Oy:n valikoimasta. Täydellinen ostettavien komponenttien listaus toimittajineen löytyy liitteestä 2. Samaan liitteeseen yhdistettiin katkaisulista putkia ja levyjä varten.

Piirustusluetteloon (liite 3) merkittiin jokaisen osan ja kokoonpanon numero, nimitys ja näiden piirustuksista tehdyt versiot. Versioita ovat esimerkiksi dxf-tiedosto polttoleikattavista kappaleista ja step-tiedosto 3D-malleista. Tarvittaessa versioita voi olla muitakin. Piirustusluettelolla pyrittiin helpottamana piirustuksien järjestystä, saamaan parempaa kokonaiskuvaa piirustuksien määrästä ja polttoleikattavista kappaleista.

7.4 Piirustukset ja tekninen tiedosto

3D-malleista valmistettiin piirustukset, joiden mukaan todelliset kappaleet voidaan valmistaa. Osasta piirustuksia tehtiin vielä polttoleikkausta varten dxf-tiedostot ja järjestelmän pääkokoonpanosta KLJ100:sta tallennettiin step-tiedosto. Piirustuksia koko järjestelmästä kertyi 38 kappaletta, dxf-tiedostoja 10 kappaletta ja step-tiedostoja yksi kappale. Piirustuksista käy ilmi, kuinka kyseinen kappale tulisi valmistaa, millaista tarkkuutta työssä tulisi käyttää ja mitkä osat sisältyvät

kokoonpanoihin. Piirustukset pitävät sisällään hitsausta, koneistusta ja kokoonpanoja sekä näiden yhdistelmiä. Liitteessä 4 on kuvattu jakotukin (KLJ400) valmistukseen tarvittavat piirustukset.

Tekniseen tiedostoon kerättiin kaikki tarvittava materiaali suunnitellun järjestelmän valmistusta ja käyttöä varten. Tiedosto piti sisällään ostettavien komponenttien listauksen, piirustusluettelon, piirustukset sekä dxf- ja step-tiedostot. Step-tiedostot lisättiin tekniseen tiedostoon 3D-mallien myöhempää katsomista varten myös muilla suunnitteluohjelmilla. Lopuksi tekninen tiedosto toimitettiin toimeksiantajalle.

8 Pohdinta

Opinnäytetyön tarkoituksena oli saada suunniteltua konsentraatin levittämiseen sopiva laitteisto, jota voisi käyttää suuremmankin levityslevyden omaavilla kalustoilla. Opinnäytetyötä varten vierailin useamman kerran Kiteellä tutustumassa erilaisiin levityskalustoihin ja valmistettuun prototyyppiin. Opinnäytetyön aihe ei ollut täysin vieras minulle, mutta levityskalustoiden monipuolisuus toi mukanaan paljon uutta tietoa.

Opinnäytetyötä varten syvennyin systemaattisen suunnitteluprosessin maailmaan ja sainkin sieltä useita hyviä työkaluja käytettäväksi tähän projektiin. Huomasin, että systemaattinen suunnitteluprosessi on hiukan kankea ja aikaa kuluttava polku kulkea lävitse. Tässä projektissa kaikkia suunnitteluprosessin tarjoamia työkaluja ei käytetty johtuen projektin suppeudesta ja lopputuotteen tuotantomääristä. Tämänhetkisten tietojen mukaan lopputuotetta on tarkoitus valmistaa vain yksi kappale, joten muun muassa QFD-menetelmää ei käytetty lainkaan.

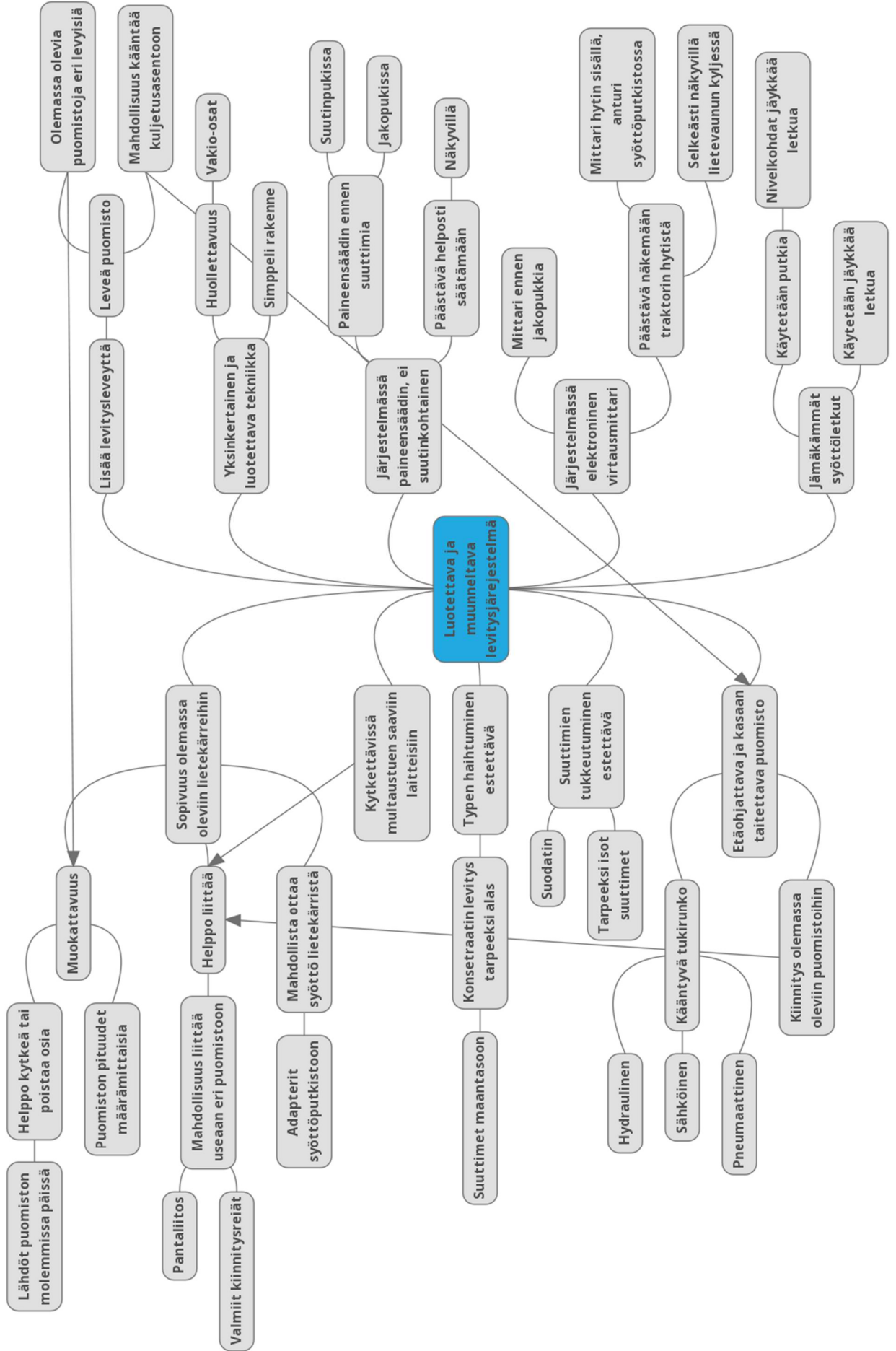
Suunnittelu vaihteli monesti luonnostelu- ja kehittelyvaiheen väliä ennen lopullisen ratkaisun löytämistä. Ensimmäisten ideointien pohjalta mallia kehitettäessä saattoi syntyä uusia ideoita ja näiden jäsentelyyn ja arviointiin täytyi palata useamman kerran suunnittelun aikana. Toimeksiantajalle halusin lopuksi tarjota lopputuotteesta komponentti- ja piirustusluettelon sekä dxf- ja step-tiedostot. Komponenttiluettelolla pyrin helpottamaan tarvittavien komponenttien hankinnassa, koska luetteloon on merkitty tarvittavat komponentit tilausnumeroineen ja määrineen. Piirustusluettelolla halusin helpottaa piirustusten kokonaisuuden hallintaa, sekä erotella toimitettavat versiot piirustuksista tai 3D-malleista.

Valitettavasti opinnäytetyö päättyi suunnitteluun, enkä ehtinyt näkemään valmista kappaletta. Lopputuotteen suunnitteluun käytettiin kuitenkin aikaa ja vaatimustilanteen kohdat täytettiin hyvin. Uskon siis, että kehitellystä laitteistosta tulee toimiva järjestelmä konsentraatin levitykseen. Lopputuotettahan voi vielä myöhemminkin kehitellä käyttökokemuksista kerätyistä tiedoista.

Lähteet

- Agronic AG 8000 kiekkomultain. 2019. Hankkija Oy. <https://www.hankkija.fi/Liitetiedostot/Docs/agronic-ag-8000---kiekkomultain.pdf>. 23.9.2019.
- Ball check valves. 2016. Econosto Oy. <https://www.econosto.fi/wp-content/uploads/2016/06/11-Ball-check-valves.pdf>. 4.4.2020.
- Biokaasulaitoksesta ravinteita, energiaa ja elinkeinotoimintaa maaseudulle (BioRaEE). 2017. Suomen ympäristökeskus. https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Biokaasulaitoksesta_ravinteita_energiaa_ja_elinkeinotoimintaa_maaseudulle_BioRaEE. 3.5.2020.
- GEM-Trak. 2020. AgriExpo. https://pdf.agriexpo.online/pdf/farmgem/gem-trak/175235-11354-_3.html. 5.4.2020.
- Hietikko, E. 2015. Tuotekehitystoiminta. Helsinki: Books on Demand.
- Jokinen, T. 2001. Tuotekehitys. Helsinki: Otatieto.
- Juvonen, M. 2017. Konsentroituja luomulannoitteita biojätteistä ja -lietteistä. BioKymppi Oy. https://luomu.fi/wp-content/uploads/2017/05/BioKymppi_luomupaivat-2017_11_10.pdf. 9.2.2019.
- Light lietevaunut. 2020. Pel-Tuote Oy. <https://pel-tuote.fi/light-lietevaunut/>. 23.1.2020.
- LiiTrack Oy. 2020. <https://www.liitrack.com/>. 3.5.2020.
- Multaimet. 2019. Pel-Tuote Oy. <https://pel-tuote.fi/livakka-multaimet/>. 23.9.2019.
- Pahl, G. & Beitz, W. 1990. Koneensuunnitteluoppi. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.
- Pro lietevaunut. 2020. Pel-Tuote Oy. <https://pel-tuote.fi/livakka-pro-lietevaunut/>. 23.1.2020.
- Slootsmid veitsimultain. 2018. Agrok Oy. <http://www.agrok.fi/wp-content/uploads/2018/09/20090114-Slootsmid-SV-FI-esite.pdf>. 15.1.2020.
- Tankers and spreading tools. 2019. Joskin. <https://www.joskin.com/pdf/pros-pec/epandeurs%20lisier/en/Tonnes%20+%20Lisier%20EN.pdf>. 15.1.2020.
- Tecnomat Laser. 2020. Avagro Oy. <http://www.avagro.fi/tuotteet/kasvukaudella-kaytettavat-koneet/kasvinsuojeluruiskut/tecnoma-laser#slideshow-0>. 5.4.2020.
- Toselli Wonder Plus. 2020. Avagro Oy. <http://www.avagro.fi/tuotteet/kasvukaudella-kaytettavat-koneet/kasvinsuojeluruiskut/toselli-wonder-plus>. 5.4.2020.
- Yritys. 2020. BioKymppi Oy. https://bio10.fi/?page_id=15. 3.5.2020.

Mindmap-kartta



Komponenttilista



Ostettavat komponentit
3.5.2020

Konsetraatin levitysjärjestelmä
Joni Parviainen

Komponentti	Kuvaus	Tilausnumero	Määrä	Toimittaja
Camlock-liitin	Uros hitsattava 5"	SSAH-127	1	Salhydro Oy
Camlock-liitin	Uros hitsattava 2 1/2"	SSAH-065	6	Salhydro Oy
Camlock-liitin	Naaras hitsattava 2 1/2"	SSDH-065	6	Salhydro Oy
Camlock-liitin	Uros letkukaralla 2 1/2"	SSE-065	6	Salhydro Oy
Camlock-liitin	Naaras letkukaralla 2 1/2"	SSC-065	6	Salhydro Oy
Letkukiristin	74-79 RST Kuusiokantaruuvi	SS201-079	12	Salhydro Oy
Lokaletku	Kuminen lokaletku	LOKA-063	22*	Salhydro Oy
Hitsinippa	HST ulkokierre 2"	SS10-32	4	Salhydro Oy
Hitsinippa	HST ulkokierre 1"	SS10-16	1	Salhydro Oy
Hitsinippa	HST ulkokierre 1/2"	SS10-08	76	Salhydro Oy
Hattu	HST 2"	SS20-32	4	Salhydro Oy
Hattu	HST 1"	SS20-16	1	Salhydro Oy
Tulppa	HST kuusiokanta 1"	SS19-16	1	Salhydro Oy
Irtolaippa	HST-umpilaippa DN125	506625	6	Ahlsell Oy
Irtolaippa	HST-irtolaippa DN65	546320	8	Ahlsell Oy
Laippatiiviste	Tesnit BA-50 DN125	3261022	3	Ahlsell Oy
Laippatiiviste	Tesnit BA-50 DN65	3261016	8	Ahlsell Oy
Pallotakaiskuventtiili	Tyyppi 11133 DN 65 laipallinen		4	Econosto Oy
Kuusioruuvi	DIN 933, M16x65	701068616065	56	Etra Oy
Lukitusmutteri	DIN 985, M16	701772216	56	Etra Oy
Lukitusmutteri	DIN 985, M10	701772210	104	Etra Oy
Aluslevy	DIN 125, M16	702103216	112	Etra Oy
Aluslevy	DIN 125, M10	702103210	104	Etra Oy
U-pultti	SFS 5369, DN32 M10	701500503210	52	Etra Oy
Putki	RST hitsattu 127x2-6000		1	Karotek Oy
Putki	RST hitsattu 76,1x2-6000		5	Karotek Oy
Levy	RST 2x1000x2000		1	Karotek Oy
Levy	RST 3x1000x2000		1	Karotek Oy
Levy	RST 5x1000x2000		1	Karotek Oy
Reikälevy	RST 1,5x1000x2000 R4 T6 40%	500164	1	Cronvall Oy

*= määrä metreinä

Piirustusluettelo

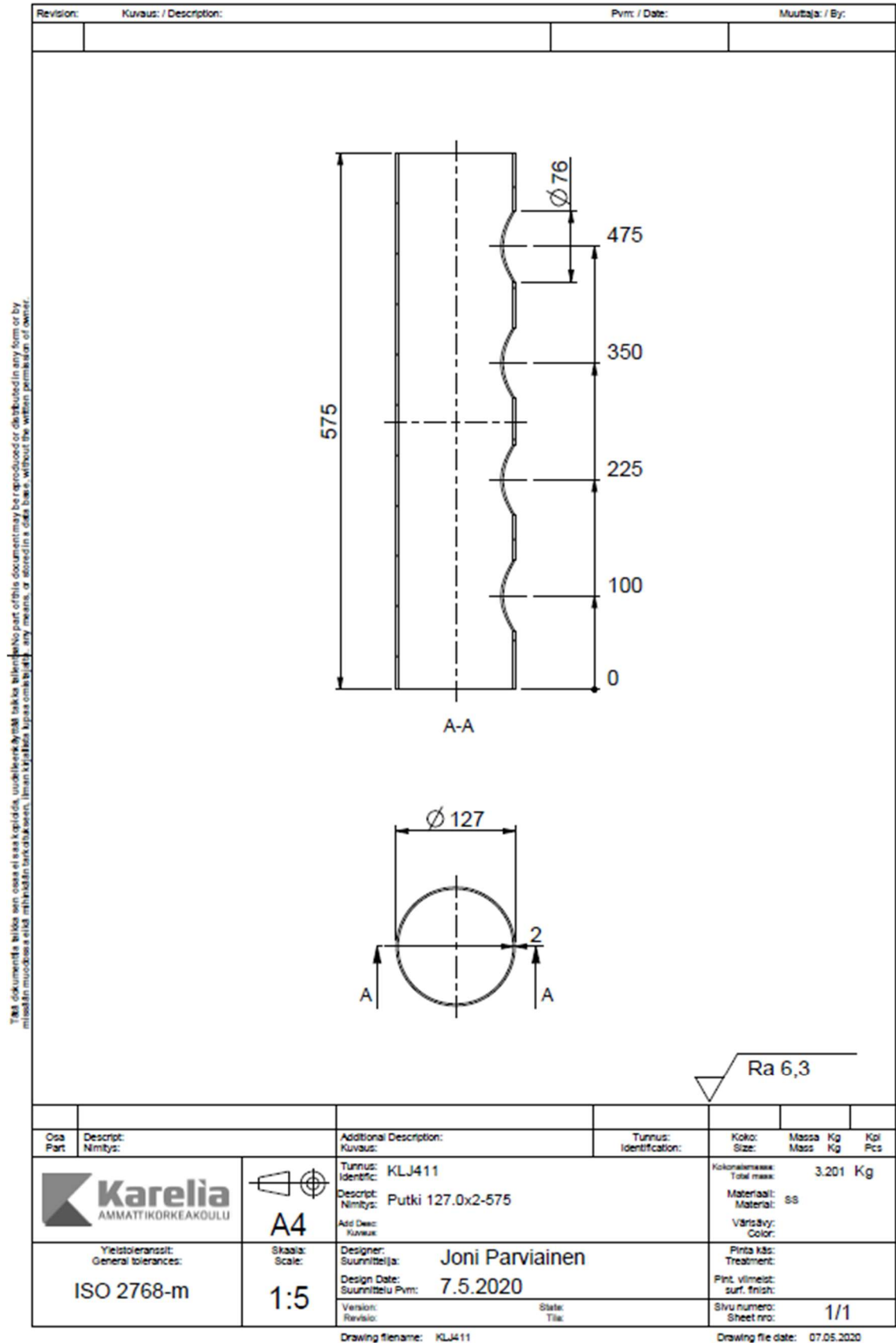


Piirustusluettelo
7.5.2020

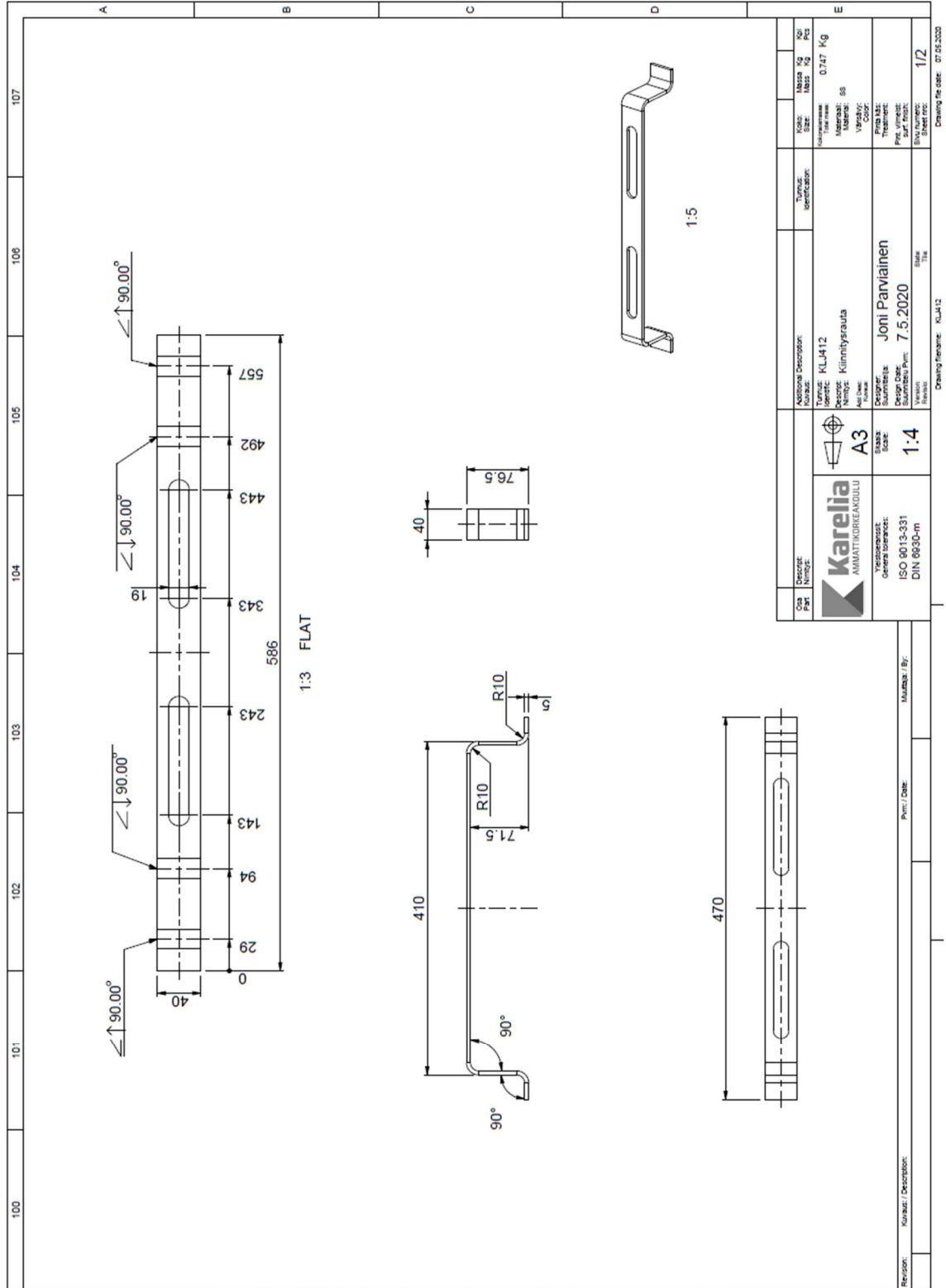
Konsentraatin levitysjärjestelmä
Joni Parviainen

Numero	Nimitys	Piirustus	pdf	dxf	step
KU100	Konsentraatin levitysjärjestelmä	x	x		x
KU200	Suutinpukit, vasen	x	x		
KU210	Suutinpukki 6m, vasen	x	x		
KU211	Putki 76.1x2-5820	x	x		
KU212	Päätylaippa	x	x	x	
KU213	Päätyrengas	x	x	x	
KU214	Putki 76.1x2-100	x	x		
KU215	Kiinnitysrauta	x	x	x	
KU220	Suutinpukki 4m, vasen	x	x		
KU221	Putki 76.1x2-3900	x	x		
KU222	Putki 76.1x2-65	x	x		
KU230	Suutinpukki 2m, vasen	x	x		
KU231	Putki 76.1x2-1800	x	x		
KU240	Tuloputki	x	x		
KU241	Putki 76.1x2-226	x	x		
KU300	Suutinpukit, oikea	x	x		
KU310	Suutinpukki 6m, oikea	x	x		
KU320	Suutinpukki 4m, oikea	x	x		
KU321	Putki 76.1x2-3900	x	x		
KU330	Suutinpukki 2m, oikea	x	x		
KU331	Putki 76.1x2-1800	x	x		
KU400	Jakotukki	x	x		
KU410	Jakotukin hitsaus	x	x		
KU411	Putki 127.0x2-575	x	x		
KU412	Kiinnitysrauta	x	x	x	
KU420	Laippa	x	x		
KU450	Laippa	x	x		
KU500	Suodatin	x	x		
KU510	Suodattimen hitsaus	x	x		
KU511	Sisäputki	x	x	x	
KU512	Sisäputken kartio	x	x	x	
KU513	Päätylaippa	x	x	x	
KU514	Päätylaippa	x	x	x	
KU515	Ulkokuori	x	x	x	
KU516	Putki 127.0x2-100	x	x		
KU517	Kiinnitysrauta	x	x	x	
KU520	Tuloliitin	x	x		
KU600	Lokaletkut	x	x		

Esimerkkejä piirustuksista



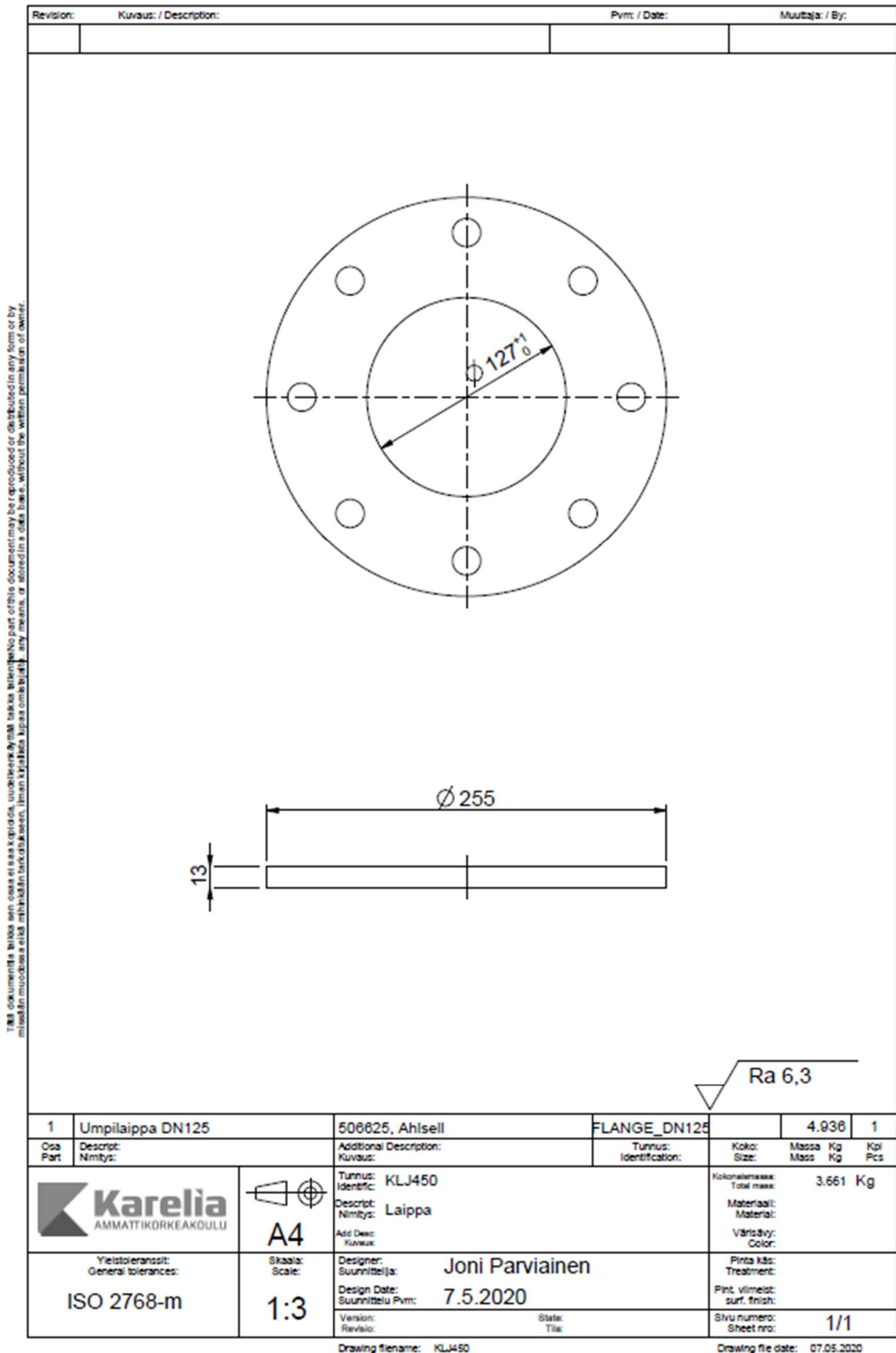
Esimerkkejä piirustuksista



Tämä dokumentti on osa Karelia:n teknisiä asiakirjoja. Sen sisältöä ei saa kopioida, jäljentää tai muokata ilman Karelia:n kirjallista lupaa. Mikäli tämä asiakirja on osa jollakin muulla dokumentilla, sen käyttöä ilman Karelia:n kirjallista lupaa on kielletty. Tämä asiakirja on osa Karelia:n teknisiä asiakirjoja. Sen sisältöä ei saa kopioida, jäljentää tai muokata ilman Karelia:n kirjallista lupaa.

Code / Koodi	Product / Tuote	Material / Materiaali	Weight / Paino
KLJ412	Kiinnitysrauta	SS	0.747 Kg
Company / Yritys	Customer / Asiakas	Product Code / Tuotekoodi	Sheet No. / Lohkonumero
Karelia	Joni Parviainen	KLJ412	1/2
ISO 9013-331	Design Date / Suunnittelupäivä	Revision / Muutokset	Drawing No. / Piirustuksen numero
DIN 8030-m	7.5.2020	KLJ412	07.05.2020

Esimerkkejä piirustuksista



Tämä dokumentti on luokiteltu salaiseksi ja sen sisältöä ei saa kopioida, luovuttaa tai julkistaa ilman kirjallista lupaa omistajalta. Mikäli joku osittain tai kokonaan kääntää tämän dokumentin toiseen kieleen, ilman kirjallista lupaa omistajalta, on se tekijänsä vastuussa. Tämä dokumentti on luokiteltu salaiseksi ja sen sisältöä ei saa kopioida, luovuttaa tai julkistaa ilman kirjallista lupaa omistajalta.