



# Lentopolttoaineen tankkauslaitteen suunnittelu hydrant-järjestelmään

Sami Ritala N4143

Opinnäytetyö, AMK

Joulukuu 2024

Tekniikan ala

Insinööri (AMK), konetekniikka

**Ritala, Sami**

## **Lentopolttoaineen tankkauslaitteen suunnittelu hydrant-järjestelmään**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Joulukuu 2024, 59 sivua

Tekniikan ala. Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö (AMK).

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

### **Tiivistelmä**

Useilla isommilla lentoasemilla on käytössä hydrant-järjestelmä polttoaineen siirtoihin ja tankkauksiin. Nykyinen tankkauslaite soveltuu käyttötarkoitukseen hyvin, mutta ei ole optimaalisin ratkaisu päivittäisessä toiminnassa. Järjestelmää on tahdottu kehittää ja monipuolistaa. Tässä työssä on suunniteltu tankkauslaitetta lentokoneen tankkaamiseen hydrant-järjestelmästä. Tankkauslaite on pyritty kehittämään edeltäjänsä paremmaksi ja poistamaan tutkimuksen perusteella havaitut haasteet. Laite on suunniteltu ketteräksi ja käyttäjäystävälliseksi.

Tutkimusmenetelmänä on käytetty kehittämistutkimusta ja tukena laadullisen tutkimuksen menetelmiä. Tutkimuksen perusteella on kerätty aineistoa ja sen perusteella on muodostettu vaatimukset tankkauslaitteen suunnitteluun.

Tankkauslaite mallinnettiin 3D-ohjelmistolla. Siihen valittiin soveltuvimmat komponentit ja rakenne suunniteltiin palvelemaan käyttötarkoitusta parhaalla mahdollisella tavalla.

Lopputuloksena on toimiva ja käyttäjäystävällinen tankkauslaite. Laitteesta saatiin karsittua edellisen tuotteen haasteet ja laite on käyttökelpoisempi kuin nykyisin käytössä oleva laite.

### **Avainsanat (asiasanat)**

Ilmailu, lentokoneet, polttoaineet, tankkaus, kehittämistutkimus

### **Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)**

Tutkimuslupa CT232

**Ritala, Sami**

### **The design of the aviation fuel refueling device for the hydrant system**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, December 2024, 59 pages

Engineering and technology. Degree Programme in Mechanical Engineering. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

### **Abstract**

Several larger airports use a hydrant system for fuel transfers and refueling. The current refueling device is suitable for intended purpose, but is not the most optimal solution in daily operations. The system needs to be diversified and developed. In this work, a refueling device has been designed for refueling aircraft from a hydrant system. The aim is to improve the refueling device compared to its predecessor and eliminate the challenges identified in the study. The device is designed to be agile and user-friendly.

Development research has been used as the research method, supported by qualitative research methods. Data has been collected based on the study and requirements for the design of the refueling device have been formed on the basis of this.

The refueling device was modeled with 3D software. The most suitable components were selected and the structure was designed to serve the intended purpose in the best possible way.

The end result is a functional and user-friendly refueling device. The challenges of the previous product were eliminated from the device and the device is more usable than the device currently in use.

### **Keywords/tags (subjects)**

Aviation, aircraft, refueling, development research

### **Miscellaneous (Confidential information)**

Research permit CT232

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Lentokoneen tankkauskalusto .....</b>	<b>5</b>
2.1	Lentopolttoainehuolto .....	5
2.2	Lentopolttoaineet .....	6
2.3	Lentokoneen tankkaus .....	6
2.4	Lentokoneen tankkauskalusto .....	7
<b>3</b>	<b>Tankkauskaluston kehittämisen prosessi.....</b>	<b>9</b>
3.1	Kehittämistutkimus, laadullisen tutkimuksen käyttö ja suunnitteluprosessi .....	10
3.2	Aineiston keruu .....	13
3.3	Aineiston analyysi.....	13
<b>4</b>	<b>Suunnittelussa huomioitu lainsäädäntö, ohjeet ja standardit .....</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>Tankkauslaitteen suunnitteluprosessi .....</b>	<b>15</b>
5.1	Esitutkimus .....	15
5.1.1	Rakennevaihtoehto 1. Puolivalmisteen jatkokehittäminen .....	16
5.1.2	Rakennevaihtoehto 2. Kaksiakselinen laite. ....	17
5.1.3	Vaatimusten määrittely .....	18
5.1.4	Laitteen vaatimukset .....	19
5.1.5	Alustava osaluettelo .....	23
5.2	Luonnostelu.....	24
5.2.1	Vaihtoehto 1. ....	25
5.2.2	Vaihtoehto 2. ....	26
5.2.3	Vaihtoehto 3. ....	27
5.2.4	Vaihtoehtoisia ratkaisuja .....	28
5.2.5	Kokoonpanon valinta .....	29
5.3	Suunnittelu .....	30
5.3.1	Laitteen toiminta pääpiirteittäin .....	30
5.3.2	Alusta .....	31
5.3.3	Keräilysäiliö .....	31
5.3.4	Suodatinastia .....	35
5.3.5	Virtausmittari.....	37
5.3.6	Lisäainejärjestelmä .....	38
5.3.7	Paineensäätöjärjestelmä .....	40
5.3.8	Letkukela.....	42
5.3.9	Painetankkausliitin.....	42

5.3.10	Käyttölaitteet .....	43
5.3.11	Putkiston osat .....	44
5.3.12	Tankkauslaite .....	45
5.3.13	Riskienarviointi .....	47
5.4	Viimeistely .....	47
<b>6</b>	<b>Tulosten analysointi.....</b>	<b>47</b>
6.1	Luotettavuus ja eettisyys .....	48
6.2	Jatkokehitys.....	49
6.3	Pohdinta .....	50
	<b>Lähteet .....</b>	<b>51</b>
	<b>Liitteet .....</b>	<b>54</b>
	Liite 1. Tankkauslaitteen alustava vaatimuslista.....	54
	Liite 2. Tuotekortti automaattiventtiili ja venturi .....	56
	Liite 3. Tankkauslaitteen pääpiirrokset .....	58
	Liite 4. Riskien arviointi .....	60
	<b>Kuviot</b>	
	Kuvio 1 Tokion kansainvälisen lentoaseman hydrant-järjestelmä ( Hydrant-järjestelmä N.d.)... 8	
	Kuvio 2. Pumpukärry (Oja 2007, 30).....	16
	Kuvio 3. Puolivalmiste runko mallinnettuna .....	17
	Kuvio 4. Puolivalmiste letkukela mallinnettuna.....	17
	Kuvio 5. Vaunun akseli (Kustomoitu akseli N.d.) .....	18
	Kuvio 6. Hydrant-järjestelmän tankkauslaitteen putkistokaavion esimerkki (SFS EN 12312-5:2021,38) .....	23
	Kuvio 7. Alustavaihtoehto 1. ....	25
	Kuvio 8. Vaihtoehto 2.....	27
	Kuvio 9. Vaihtoehto 3.....	28
	Kuvio 10. Esimerkkikuva lastausvarresta. ( Maalaitteet N.d.) .....	29
	Kuvio 11. Tankkauslaitteen toimintokaavio.....	30
	Kuvio 12. Rungon maksimitaipuma 10 kN kuormalla. ....	32
	Kuvio 13. Keräilyssäiliö .....	33
	Kuvio 14. Keräilyssäiliö varusteineen .....	34
	Kuvio 15. Putkiyhde säiliön näytteenottoon ja tyhjäämiseen. ....	35
	Kuvio 16. Suodatinastian suodatuksen toiminta. (HCS Series, Horizontal Filter Water Separators N.d.).....	36

Kuvio 17. Paine-eron vertailujärjestelmä.....	37
Kuvio 18. Esimerkkikuva Alfons Haarin virtausmittarista (Mittauskammiot N.d.).....	38
Kuvio 19. Lisäainejärjestelmä.....	40
Kuvio 20. Alfons Haar automaattiventtiili ja venturi. (Putken sisäisen paineen, virtauksen ja kuolleenmiehen kytkimen ohjaus N.d.).....	41
Kuvio 21. Paineensäätöjärjestelmä ilman automaattiventtiiliä ja venturia .....	41
Kuvio 22. Alfons haar letkukela. (Alfons haar verkkokauppa N.d.) .....	42
Kuvio 23. Painetankkausliittimen esimerkkikuva. (Carter painetankkausliitin N.d.).....	43
Kuvio 24. Käyttö -ja näyttölaitteet takaosassa .....	44
Kuvio 25. Tankkauslaite sivulta .....	45
Kuvio 26. Tankkauslaitteen 3D-malli etuviistosta.....	46
Kuvio 27. Tankkauslaitteen 3D-malli takaviistosta .....	46

## **Taulukot**

Taulukko 1 Paineensäätövaatimukset (SFS EN 12312-5:2021,22) .....	21
Taulukko 2. Alustava osaluettelo .....	24

# 1 Johdanto

Lentokaluston tankkauksessa käytetään erilaisia tankkauslaitteita ja järjestelmiä. Kaikilta isoimilta lentoasemilta löytyy hydrant-järjestelmä. Se on samankaltainen järjestelmä, kuin palopostiverkosto. Polttoaine on varastoituna säiliöihin ja se tuodaan maanalaista putkistoa pitkin pumpun paineella tarkoitukseen rakennettuun kaivoon, mistä se liitetään maanpäälliseen tankkauslaitteeseen. Tässä työssä suunnitellaan tähän tarkoitukseen soveltuvaa tankkauslaitetta.

Nykyinen käytössä oleva tankkauslaitemalli täyttää sille asetetun tarkoituksen, mutta sen rakenteessa ja käytössä on haasteita. Laite ei ole optimaalisin ratkaisu käyttötarkoitukseen nähden. Laitteessa on painopistehaasteita, jotka vaikuttavat laitteen käsittelyyn. Laite ei ole myöskään käyttäjälähtöinen ratkaisu. Tässä työssä pyritään etsimään nämä haasteet ja poistamaan ne suunnitellusta tankkauslaitteesta.

Työ toteutettiin kehittämistutkimuksena hyödyntäen laadullisen tutkimuksen periaatteita. Kehittämistutkimuksessa on aina jokin ongelma, johon pyritään hakemaan ratkaisuja. Tutkimuskysymyksissä paneudutaan olemassa olevan kaluston haasteisiin ja kehityskohtiin. Laadullisen tutkimuksen menetelmillä on kerätty aineistoa ja sitä on analysoitu verraten eri lähteistä saatuja tietoja. Aineistona on käytetty haastatteluita, havainnointia, kirjallisia ja sähköisiä lähteitä.

Katselmuksen ja kerätyn materiaalin perusteella on muodostettu karkeat mallinnukset kolmesta eri kokoonpanosta ja vaatimukset suunniteltavalle tuotteelle. Näiden vaihtoehtojen ominaisuuksia on vertailtu keskenään ja valittu toimivin ratkaisu, jota lähdettiin jatkokehittämään. Itse suunnittelussa on hyödynnetty suunnitteluprosessin periaatteita. Suunnittelu on jaettu eri osa-alueisiin ja se on edennyt järjestelmällisesti eteenpäin. Tankkauslaitteesta on muodostettu 3D-mallinnus ja siihen on valittu sopivimmat osavaihtoehdot. Osissa ja laitteissa on pyritty hyödyntämään käytössä olevia uudemman kaluston kanssa yhteneviä komponentteja. Laite on pyritty suunnittelemaan ketteräksi ja käyttäjälähtöiseksi.

## 2 Lentokoneen tankkauskalusto

### 2.1 Lentopolttoainehuolto

Lentopolttoainehuolto on jatkuva prosessi, missä jokainen työn vaihe suoritetaan harkiten ja ohjeiden mukaisesti. Huolellisella toiminnalla taataan käsittely- ja tuoteturvallisuuden ja tuotteen laadun säilyminen vaatimusten täyttävänä koko logistisen ketjun ajan. (IPO, N.d. 1–1–7)

Vaarallisten kemikaalien, kuten lentopolttoaineiden käsittelyyn ja varastointiin liittyy riskejä, jotka saattavat aiheuttaa onnettomuuden. Koulutetulla henkilöstöllä, oikeilla työmenetelmillä ja organisaation riittävällä panostuksella varmistetaan tehokas ja turvallinen toiminta eri valmiustiloilla kaikkina vuoden- ja vuorokaudenaikoina. (IPO, N.d. 1–1–7)

Ilmavoimien lentopolttoainehuoltoa ohjaavia määräyksiä on annettu kemikaalilainsäädännössä, Pääesikunnan ja Ilmavoimien esikunnan menettelyohjeissa sekä Puolustusvoimien logistiikkalaitoksen julkaisemassa Ilmavoimien polttoainehuollon ohjeistuksessa (IPO) sekä PVLOGL ylläpitämässä TMT-järjestelmässä. Lisäksi velvoitteita tulee ympäristö- ja jätelainsäädännöstä. Joukko-osaston tulee määritellä työjärjestyksessään vastuut edellä mainittujen määräysten ja ohjeiden mukaisesta toiminnasta. (IPO, N.d. 3–1–1)

Lentopolttoaineiden kirjanpitomenettely on suurten kulutus- ja tapahtumamäärien vuoksi järjestettävä tehokkaasti ja yksinkertaisesti huomioiden laadunseurannan sekä varasto- ja kulutuksen seurannan. Tämä edellyttää tapahtumien kirjaamista kaikissa valvontaan liittyvissä toiminnoissa. Lentopolttoaineiden käsittelyvaiheet kirjataan. Sotilasilmailun laatuvaatimusten mukaisesti lentoturvallisuuteen vaikuttavat toiminnot tulee olla jäljitettävissä tehtyjen kirjausten perusteella. (IPO, N.d. 1–1–7)

Polttoainejärjestelmän tankkaukseen ja siirtoihin käytettävien laitteiden käytönaikaisesta kunnonvalvonnasta vastaa käyttäjä. Kunnossapidon järjestämisestä vastaa PVLOGL. (IPO, N.d. 1-3-7)

## 2.2 Lentopolttoaineet

Lentopolttoaineita on maailmalla useaa eri laatua siviili- ja sotilasilmailun tarpeisiin. Euroopan siviili-ilmailussa käytetyin lentopolttoainelaatu on Jet-A1. Polttoaineen leimahduspiste on 38 astetta ja jäätympiste -47 astetta. (IPO, N.d. 4.2.1, Civil jet fuel, N.d.)

Sotilasilmailussa käytetyin lentopolttoainelaatu on JP-8. JP-8 muodostuu sekoittamalla korroosio- ja jäänestoaineita Jet-A1 polttoaineeseen. (Military jet fuel N.d.)

Suomessa lentopolttoaineen lisäaineena käytetään pääsääntöisesti AL-48:a. Lisäaine sisältää voiteluuta parantavaa ja korroosiota ehkäisevää AL-61 lisäainetta ja jäänestoainetta AL-41. Lisäaine sekoitetaan polttoaineeseen pääsääntöisesti vasta tankkauksen yhteydessä erillisestä annostelulaitteesta. Lisäaineistettu polttoaine voi saada aikaan vedyn muodostumista alumiinisessa säiliössä, joten sekoituksen pitkäaikaista varastointia tulee välttää. Pitkäaikaissäilytyksessä lisäaine alkaa erkanemaan polttoaineesta. Lisäaineistettu polttoaine vaatii myös tietyn tyyppiset suodattimet ja sitä ei saa päästää normaaleista tankkaussuodattimista läpi. Tietyin ehdoin Ilmavoimien kalustolla voidaan lentää myös ilman lisäaineistusta. (IPO, N.d. 4.3.3)

## 2.3 Lentokoneen tankkaus

Lentokoneen polttoainesäiliöt täytetään lennon päätyttyä täyteen tai seuraavaan lentoon tarvittavalla määrällä polttoainetta. Säiliöiden täyttö estää veden kondensoitumista polttoainejärjestelmään. Vesi pääsee järjestelmään polttoainejärjestelmässä olevien huohotusten kautta ja tiivistyy säiliöihin. (Mapo, N.d. 3–12–1)

Lähteenmäen (1992, 206) mukaan hävittäjäkalusto ja liikennelentokoneet tankataan pääsääntöisesti painetankkaamalla siiven alapinnalta. Saman tankkausaukon kautta täytetään kaikki lentokoneen polttoainesäiliöt. Lentokoneen painetankkausliitännän vieressä on paneeli tarvittaviin tankkauksen valintoihin ja valvomiseen.

Lentokoneen tankkaukseen saa osallistua ainoastaan konetyypin tankkauksen ohjeistuksen ja määräykset tunteva tai valvotusti toimintaa harjoitteleva henkilö. Henkilöstö vastaa siitä, että käytettävä kalusto, menetelmät ja polttoaine täyttävät sille asetetut vaatimukset. (Mapo, N.d. 3–12–1; IPO. N.d. 8–1–1)

Koneen vastaava mekaanikko tai ohjaaja vastaa polttoainelaadun soveltuvuudesta tankattavalle koneelle ja koneen tankkausvalmiudesta. Lentokoneella ei saa olla tankkausta estävää vikaa, kesken olevaa huoltotyötä ja käytettävän kaluston tulee olla kunnossa. Koneesta vastaava huolehtii myös siitä, että koneella työskentelevät noudattavat turvallisuusmääräyksiä. (Mapo, N.d. 3–12–3)

Tankattavalla lentokoneella ei saa käyttää sellaisia työvälineitä, joista todennäköisesti syntyy kipinöitä tai valokaaria. Tankkauksen aikana maavirtalähteet eivät saa olla kytkettynä lentokoneeseen. (A9.6.2020/1234, ADR.OPS. D.060)

Ilma-aluksen valmistaja määrittää konetyyppikohtaisesti tankkauspaineen. (SFS EN 12312-5:2021)

## 2.4 Lentokoneen tankkauskalusto

Maailmalla on käytössä monenlaista tankkauskalustoa. SFS EN 12312-5:2021 jakaa tankkauskaluston seuraaviin osa-alueisiin:

- Ilma-alusten tankkauslaitteet
- hydrant-järjestelmän tankkauslaitteet (dispensers, annostelijat)
- polttoaineen imukalusto
- hydrant-järjestelmän huolto- ja puhdistusajoneuvot
- kiinteät tankkauslaitteet

Ilma-aluksen tankkauslaite on itsestään liikkuva tai hinattava ajoneuvo. Se on suunniteltu kuljettamaan lentopolttoainetta ja toteuttamaan tankkaukset rakenteessaan olevalla pumpulla. Laitteessa on suodatin ja mittari. Polttoaine siirtyy letkua pitkin.

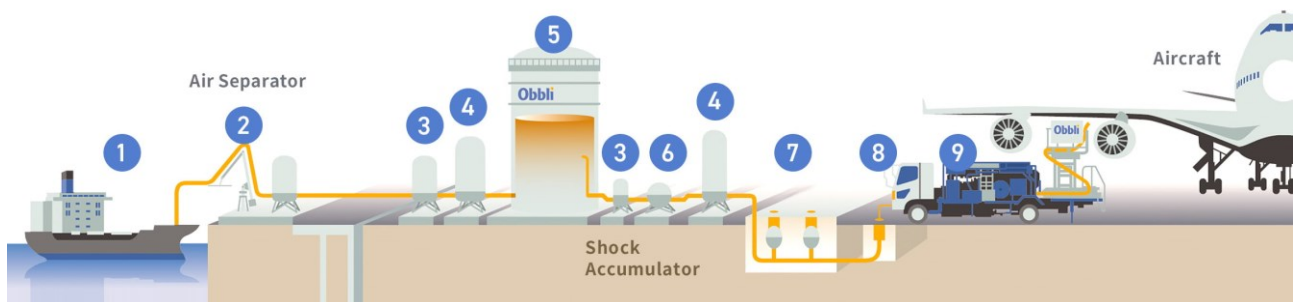
Hydrant-järjestelmän tankkauslaitteet ovat myös liikkuvia ajoneuvoja tai perässä hinattavia laitteita, mutta ne eivät kuljeta polttoainetta mukanaan vaan tarvitsevat ulkoisen polttoaineen syötön. Nämä voivat toimia hydrant-järjestelmän paineella tai niissä voi olla oma pumppu tuottamaan tai lisäämään tankkauspainetta. Laitteessa on yleensä suodatin, mittari ja letkut.

Polttoaineen imukalusto on suunniteltu lentolaitteen polttoainesäiliöiden hallittuun tyhjäämiseen.

Hydrant-järjestelmän huolto- ja puhdistusajoneuvot on suunniteltu hydrant-järjestelmän kaivojen ja putkistojen huolto- ja puhdistustoimenpiteitä varten. Kalustolla pystytään esimerkiksi huuhtelemaan ja tuulettamaan järjestelmän putkistot. Tällaista kalustoa on vain isoimmilla lentoasemilla. (SFS EN 12312-5:2021,36)

Hydrant-järjestelmä on samankaltainen järjestelmä kuin vesijohtoverkosto paloposteineen ja vesipisteineen. Järjestelmä on valmistettu lentopolttoaineiden siirtoja ja lentolaitteiden tankkauksien helpottamiseksi. (SFS EN 12312-5:2021) Hydrant-järjestelmä tehostaa tankkaustoimintaa ja vähentää polttoainesäiliöajoneuvojen tarvetta ja liikennettä vilkkailla asematasoilla. (Hydrant-järjestelmä N.d.)

Hydrant-järjestelmä sisältää lentopolttoaineen säiliöt, kiinteät pumput polttoaineen siirtoihin, polttoaineputkiston sekä venttiilit ja suodattimet. (SFS EN 12312-5:2021) Esimerkki hydrant-järjestelmästä on esitetty kuviossa 1.



Kuvio 1 Tokion kansainvälisen lentoaseman hydrant-järjestelmä ( Hydrant-järjestelmä N.d.)

1. Säiliöalus polttoaineen kuljettamiseen
2. Purkuvarsi polttoaineen siirtoon.
3. Karkeasuodatin erottaa mahdolliset epäpuhtaudet polttoaineesta
4. Suodatinerotin poistaa polttoaineesta veden ja epäpuhtaudet
5. Säiliö polttoaineen varastointiin
6. Polttoainepumppu
7. Maanalainen polttoaineen siirtojärjestelmä. Putkisto, venttiilit, paineen -ja virtauksen hallinta, näytteenottojärjestelmä
8. Hydrant-kaivo on liityntäpiste maanpäälliselle tankkauslaitteistolle.
9. Tankkauslaite lentokoneen polttoainetäyttöä varten.

### 3 Tankkauskaluston kehittämisen prosessi

Päivittäisessä toiminnassa lentokoneiden tankkauksessa tarvittava polttoaineen pumppaus tapahtuu hydrant-tankkausjärjestelmän pumpun kautta. Käytössä olevat tankkauspumppukärryt ovat toimivia laitteita tankkaukseen, mutta eivät ole optimaalisin ratkaisu.

Nykyisin käytössä olevat tankkauspumppukärryt sisältävät moottorin ja pumpun, jolla voidaan imeä polttoainetta ulkopuolisesta säiliöstä ja pumpata se lentokoneeseen. Päivittäisessä käytössä moottoria ja pumppua ei pääsääntöisesti käytetä. Polttoaineen pumppaus tapahtuu hydrant-tankkausjärjestelmän pumpun kautta. Pumppukärryjen alusta ja runko ovat vanhentunutta tekniikkaa. Kaluston käytössä on haasteita painon, liikuteltavuuden ja takapainoisen painopisteen osalta. Lisäksi raskas rakenne kuormittaa nykyistä alustaa. Tankkauslaitteen mahdollinen käyttöönotto kasvattaisi myös tankkaussuorituskykyä kaikilla tukikohta-alustoilla ja monipuolistaisi tankkauslaitteiston käytettävyyttä.

Tutkimuksen perusteella muodostuu tankkauslaitteen kokoonpano ja se suunnitellaan 3D-mallinnuksena. 3D-mallinnetulle tuotteelle suoritetaan välitarkastelua polttoainehuollon ammattilaisten kanssa ja muodostetaan sen perusteella toimivan ratkaisun.

Opinnäytetyön päätutkimuskysymyksenä on:

- Miten kehittää olemassa olevasta tankkauspumppukärrystä toimivampi versio?

Apututkimuskysymyksiä ovat:

- Mikä nykyisessä tankkauspumpukärryssä on-heikkoutena?
- Mitä olemassa olevia kaupallisia komponentteja kehitettävään tankkauslaitteeseen on järkevä suunnitella kustannustehokkuuden varmistamiseksi valmistuksessa?
- Mitä tankkauslaitteen suunnittelussa täytyy ottaa huomioon, jotta siitä saadaan lopputukäyttäjää palveleva tuote?

Työn tavoitteena on tuottaa uudesta tankkauslaitteesta toimiva ja käyttäjäystävällinen ratkaisu. Laitteen tulee olla yksinkertainen, liikuteltava ja suorituskykyinen. Olemassa olevan uuden kaluston tuoterakennetta tulee hyödyntää varaosavalikoiman minimoimiseksi ja yhtenäistämiseksi. Laitteen tulee olla käyttäjälle ja ympäristölle turvallinen. Näiden tavoitteiden täyttymisellä laite palvelee käyttäjää ja organisaatiota jokapäiväisessä toiminnassa.

Työstä on päädytty rajaamaan pois suunnitteluprosessin viimeistelyvaihe. Laitteesta ei valmisteta protoversiota eikä tuoteta valmistukseen tarvittavia piirustuksia ja dokumentteja. Suunnittelussa keskitytään kokonaisuuteen ja laitteen komponentteja käsitellään ainoastaan pintapuolisesti ja niiden toimintaan ei syvennyttä tarkemmin. Pääosin tarkkoja laitemalleja ei valita eikä tuoda julki. Tuotteen suunnittelusta jätetään pois laitteen kotelorakenne eli katto, seinät ja luukut. Laitteen kotelointi kasvattaisi suunnittelua entisestään ja huomioon tulisi ottaa esimerkiksi Atex-hyväksytyt valaistukset.

Aihe valikoitui tiedustelemalla eri tahoilta mahdollisia aiheita opinnäytetyön suorittamiseen. Tankkauslaitteen suunnittelu oli mielenkiintoisin ja itselleni soveltuvin aihe-ehdotus. Työssä on mahdollista päästä konkreettisesti kehittämään kalustoa ja toimintaa sekä tutustumaan polttoainejärjestelmien uusimpaan tekniikkaan ja laitteistoon. Lisäksi tämä kasvattaa tietotaitoa ja omaa osaamista kyseisestä osa-alueesta.

### **3.1 Kehittämistutkimus, laadullisen tutkimuksen käyttö ja suunnitteluprosessi**

Kehittämistutkimus on syklinen menetelmä tutkimuksen ja kehittämisen yhdistelmästä. Prosessi etenee jaksoittain, jonka osat ovat ongelma, toimenpide-ehdotus, toteutus ja tulosten vertailu. Kehityksen taustalla on tarve muutoksesta parempaan. Kehittämistutkimuksen tulee sisältää tutkimuksen, tutkimusprosessin ja tulosten läpikäynti. (Kananen 2015, 33).

Kehittämistutkimus ei ole erillinen tutkimusmuoto. Se yhdistelee kvalitatiivista ja kvantitatiivista tutkimusmuotoa tai pelkästään laadullista tutkimuksen muotoa, jossa tavoitteena on muutos. Kehittämistutkimuksessa voidaan parantaa menetelmää, organisaatiota tai tuotetta. Kehittämistutkimus on laadullista ja määrällistä tutkimusta laajempi kokonaisuus, koska siinä myös poistetaan ongelma. (Kananen 2015, 39–40).

Kehittäminen alkaa tiedostamalla ongelma, johon tahdotaan vaikuttaa. Ongelmaa ja siihen vaikuttavia tekijöitä tulee analysoida tarkkaan parhaan mahdollisen lopputuloksen saavuttamiseksi. Analysointi ja vaihtoehtoiset ratkaisut vaativat tutkimusta. Tutkimuksen laajuus riippuu ongelman laajuudesta ja tutkimustiedon saatavuudesta. (Kananen 2015, 41).

Kehittämistutkimuksessa kohteena voi olla lähes mikä tahansa osa-alue mihin voidaan vaikuttaa. Tutkimuksen rajaaminen on kehittämistutkimuksessa oleellista. (Tutkimusmenetelmät kehittämis-, toiminta, case N.d)

Kehittämistutkimuksessa tutkimusta suorittava henkilö on ulkopuolinen toimija. Tässä kohdassa mennään osittain toimintatutkimuksen puolelle, missä tutkimusta suorittava henkilö on sisäinen toimija. Tutkimuksen suorittajana olen osittain sisäinen toimija. Suunniteltava laite ei tule oman joukko-osastoni käyttöön, eikä meillä ole käytössä tuotteen edeltävää versiota, joten osittain olen myös ulkopuolinen toimija. Toimintatutkimuksessa pyritään muuttamaan asioita ja seuraamaan muutoksen vaikutuksia. Tässä suunnittelussa ei ole mahdollista ensin kehittää tuotetta ja sen jälkeen analysoida suoritettua tuotosta. Suunniteltua laitetta analysoidaan ja sen perusteella muodostetaan paras mahdollinen suunnitelma laitteesta. Valmiin tuotteen analysointi ei tässä opinnäytetyössä ole mahdollista. (Opinnäytetyö – kehittämisprojekti N.d.)

Kehittämistutkimus on soveltuvin menetelmä tähän työhön. On olemassa ongelma, johon tahdotaan ratkaisu. Ratkaisuna toimii uuden laitteen suunnittelu, mutta tämä vaatii tutkimusta. Parhaan mahdollisen lopputuloksen saavuttamiseksi täytyy tarkkaan puntaroida edellisen laitteen haasteet. Tutkimusta vaaditaan myös siihen, että suunniteltava laite on asetusten, määräysten ja ohjeiden mukainen. Tutkimus ja toteutus on tarkkaan rajattu. Ilman rajausta työ olisi nykyistä laajempi ja veisi paljon resursseja.

Laadullinen tutkimus jakaantuu tutkimustiedon keräämisen osalta olemassa olevaan kirjallisuuteen, dokumentteihin ja verkosta saatavaan materiaaliin ja toisena osiona ongelmaa varten kerättyyn aineistoon. Työtä varten kerättävää aineistoa on havainnoinnit, haastattelut ja näiden perusteella muodostetut aineistot. (Kananen 2015, 76).

Laitteen suunnittelussa on hyödynnetty suunnitteluprosessin periaatetta sovelletusti. Suunnitteluprosessissa pidetään alkukatselmus, tarvittava määrä välikatselmuksia ja loppukatselmus. Suunnitteluprosessi jakaantuu erään määritelmän mukaan seuraaviin vaiheisiin: esitutkimus, luonnostelu, suunnittelu ja viimeistely.

Esitutkimuksessa projekti analysoidaan. Selvitetään tavoite, ja päätetään mitä lähdetään korjaamaan. Otetaan huomioon asiakkaan tarpeet ja vaatimukset ja tekniset mahdollisuudet. Kerätään mahdollisia toiveita ja odotuksia sekä pohditaan vaatimusten oikeellisuutta. Esitutkimuksessa muodostetaan alustava tuote-erittely ja muodostetaan vaatimuslista. Vaatimukset jaotellaan kiinteisiin ja vähimmäisvaatimukseen sekä toiveisiin. Kiinteät tulee täyttyä, vähimmäisvaatimusten saavuttaminen on toivottavaa ja toiveita toteutetaan mahdollisuuksien mukaan.

Luonnosteluvaiheessa muodostetaan tulos. Muodostetaan lopullinen kokoonpano, tavoitteet ja konsepti. Esitetään ratkaisuvaihtoehdot ja valinnat perusteluineen.

Suunnitteluvaiheessa tuote kehitetään mahdollisimman pitkälle. Suunnitellaan yksityiskohdat ja optimoidaan. Arvioidaan suunnittelun tulosta ja korjataan mahdollisia heikkouksia. Pyritään toteuttamaan rakennemuotoilun perussäännöt; yksikäsitteisyys, yksinkertaisuus ja turvallisuus.

Viimeistelyvaiheessa tuotetaan tarvittavat dokumentit tuotteesta ja viimeistellään suunniteltu tuote. Testataan prototyyppi ja korjataan kokeilukäytössä havaitut puutteet. Lopuksi saatetaan valmis tuote markkinoille. (Suunnitteluprosessi N.d.)

### **3.2 Aineiston keruu**

Haastattelut kohdistettiin harkitusti valituille aihepiirin asiantuntijoille. Haastattelu toteutettiin avoimena haastatteluna aiheesta keskustellen. Lisäksi tarkentavia kysymyksiä esitettiin puhelimitse ja sähköpostin välityksellä koko projektin aikana aina tarpeen vaatiessa. Haastatteluista on kerätty muistiinpanoja. Haastattelujen yhteydessä, katselmoinneissa ja erillisinä tapahtumina on suoritettu havainnointia. Minulla ei ole ollut ennen työtä laajaa kokemusta tästä osa-alueelta. Olen tutustunut aihealueeseen ja siihen kuuluvaan laitteistoon. Kirjallisuuden osalta lähdeaineistona ovat Ilmavoimien polttoainehuollon ohjeistus ja lentokonekaluston ohjekirjallisuus tankkauksen osalta. Sähköisinä lähteinä on käytetty SFS-standardeja, laitevalmistajien verkkosivuja ja laitteiden tuotetietoja.

Näillä menetelmillä on saatu kerättyä kattavasti tietoa suunnitteluprosessia varten. Sopiva yhdistelmä ammattitaitoa, ulkopuolisena toimijana eri näkökulmasta havainnointia ja kirjallista lähdeaineistoa.

### **3.3 Aineiston analyysi**

Suoritetuista kyselyistä, haastatteluista ja havainnoista kertyi laadullista aineistoa. Haastatteluista ja havainnoista kerättyä aineistoa analysoitiin vertaamalla sitä voimassa oleviin ohjeisiin ja menetelmiin. Olen pohtinut kriittisesti toimintatapojen eroavaisuuksia ja pyrkinyt muodostamaan toiminnan kannalta toimivimman ja ohjeiden ja tavoitteiden mukaisen ratkaisun. (Tiedon analysointi ja hyödyntäminen N.d.)

Aineiston perusteella on muodostettu vaatimukset suunniteltavalle laitteelle. Vaatimuksissa on otettu huomioon määräysten ja ohjeistuksen vaatimukset. Toiveita on kerätty ja niiden toteutuksen mahdollisuutta on tarkasteltu kriittisesti.

## **4 Suunnittelussa huomioitu lainsäädäntö, ohjeet ja standardit**

Suunnittelussa on hyödynnetty standardia SFS-EN 12312-5:2021 Lentokoneiden maakalusto, erityisvaatimukset, osa 5. Lentokoneiden tankkauskalusto. Standardi SFS-EN 12312-5:2021 ei suoraan koske suunniteltua laitetta, koska siinä on rajattu dokumentin ulkopuolelle käsivoimainen

tankkauskalusto ja hydrant-järjestelmä. Tankkauslaite on suunniteltu toimivaksi hydrant-järjestelmän pumpun paineella. Tankkauslaitteessa ei ole painetta tuottavaa pumppua eikä käyttövoimaa tuottavaa moottoria. Standardista on otettu huomioon itse tankkauslaitetta koskeva aineisto. Tankkauslaite on hinattava laite, joten suunnittelussa on jätetty huomioimatta pelkästään ajoneuvoja koskevat vaatimukset.

Lentokaluston tankkauslaitteiden suunnittelussa tulee ottaa huomioon soveltuvin osin SFS-EN 1915-1:2003 ja standardin osat 2–4. Standardit käsittelevät lentoteknisen maakaluston yleisiä turvallisuusvaatimuksia. Ensimmäisen osan dokumentissa kerrotut vaatimukset on pääsääntöisesti tuotu esille tankkauskaluston omassa standardissa. SFS-EN ISO 12100 Koneturvallisuus, Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen standardi tulee myös huomioida. (SFS EN 12312-5:2021)

Laitteen suunnittelussa on tarkastettu konedirektiivin 2006/42/EY vaatimukset. Direktiivin mukaan sitä ei sovelleta erityisesti sotilaskäyttöön tarkoitettuihin laitteisiin. Tankkauslaite suunnitellaan sotilaskäyttöön. Edellisissä kappaleissa mainitut SFS-standardit ovat kattavuudeltaan riittävät laitteen suunnitteluun ja direktiiviä ei erikseen huomioida. Konedirektiivin ja IPO N.d. mukaan CE-merkintä ei ole tarpeellinen laitteelle, joka on suunniteltu ainoastaan sotilaskäyttöön.

Käytössä olevan tankkauskaluston ohjeissa ja dokumenteissa on toteutusta tukevaa materiaalia, ja nämä on otettu huomioon laitteen suunnittelussa. Mahdolliset haasteet aiemman kaluston osalta on pyritty eliminoimaan suunnittelussa.

Ilmavoimien polttoainehuollon ohjeistus (IPO) ohjeistaa nimensä mukaisesti lentopolttoainehuollon eri osa-alueita. Se on luotu yleisohjeeksi lentopolttoainehenkilöstölle ja koskee kaikkia Ilmavoimien käytössä olevia lentokalustotyyppisiä. (IPO, N.d. 1–1–1.) Tankkauslaitteen suunnitteluun ohjeesta löytyy yleistietoa, työ- ja palvelusturvallisuusasiaa, tietoa polttoaineista ja sen lisäaineista, polttoainehuollon laadunvarmistuksesta, polttoaineen käsittelystä ja kaluston käytöstä. IPO:sta löytyy myös tietoa käytössä olevista järjestelmistä ja polttoainekaluston pääkomponenteista.

MAPO eli Ilmavoimien lentotekninen maapalveluohje on lentokaluston lentoteknisen henkilöstön yleisohje koko käytössä olevalle lentokalustolle. (Mapo N.d. 1–1–1) Ohjeesta löytyy yleistietoa toiminnasta, työturvallisuudesta ja lentoteknisistä laitteista. Tankkauslaite luetaan myös lentotekniseksi laitteeksi.

## **5 Tankkauslaitteen suunnitteluprosessi**

### **5.1 Esitutkimus**

Laitteen suunnittelu alkoi aiheeseen tutustumalla ja kartoittamalla haasteita edellisen tankkauslaitteen osalta. Aloituskartoitus toteutettiin käyttäjätahon kanssa samalla tutustuen vanhaan laitteistoon ja erilaisiin ratkaisuihin. Selvitettiin toiveita ja odotuksia uuden tankkauslaitteen toiminnan osalta. Aloituspalaveri pidettiin myös järjestelmävastaavan ja teollisuuden edustajan kanssa. Haastattelussa käytiin läpi edellisen version haasteet, alustavat vaatimukset laitteelle ja markkinoilla olevat mahdolliset vaihtoehdot ja komponenttien valmistajat. Lentopolttoaineiden tankkauslaitteiden komponentteja ei juurikaan ole kotimaan markkinoilla. Euroopasta ja Pohjois-Amerikasta löytyy hyvin valikoimaa. Alkuvaiheessa muodostui suunnittelun pohjaksi kaksi eri rakennevaihtoehtoa, jotka poikkesivat toisistaan merkittävästi. Markkinoilla on erilaisia valmiita ratkaisuja olemassa, mutta sopivaa tuotetta ei kuitenkaan markkinointikatselmuksessa löytynyt.

Edellisen tankkauslaitteversion suurena haasteena on painopisteongelmat. Viimeisimmässä modifikaatiossa tämä oli suuri haaste. Rakenne on raskas ja rasittaa alustarakennetta ja akselia. Laite on yksiakselinen hinattava laite, joka on varustettu nokkatuella. Kuva laitteesta kuviossa 2. Laitteessa on moottori ja pumppu, jotka tuottavat tarvittaessa tankkauspaineen. Päivittäisessä käytössä näitä ei tarvita. Laitteen omaa pumppua käytetään otettaessa polttoainetta erillisestä säiliöstä. Tämän kaltainen käyttö on harvinaisempaa, joten kaikissa laitteissa ei ole tarvetta omalle pumpulle ja moottorille. Tankkauslaitteessa on noin 20 metriä pitkä kolmen tuuman vahvuinen tankkausletku. Tankkausletku keritään laitteen ympärille aina päivän päätteeksi tai siirrettäessä laitetta. Letkun käsittely yksin on haastavaa ja raskasta.



Kuvio 2. Pumppukärry (Oja 2007, 30).

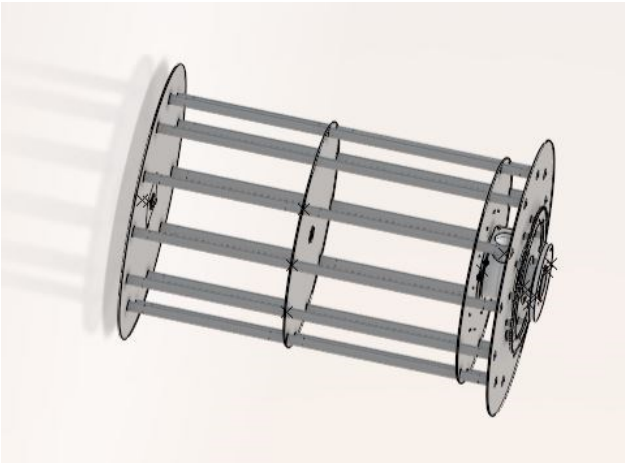
### 5.1.1 Rakennevaihtoehto 1. Puolivalmisteen jatkokehittäminen

Eräässä Ilmavoimien joukkoyksikössä oli aloitettu uuden laitteen suunnittelu ja alustava rakentaminen. Laite oli jäänyt kuitenkin vaiheeseen ajan puutteen ja henkilöstön vaihtuvuuden takia. Ensimmäisenä vaihtoehtona oli suunnitella tankkauslaite tämän puolivalmisteen pohjalta.

Runko oli valmistettu ruostumattomasta putkesta (kuvio 3). Ajatuksena oli, että runko toimii samalla huohotus ja keräilysäiliönä. Laite olisi edellisen tapaan yksiakselinen hinattava laite ja keulassa olisi nokkapyörä. Laitteisto tulisi rungon päälle ja ylös nousevaan putkikaareen kiinni. Puolivalmisteena oli myös letkukela. Kela on mallinnettuna kuviossa 4.



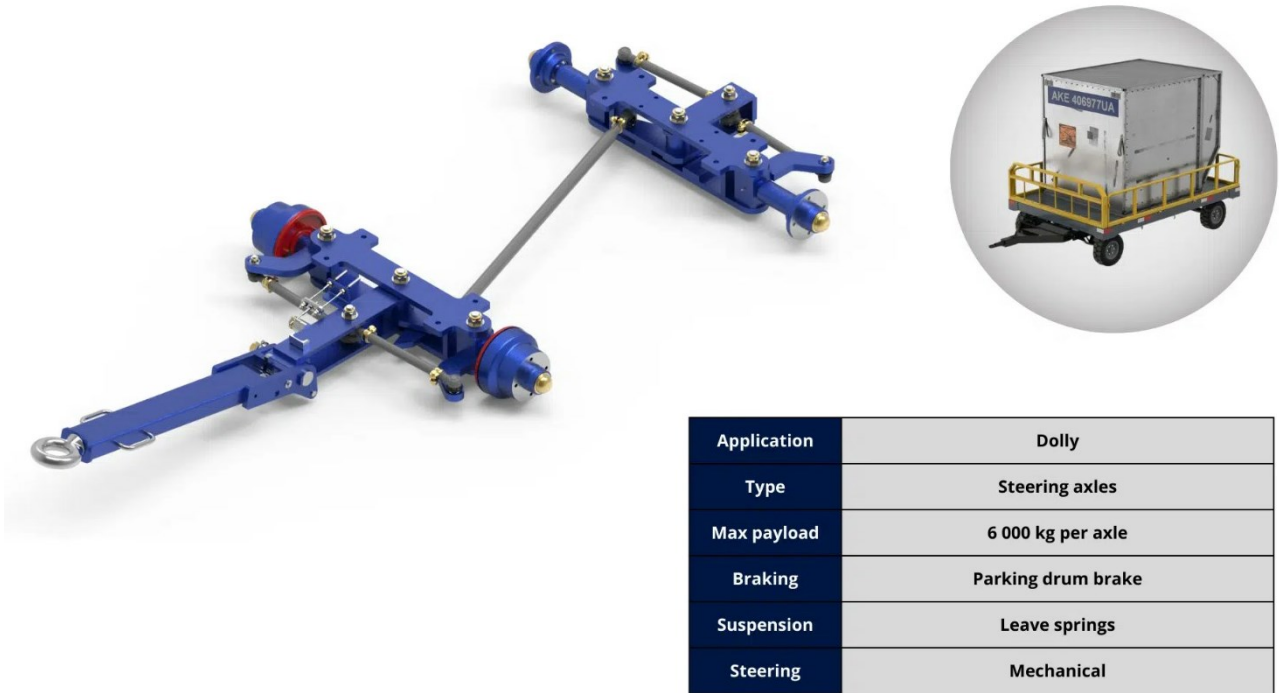
Kuvio 3. Puolivalmiste runko mallinnettuna



Kuvio 4. Puolivalmiste letkukela mallinnettuna.

### 5.1.2 Rakennevaihtoehto 2. Kaksiakselinen laite.

Toiseksi vaihtoehdoksi haastatteluiden perusteella nousi vankkurityyppinen kaksiakselinen rakenne. Laitteisto ja järjestelmä kasattaisiin rungon päälle. Kaupallisia valmisteita löytyy markkinoilta eri painoluokille raidetanko-ohjauksella ja integroidulla jarrujärjestelmällä. Rakenteesta havainnollistava kuva kuviossa 5.



Kuvio 5. Vaunun akseli (Kustomoitu akseli N.d.)

### 5.1.3 Vaatimusten määrittely

Aiemmalla laitteistolla on ollut haasteita painopisteen kanssa. Painopistehaasteet eivät saa toistua suunniteltavalla laitteella. Laitteiston tulee olla liikuteltavissa, toiminnan yksinkertaista ja käyttäjystävällistä. Tankkauslaitteen tulee toimia ilman omaa moottoria ja pumppua. Hydraulikkaa ja paineilmaa ei käytössä tarvita. Osien ja laitteiden tulee pääosin olla kaupallisia olemassa olevia tuotteita ja komponentteja varaosasaatavuuden maksimoimiseksi. Laitteiden tulee olla suurilta osin samoja kuin käytössä olevassa kalustossa. Tämä mahdollistaa kevyemmän varaosavalikoiman varastossa ja laitteiden samankaltaisuuden ja käytön yhteneväisyyden. Mahdolliset uudet innovaatiot tulee kuitenkin ottaa huomioon sopivin osin. Vaatimuslista on esitetty liitteessä 1.

Laitteen suunnittelussa tulee ottaa huomioon mahdolliset riskit laitteen toiminnassa henkilöstö-, materiaali- ja ympäristövahinkojen välttämiseksi. Riskien tunnistaminen on tehty riskien arvioinnilla. Asetuksen 712 (2017, 52 §) mukaan tankkauslaitteesta ei saa päästä vuotamaan polttoainetta maaperään. Polttoaineen sekaan ei saa päästä mitään sinne kuulumatonta laitetta. Laitteisto ei saa heikentää lentopolttoaineen laatua ja sen pitää olla henkilöstölle turvallinen. Henkilöstön tulee osata käyttää tankkauslaitetta. (IPO, N.d. 2–1–2)

Tankkauslaitetta saa käyttää vain yhden tyyppisen polttoaineen käyttöön. Muita polttoainetyyppejä ei saa käyttää. (SFS EN 12312-5:2021,16)

#### 5.1.4 Laitteen vaatimukset

Laite ei saa ylittää 3,6 metrin korkeutta ja 3,6 metrin leveyttä. Tämän ylittävät osat tulee olla irrotettavissa. Painopisteen tulee olla riittävän alhaalla laitteen vakauden varmistamiseksi. Kaikki alustaan asennetut metalliosat tulee olla liitettynä yhteen ja kiinnitettynä runkoon. Laitteesta ei saa irrota tai pudota mitään tuotteita. Letkut, liittimet ja muut laitteet tulee olla kiinnitettynä. Mahdolliset ovet ja luukut eivät saa aueta itsestään. Polttoaineletkujen hankaus tulee minimoida. (SFS EN 12312-5:2021,15–16)

Polttoaineen varastointiin käytettävän säiliö tulee olla suunnittelultaan mitoiltaan ja valmistukseen riittävän tiivis ja luja. Sen tulee kestää polttoaineen vaikutus ja mahdolliset olosuhteiden ja häiriöiden aiheuttamat rasitukset. Säiliön osalta tulee ottaa myös huomioon mahdollisen paineen nousun aiheuttamat vaikutukset. L 390/2005, 49 §. Säiliön kahden vierekkäisen jäykisteen maksimietäisyys saa olla enintään 1750 mm (SFS EN 12312-5:2021,26)

Standardin SFS EN 12312 -5:2021,17 mukaan laitteessa tulisi olla oma paikkansa palopostikannen avaamiseen ja hätäkatkaisijalle. Mahdollisen ohjauspaneelin ja käyttökytkinten tulisi olla valaistu. Lisäksi käyttökytkinten ja mekanismien tulisi sijaita lantion ja hartioiden välisellä alueella. Näytteenottoventtiilit ja järjestelmän kannalta tarpeelliset laitteet voivat sijaita tämän alueen ulkopuolella. Tankkauslaitteen toimintojen käyttöön on oltava vapaa pääsy.

Asetuksen 712 (2017 68 §) mukaan laite on maadoitettava, mikäli staattinen sähkö voi aiheuttaa vaaraa. Tankkauslaitteen ja lentokoneen välillä on oltava maadoituskaapeli. Resistanssi koneen ja laitteen välillä ei saa ylittää 25 ohmia. Tankkauslaitteessa tulee olla tarvittavat maadoituksen liittytapistet. (SFS EN 12312-5:2021,16) Staattinen sähkö tulee voida poistaa. Tankkauslaitteessa tulee olla hätäkatkaisin. (SFS EN 12312-5:2021,22)

Polttoaineletkun ohjaimien ja muiden aukkojen osalta on otettava huomioon puristumis- ja leikkautumisriskit. (SFS EN 12312-5:2021,19) Laitteessa tulee olla seisontajarru. (SFS EN 12312-5:2021,18) (SFS EN 1915-1:2023, 22)

Käytettäessä markkinoilla olevia valmiita alustaratkaisuja, ajonopeudet ja mahdolliset kuormitus-tekijät tulee huomioida. Alustaa on tarvittaessa muutettava tai vahvistettava käyttötarkoitukseen sopivaksi. Muutokset tulee toteuttaa valmistajan ohjeiden mukaisesti tai tuotteesta on toimitettava valmistajan vakuutus. (SFS EN 12312-5:2021,17)

Väliaikaiseen polttoaineen säilytykseen käytettävän säiliön tulee olla kaksivaippainen. Yksivaippaisena säiliö täytyy sijoittaa valuma-altaaseen. IBC-pakkauksen alaosassa ei saa olla yhdettä. Pakkaus täytyy olla nostettavissa. A 712/2017, 46 §.

Letkun täytyy olla tiivis ja sen täytyy kestää polttoaineen vaikutus sekä mahdollisesta häiriötilanteesta johtuva rasitus, paineen nousu ja lämpötila. Letku tulee mitoittaa käyttöpaineelle. A 712/2017, 48 §.

Polttoaineen tankkauslaitteet on suunniteltava 10 baarin käyttöpaineelle. Järjestelmä tulee ponnistaa 13 baarin paineella. Tämän jälkeen vuotoja ei saa ilmestyä 15 minuuttiin. Kaikkien paineellisten osien on kestettävä venttiilien sulkemisesta johtuva äkillinen paineen nousu. Polttoaine ei saa purkautua maan pinnalle. Varoventtiilien tulee olla testattavissa valmistajan ohjeen mukaisesti. (SFS EN 12312-5:2021,20)

Ilma-aluksen tankkauslaite tulee olla varustettuna polttoainesuodattimella. Laitteessa tulee olla virtausmittari (SFS EN 12312-5:2021,20) Lentopolttoaineilta vaaditaan korkeaa laatutasoa ja sen takia polttoaine tulee suodattaa. Suodatintyytit on määritelty polttoainekohtaisesti. Suodattimien tulee täyttää EI 1596:2013 vaatimukset. (SFS EN 12312-5:2021,39)

Polttoainejärjestelmän osien, kuten tiivisteiden ja liittimien tulee kestää käytettävää polttoainetta. Kierrettiivistyksissä saa käyttää ainoastaan PTFE teippiä. Putkiston ja sen osien tulee olla ruostumaton terästä tai alumiiniseosta. Putkistossa ei saa olla muovia, galvanoitua terästä, kupariseoksia eikä kadmiumpinnoitusta. Saumattujen alumiiniputkien käyttö on kielletty. (SFS EN 12312-5:2021,21)

Kaikki tyhjennyspisteet on varustettava itsesulkeutuvilla jousipalautteisilla venttiileillä. (SFS EN 12312-5:2021,21) Jousikuormitettu venttiili varmistaa sulkeutumisen ja ehkäisee mahdollisia kemikaalivuotoja.

Lentokoneen valmistajat ovat yleensä määritelleet maksimitankkauspaineksi 3,5 baaria. Polttoaineen tankkauspainetta on kyettävä rajoittamaan. Ilma-aluksen täyttöventtiilin sulkeutuessa on hallittava syntyvä ylipaine. Mikäli tankkauslaitteella on mahdollista ylittää 3,5 baarin paine, tai yli 1000 litraa minuutissa virtausnopeus, on laitteeseen asennettava riippumaton paineensäätöjärjestelmä taulukon 1 mukaisesti. (SFS EN 12312-5:2021,21)

Taulukko 1 Paineensäätövaatimukset (SFS EN 12312-5:2021,22)

Maximum achievable delivery pressure	Hose End Pressure Control Valve (HEPCV)	In Line Pressure Control Valve (ILPCV)
< 3,5 bar	Not required	Not required
< 5,5 bar < 1 000 l/min	Yes	Not required
< 5,5 bar, > 1 000 l/min	Yes	Yes
> 5,5 bar	Yes	Yes

HEPCV eli hose end pressure ja control valve on letkun päähän asennettu säädin. Sen tulee täyttää SAE AS5877B vaatimukset. Venttiili ohjaa painetta, rajoittaa virtausta ja hallitsee mahdollista ylipainetta. (SFS EN 12312-5:2021,22)

In line pressure control valve (ILPCV) on putkistoon asennettu putkistoon, imuletkuun tai hydrantjärjestelmän kaivon venttiiliin. Venttiiliä käytetään yhdessä venturin kanssa. Venturi mittaa letkun painetta ja venttiili säätää sitä. (SFS EN 12312-5:2021,22)

Kaikki ilma-alusten tankkauslaitteet tulee olla varustettu säädettävällä paineensäätöjärjestelmällä. Ilma-aluksen polttoainejärjestelmään ei saa muodostua ylipainetta. Tankkausletkujen tulee olla EN ISO 1825:2017 ja EI 1529:2014, Type C, Type B or Type F mukaisia. Letkujen tulee olla puolijohtavia. Tankkaussuutin tulee olla ISO 45:1990 ja SAE AS5877B mukainen. (SFS EN 12312-5:2021,23)

Säiliössä tulee olla vähintään yksi luukku. Luukuissa tulee olla polttoaineen kestävä tiivisteet. Säiliön aukkojen ja kansien tulee kestä riittävästi jännitystä. Rakenteessa täytyy olla huuhotus ylipaineen ehkäisemiseksi. (SFS EN 12312-5:2021,27–28)

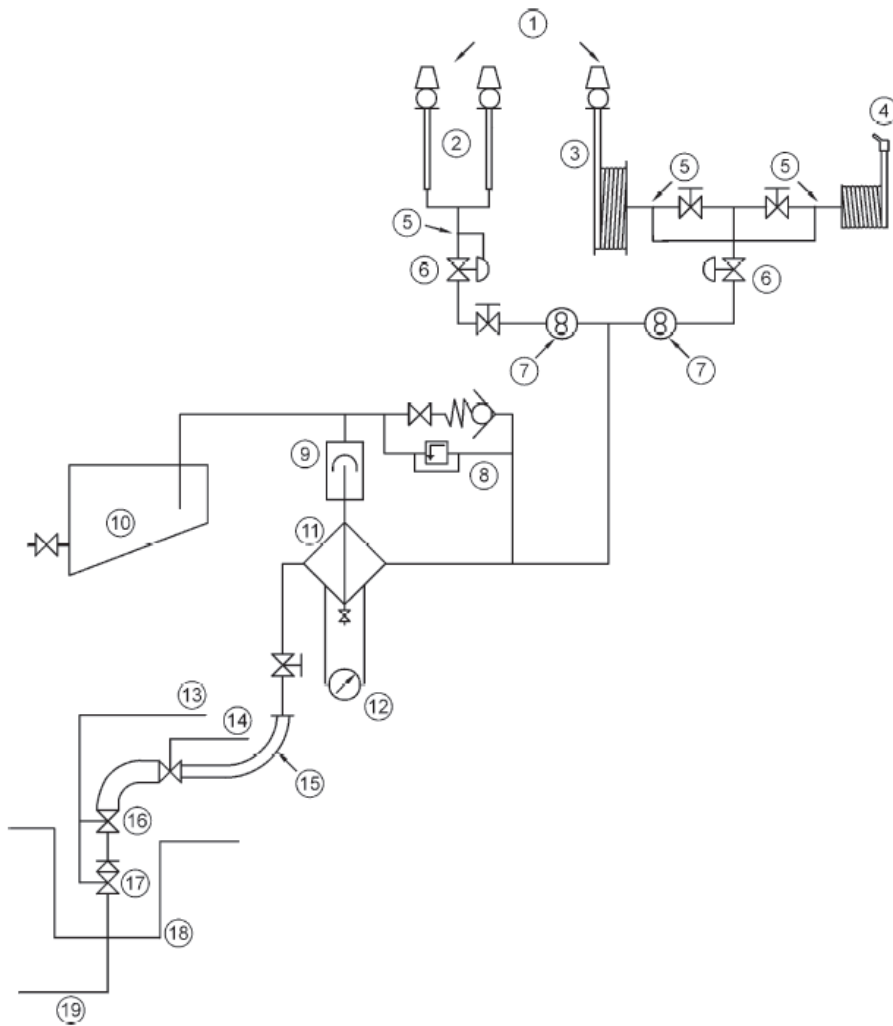
Säiliön osastot tulee olla suunniteltu siten, että säiliöön mahdollisesti kertyvä vesi pääsee valumaan pohjaan. Pituussuuntaisia ohjainlevyjä ei saa kiinnittää säiliön päähän. (SFS EN 12312-5:2021,27)

Maavaran tulee olla vähintään 200 mm osille, joiden vaurioituessa voi aiheutua polttoainejärjestelmän vuoto. Laitteessa on oltava merkattuna suurin sallittu akselipaino, suurin nopeus. Rengaspaineet tulee olla merkattuna renkaiden viereen. (SFS EN 12312-5:2021,28–29)

Säiliön rakenteessa ei saa olla kierrereikiä. Kierreputket saa olla maksimihalkaisijaltaan enintään 38 mm ja ne tulee olla hitsattuna molemmilta puolilta. Paksummissa putkissa tulee käyttää laippaliitoksia. Liitokset on suojattava kaatumisesta tai törmäyksestä aiheutuvilta vahingoilta. (SFS EN 12312-5:2021,28)

Käyttöohjeista tulee löytyä mitat, sähkökaavio, putkistokaavio, sallittu nopeus, ATEX, varotoimenpiteet letkurikossa, letkujen liittäminen, toimenpiteet häiriötilanteessa ja hätätilanteessa. Lisäksi päivittäistarkastukset ja turvallisuusvaatimukset. (SFS EN 12312-5:2021,30–31)

Polttoaineiden tankkauslaitteista on tyypillisesti muodostettu putkistokaavio, mistä selviää pääpiirteisesti laitteen toiminta ja pääkomponentit. (SFS EN 12312-5:2021,36) Kuviossa 6 on esimerkki putkistokaaviosta, jota usein myös toimintokaavioksi kutsutaan.



Kuvio 6. Hydrant-järjestelmän tankkauslaitteen putkistokaavion esimerkki (SFS EN 12312-5:2021,38)

Hinattavassa laitteessa tulisi olla punaiset takaheijastimet. Molemmilla sivuilla parit valkoisia ja keltaisia heijastimia. (SFS EN 1915-1:2023,24)

### 5.1.5 Alustava osaluettelo

Alkukatselmointien ja alustavan suunnittelun perusteella muodostui taulukon 2 mukainen alustava osaluettelo. Luettelossa on otettu huomioon ainoastaan järjestelmän pääkomponentit. Tässä vaiheessa ei vielä oteta huomioon esimerkiksi pieniä putkistoja ja niiden osia. Nämä tulevat mukaan suunnittelun edetessä ja tarpeen tullessa vastaan.

Taulukko 2. Alustava osaluettelo

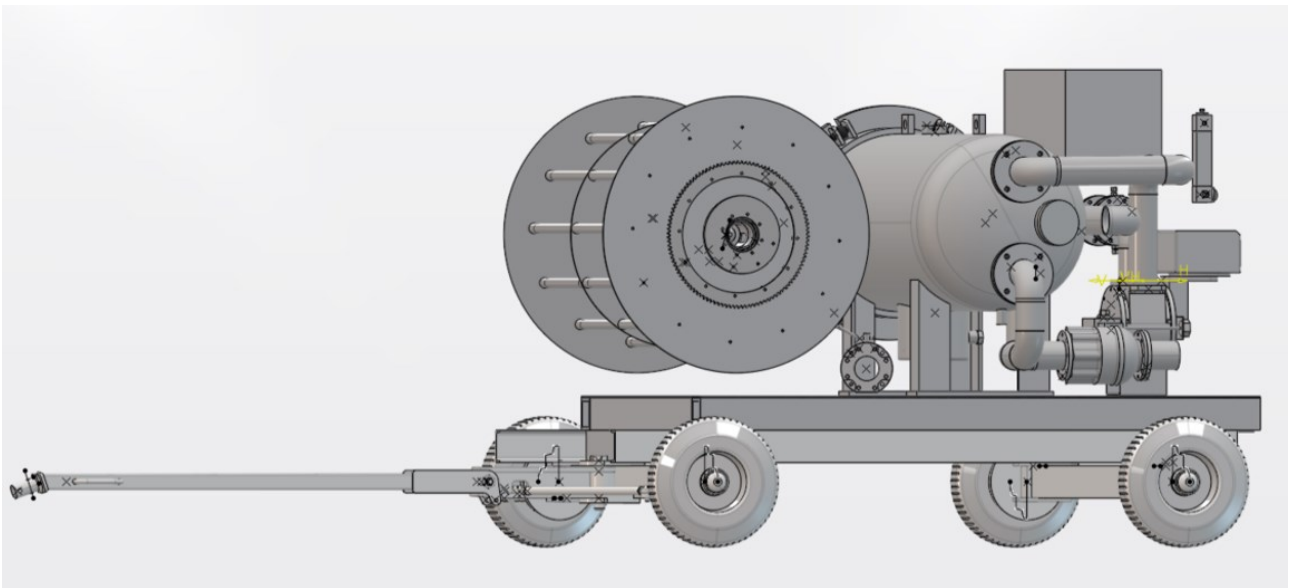
Alustava osaluettelo pääkomponenteista	
1.	Alusta sis. akseli, renkaat, hinausaisa
2.	Keräilysäiliö
3.	Imuletku tai tankkauspuomi
4.	Putkistovenntiilit
5.	Suodatinastia suodattimiseen
6.	Virtausmittari
7.	Automaattiventtiili
8.	Venturi
9.	Paineensäätöjärjestelmä
10.	Lisäainejärjestelmä
11.	Putkisto
12.	Letkukela
13.	Painemittari
14.	Tankkausletku
15.	Tankkausliitin
16.	Maadoituskela
17.	Sammutin
18.	Paineromittari
19.	Ilmanerotin

## 5.2 Luonnostelu

Aloin hahmotella tarkemmin eri variaatioita kokoonpanoista piirtämällä 3D-mallinnukset runkoratkaisuista. Esitutkimuksen perusteella kartoitin mahdollisia alustaratkaisuja ja alustavia komponenttivalintoja. Piirsin ja sijoitin runkojen päälle pääkomponentit. Muodostin polttoaineputkistosta alustavat ratkaisut ja sijoittelun. Luonnosteluvaiheen kaikki komponentit muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta mitoitin ja piirsin 3D-muotoon käytössä olevasta kalustosta. Sain Teollisuuden suunnittelijoilta muutamat komponentit valmiina malleina ja tämä helpotti työtä huomattavasti. Luonnosteluvaiheessa on tarkasteltu pääosin vain isompien komponenttien sijoitusta. Pienemmät komponentit asettuvat näiden perusteella omille paikoilleen ja tätä käsitellään suunnitteluvaiheessa. Välikatselmusta varten muodostettiin kolmesta eri versiosta 3D-mallit, listasin tärkeimmät arvot ja esitin omat ajatukseni eri versioiden toimivuudesta.

### 5.2.1 Vaihtoehto 1.

Ensimmäisenä vaihtoehtona on kaksiakselinen raidetanko-ohjauksella oleva alusta (kuvio 7). Ratkaisu on valmis kaupallinen tuote alustaratkaisuksi ja akseleista on eri versioita vastaamaan tarvittaviin vaatimuksiin. Etuakseliin on kiinnitetty vetoaisa. Hinauspääksi saa standardin mukaisia vetoapäitä. Rumpujarrut kytkeytyvät aisan ollessa maata vasten tai nostamalla aisan ylälukkoon. Tarvittaessa ohjauksen saa taka-akselillekin. Akselin massa kuvan mukaisella versiolla on noin 100 kg ja kantavuus 1000 kg. Hinausnopeus on maksimissaan 25 km/h.



Kuvio 7. Alustavaihtoehto 1.

Runkopalkeiksi valitsin S355JR U-palkit varmistamaan päällysrakenteen kantavuuden koko akselivälillä. Rungon päällä on alumiininen keräilysäiliö. Säiliön runko on putkipalkeista 100x100x10. Runko muodostaa säiliön yläosan. Runkoon on kiinnitetty alapuolelta tuplavaippainen kaukalo 5 mm alumiinilevystä. Yhdessä nämä muodostavat keräily- ja huohotussäiliön.

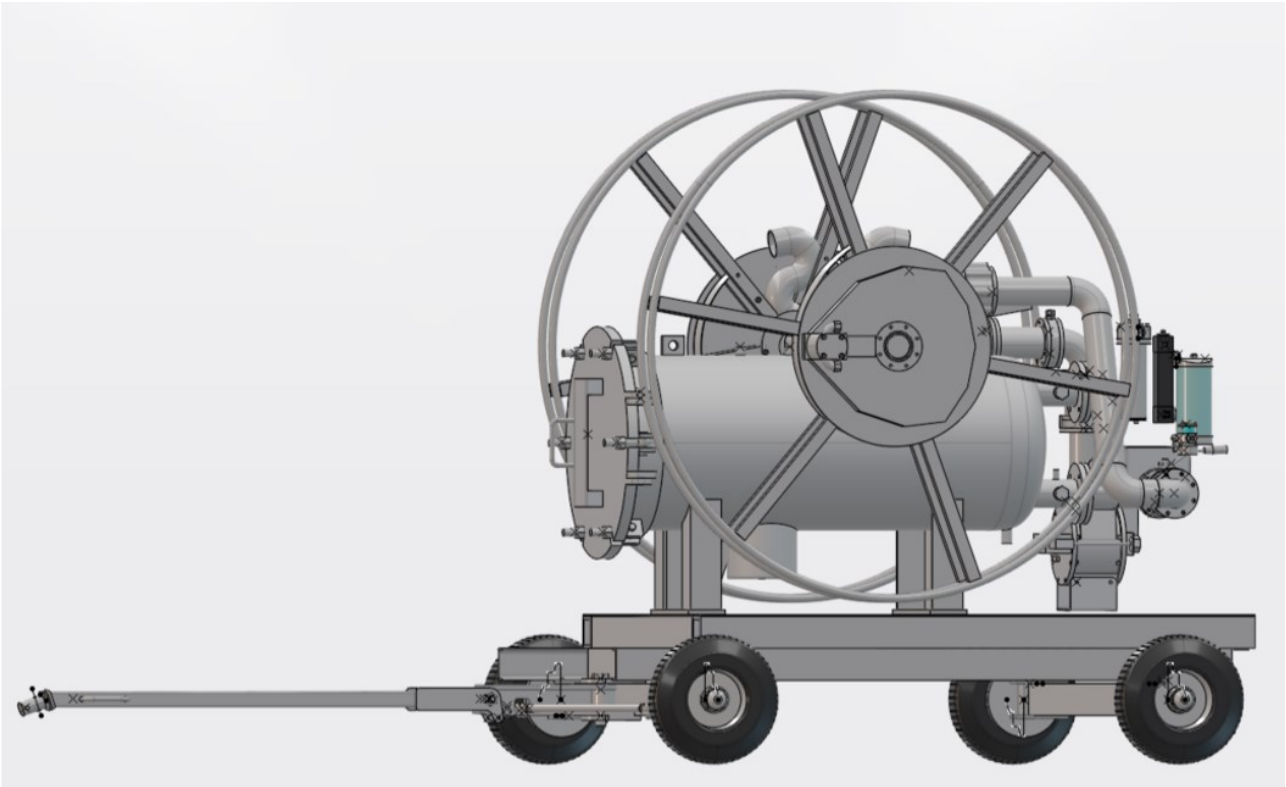
Rungon päälle on sijoitettu isoimpina pääkomponentteina esitutkimuksessa mainittu omavalmisteen letkukela ja suodatinastia. Isoimmat komponentit määrittelevät eniten tilaa vievinä valtaosan laitteiden sijoittelusta. Suodatinastiaksi valikoitui alustavasti uusimmissa käytössä olevissa painetankkausajoneuvoissa oleva vaihtoehto.

Tässä vaihtoehdossa haasteena on heti alustavassa sijoittelussa tilan ahtaus alustan päällä. Letkukela ja suodatinastia vievät huomattavasti tilaa. Painopiste on pituussuunnassa keskellä, mutta sivuttaissuunnassa valtaosa painosta on suodatinastian kannen puolella. Suodatinastian kansiosa on komponentin raskain osa.

### **5.2.2 Vaihtoehto 2.**

Toisessa vaihtoehdossa on käytössä sama alustaratkaisu ja keräilysäiliö, kuin ensimmäisessä. Suodatinastia on käännetty pituussuuntaiseksi ja letkukela on muutettu kaupalliseen tuotteeseen. Vastaavia keloja on käytössä painetankkausajoneuvoissa hydraulitoimisina. Vastaavanlainen letkukela löytyy käsikahvakäyttöisenä markkinoilta samalta valmistajalta. Imuletkulle on lisätty myös vastaavanlainen kela. Kela on kokoluokaltaan noin 3 metriä imuletkulle liian suuri. Kela on mitoitettu 20 metriä pitkälle tankkausletkulle. Kuviossa 8 näkyy, että laitteen kokonaiskorkeus nousee tämän mallin letkukelalla. Korkeus on maanpinnasta kuitenkin vain 2,01 m.

Ratkaisu vaikuttaa paremmalta, mutta toinen letkukela on ylimitoitettu tarpeeseen nähden ja vie paljon tilaa. Painopiste on sivuttaissuunnassa keskellä, pituussuunnassa hiukan edessä suodatinastian kannen takia. Putkien pituus lyhenee suodatinastian sisään- ja ulosmenon ollessa takapäässä laitetta.

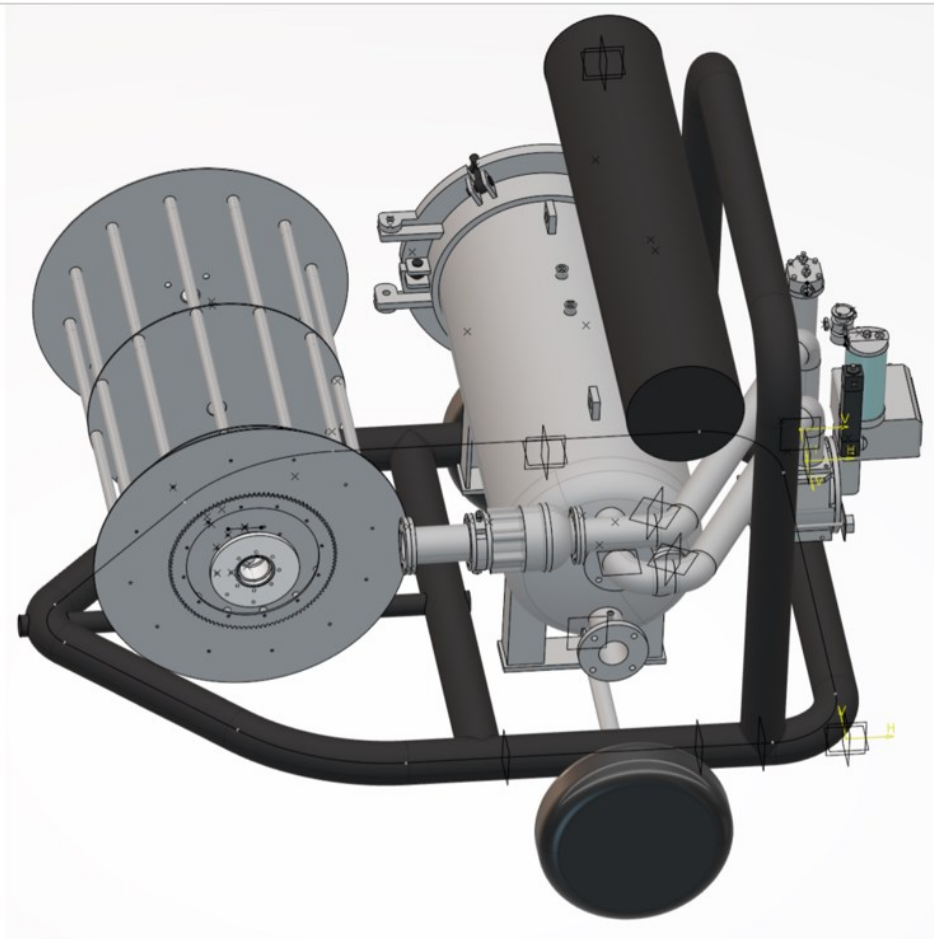


Kuvio 8. Vaihtoehto 2.

### 5.2.3 Vaihtoehto 3.

Kolmas vaihtoehto muodostui putkirunkoisen puolivalmisteiden päälle (kuvio 9). Letkukelana on vaakamallin oma valmistus. Putkirunko toimii keräily- ja huohotussäiliönä. Suodatinastia määrittää painopisteen ja yksiakselisena astia määrittää akselin sijainnin. Putkirungon päälle tuleville laitteille tulisi valmistaa erilliset alusta- ja kiinnitysratkaisut.

Pääkomponenttien sijoittelussa haasteeksi tulee tilan ahtaus. Suodatinastian ollessa pituussuunnassa, sen tulee olla lähellä keskikohtaa painopisteen takia. Tällöin letkukelalle ei jää tilaa. Vaaka-suunnassa painopiste tulee toiselle reunalle ja putkien pituus kasvaa tarvittavien käyttölaitteiden ollessa käyttäjälle parhaalla sijainnilla takana tai edessä. Laitteen painopiste nousee kohtalaisen ylös. Mahdolliset myöhemmin tehtävät modifikaatiot haastaisivat jälleen painopisteen osalta. Akselin sijainnin tulisi olla helposti siirrettävissä.



Kuvio 9. Vaihtoehto 3.

#### 5.2.4 Vaihtoehtoisia ratkaisuja

Pääkomponenttien sijoittelun haasteisiin täytyi syventyä tarkemmin pohtimalla komponenttivaihtoehtoja. Vanhemman mallisissa painetankkausajoneuvoissa suodatinastiat ovat kokoluokaltaan pienempiä ja pienempi koko toisi mahdollisuuksia tilankäytölle. Uuden mallinen suodatinastia oli kuitenkin määritelty vaihtoehdoksi alustavassa katselmoinnissa. Se oli uudempi ja suorituskykyisempi. Letkukeloja on markkinoilla muitakin vaihtoehtoja, mutta soveltuvuus polttoainekäyttöön rajoittaa valikoimaa. Kaikista malleista ei ollut julkisissa lähteissä saatavilla riittävästi tietoa. Kuvion 10 tyyppinen nivelletty lastausvarsi olisi käyttäjäystävällinen ratkaisu imuletkulle. Varsi tuottaisi kuitenkin jonkinasteista rasitusta runkorakenteelle ja vaatisi oman tilan säilytykselle. Ratkaisu on kustannuksiltaan letkua suurempi.



Kuvio 10. Esimerkkikuva lastausvarresta. ( Maalaitteet N.d.)

### 5.2.5 Kokoonpanon valinta

Välikatselmuksesta ei tullut yksimielistä päätöstä tuotteen rakenteesta, joten lähdin toimeksiantajan ohjauksesta toteuttamaan omasta mielestäni parasta ratkaisua. Yksiakselisella alustalla on ollut haasteita painopisteen osalta ja tuotesijoittelu saattaa tuottaa ongelmia ahtaamman rungon osalta. Liian tiivis kokoonpano saattaa haastaa laitteen määräaikaishuolloissa ja tarkastuksissa. Mahdolliset tulevaisuuden modifikaatiot saattavat olla haasteellisia. Kaksiakselinen rakenne poistaa painopistehaasteet. Akselit ja aisa on valmis kaupallinen tuote ja osia löytyy eri mitoilla ja painoluokilla. Aisan kulmalla toimiva rumpujarruratkaisu on varma ja turvallinen.

Letkukelaksi valikoitui pystymallin käsikäyttöinen letkukela. Valmis kaupallinen tuote mahdollistaa varaosasaatavuudet eikä kela tarvitse erikseen suunnitella ja valmistaa. Pystymalli myös säästää tilaa rungon päällä.

Suodatinastiaksi valikoitui tässä vaiheessa aiemmin määritelty malli. Astian koko hiukan haastaa, mutta se ei muodostu ongelmaksi. Suodatinastiaa saa tarvittaessa kevyemmäksi valmistamalla siitä alumiinisen version. Tämä vaatisi luvan valmistajalta ja se aiheuttaisi kustannuksia.

Nivelletty tankkauspuomi olisi käyttäjäystävällinen ratkaisu. Se kuitenkin aiheuttaisi puomi pitkänä jonkin verran rasitusta kiinnityspisteessään alustan rakenteelle. Alustan päällysrakenteen toimissa polttoainesäiliönä ylimääräinen rasitus on huono ratkaisu. Rasituksia ei ole todennettu. Todennäköisesti valmistajalta saisi suoraan tarvittavat tiedot. Tankkauspuomi vaatii jonkin verran tilaa alustan päältä ja sen saisi todennäköisesti mahtumaan siihen. Tankkauspuomi olisi kohtalaisen

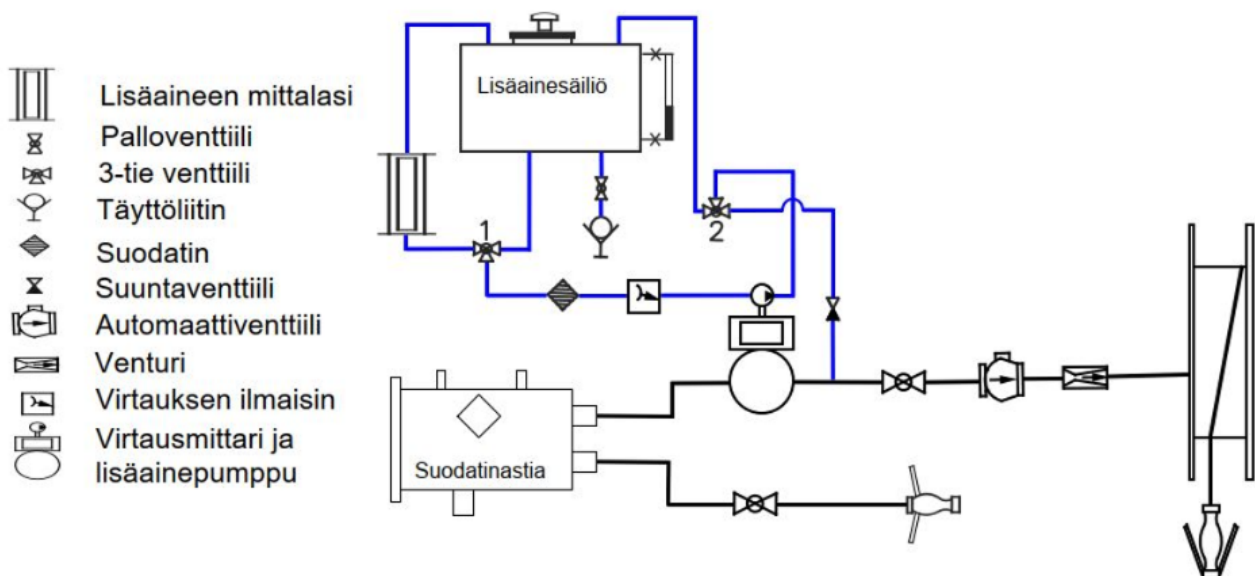
vähällä käytöllä. Päivittäisessä toiminnassa se vedetään aamulla pitkäksi ja iltapäivällä takaisin nippuun. Kesäolosuhteissa käsittelyn tarve on vielä harvinaisempaa. Kuuden metrin letku kolmen tuuman vahvuisena on tässä tapauksessa mielestäni huomattavasti kustannustehokkaampi ratkaisu. Letkukelat on mitoitettu pidemmille letkuille ja tämän mittainen letku vaatisi omavalmisteen. Letkukela ratkaisuna lisäisi jonkin verran putkituksen tarvetta. Mielestäni letkukelakaan ei ole toimiva ratkaisu. Näistä syistä päädyin imuletkuun.

### 5.3 Suunnittelu

Luonnosteluvaiheessa tehtiin merkitykseltään vaikuttavimmat komponenttivalinnat ja niiden sijoittelut. Ne vaikuttivat suuresti kokonaisuuteen ja muiden osien ja laitteiden sijoitteluun. Suunnitteluvaiheessa näihin syvennytään tarkemmin ja käsitellään kaikki laitteen toimintaan vaikuttavat komponentit.

#### 5.3.1 Laitteen toiminta pääpiirteittäin

Laitteen karkea toiminta ja pääkomponentit on esitetty kuvion 11 toimintokaaviossa. Kaaviossa on mustalla polttoainejärjestelmä ja sinisellä lisäainejärjestelmä.



Kuvio 11. Tankkauslaitteen toimintokaavio

Tankkauslaitteen imuliitin kiinnitetään hydrant-järjestelmän kaivon liittimelle. Ennen suodatinta järjestelmässä on sulkuventtiili. Polttoaine kiertää suodatinastian sisältä virtausmittarille. Virtausmittarin jälkeen polttoainelinjastoon lisätään lisäaine. Lisäaineistettu polttoaine siirtyy sulkuventtiin, automaattiventtiin ja venturin kautta letkukelalle ja tankkausliittimelle.

Lisäainesäiliössä on erillinen täyttöliitin. Kolmitieventtiilillä lisäaineen syöttö ohjataan mittalasille tai suodattimelle. Suodattimen jälkeen on virtauksen ilmaisin. Virtauksen ilmaisimen jälkeen polttoaineen virtausmittariin integroitu lisäainepumppu tuottaa lisäainejärjestelmälle paineen. Toisella kolmitieventtiilillä lisäaine ohjataan takaisin säiliöön tai polttoaineputkistoon suuntaventtiin kautta. Järjestelmän tarkempi toiminta on kuvattu laitteiden yhteydessä.

### **5.3.2 Alusta**

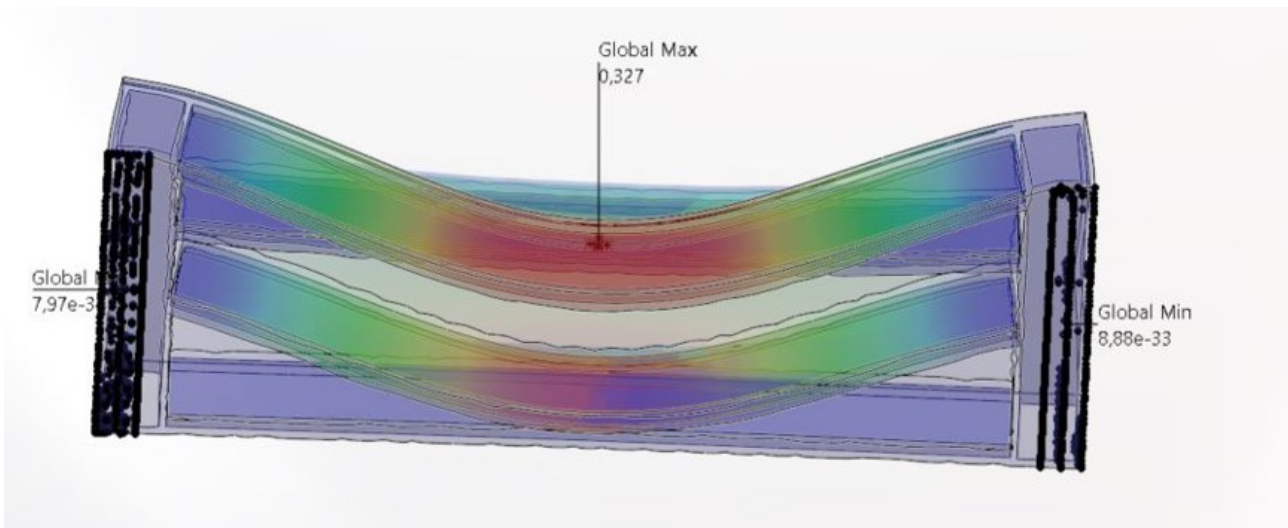
Alustarakenteeksi valikoitui ranskalaisen Paillard Axles yrityksen tuote. Yrityksellä on laaja valikoima akseleita eri tarkoituksiin ja eri painoluokille. Kotimaisella teollisuudella on valmiit hankintakanavat yritykseen, ja tätä kautta sain tarkempia tietoja tarkoitukseen soveltuvasta akselimallista. Raidetanko-ohjaus tuo ketteryyttä ja tuotteen jarrujärjestelmä soveltuu hyvin hinattavalle laitteelle. Aisan ollessa maassa tai ylälukossa, etuakselin rumpujarrut kytkeytyvät. Aisan hinauspäähän saa standardin mukaisia vaihtopäitä. Valitun akselimallin kantavuus on 1000 kg. Valmistajan ja SFS EN 12312-5 (2021, 15) mukaan hinausnopeus saa olla enintään 25 km/h. Aisan kääntösäde on 40 astetta. Taka-akseli on ilman raidetanko-ohjausta. Runkopalkkeiksi S355JR u-palkit kantamaan valtaosan massasta. Runkopalkkien alapuolelle on lisätty trukkipiikitaskut mahdollisia nostotarpeita varten. Laitetta saa nostaa vain tyhjänä.

### **5.3.3 Keräilyssäiliö**

Keräilyssäiliö on järjestelmän huohotuksia ja laitteen polttoaineen laadunvarmistuksesta kertyvää polttoainetta varten. Polttoaineen laadunvarmistukseen ei näin tarvita erillistä säiliötä, mihin näy-  
tepetroli kerätään. Tankkauslaitteen säiliö voidaan tyhjätä erikseen. Keräilyssäiliön runko muodostuu alumiinisista EN AW-6060 T66 putkipalkeista kooltaan 100 mm x 100 mm x 10 mm. Kaksi pituussuuntaista palkkia on reunoilla, etu- ja takapäässä on poikittaispalkki ja keskivaiheilla on kolmas poikittaispalkki. Runkopalkkeihin on upotettu kiinnityspisteitä päällysrakenteen laitteille. Kiinnityspisteissä on kierrereivät. Kiinnikkeet hitsataan yläpäästä runkopalkkiin kiinni. Putkipalkki

toimii tuplavaippaisena rakenteena säiliölle. Kaikki saumat tulee hitsata umpeen. Säiliö sijaitsee alustan runkopalkkien päällä ja sisäpuolella. Runkopalkit suojaavat osaltaan säiliötä mahdollisilta törmäyksiltä. Alapuolelta akselit ja trukkipiikitaskut suojaavat säiliötä.

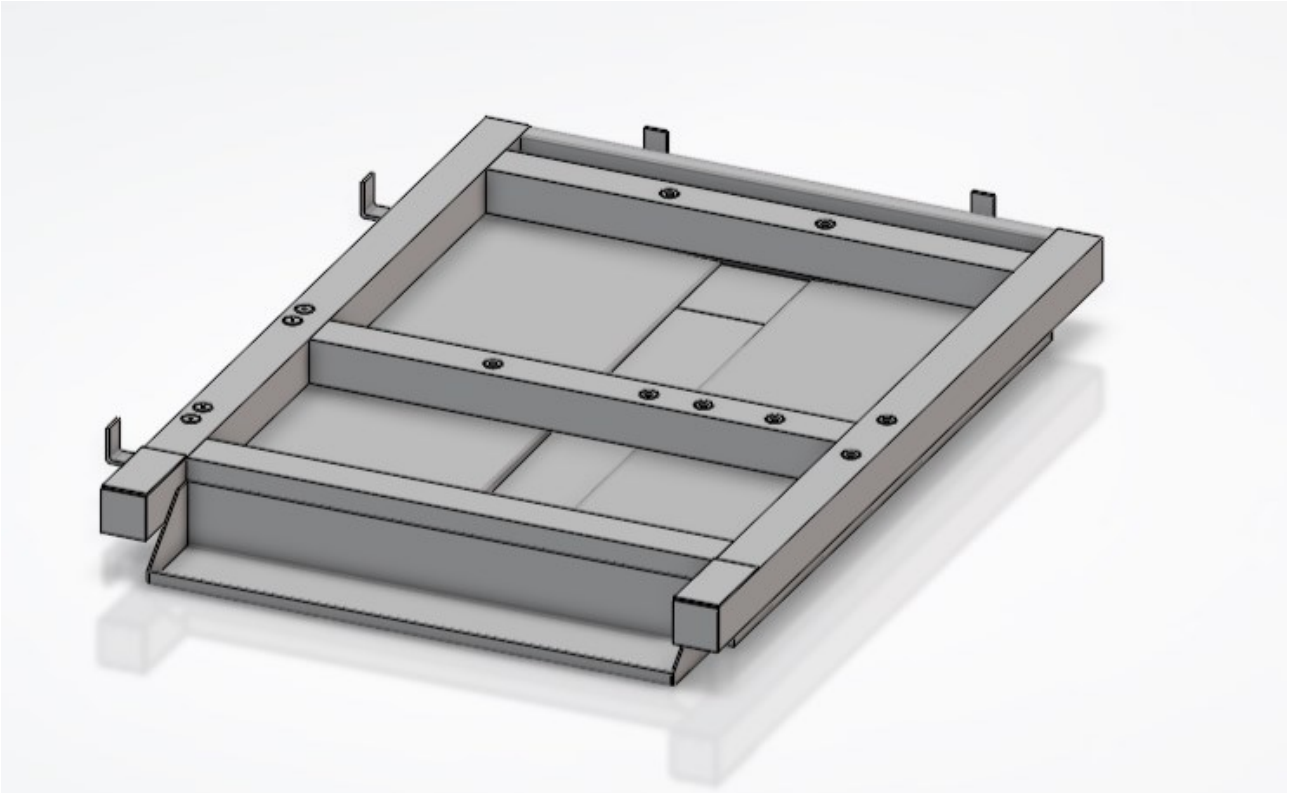
Runkopalkit toimivat samalla laitteen runkona ja ne ovat kooltaan ylimitoitettuja mahdollisten törmäysten ja iskujen varalta. Runko suojaa muuta säiliön rakennetta vaurioilta ja niiden aiheuttamilta kemikaalivuodoilta. Rungon kantavuus on simuloitu 3D-mallinnusohjelmalla (kuvio 12). Poikittaisten runkopalkkien keskivaiheille on kohdistettu 1000 kg kuorma. Kuorma on kaksinkertainen päälle tulevien laitteiden ja putkiston painoon verrattuna. Tukipisteinä on toiminut pitkittäispalkkien sivuosat, jotka sijoittuvat alustan runkopalkkien päälle. Maksimitaipuma poikittaispalkeilla on 0,327 mm, eli hyvin minimaalinen. Simulointi on toteutettu sovelletusti ja koko runko on yhtä kappaletta. Simulointia ei ole opetettu opinnoissa. Opettelin itse suorittamaan yksinkertaisen kuormitustestin. Mittaustulos on varmistettu laskemalla yhden poikittaisen putkipalkin maksimitaipuma. Maksimitaipuman tuloksena 1,02 mm seuraavalla kaavalla.  $F_m \frac{Fl^3}{48EI}$  Simuloinnin ja laskelman perusteella rungon kantavuus riittävä.



Kuvio 12. Rungon maksimitaipuma 10 kN kuormalla.

Rungon alapuolelle kiinnitetään hitsaamalla kahdella vaipalla oleva säiliö. Ulkosäiliö toimii varmentavana kuorena mahdollisten vuotojen varalta ja sisäsäiliö säilöo polttoaineen. Hinattaville laitteille näin pienen kokoluokan säiliöllä varustettuna ei suoranaisesti ole vaatimuksia kaksoisvaipasta. Ulkovaippa toimii kuitenkin varmennuksena mahdollisten vaurioiden varalta. Sisäsäiliössä

on yksi kohta alempana, jonne kerääntyy mahdollinen vesi ja epäpuhtaudet. Säiliön rakenne on esitetty kuviossa 13. Säiliön tilavuus kokonaisuudessaan noin 235 litraa. Säiliö tulee koeponnistaa SFS-EN 12285-2:2005 mukaisesti.

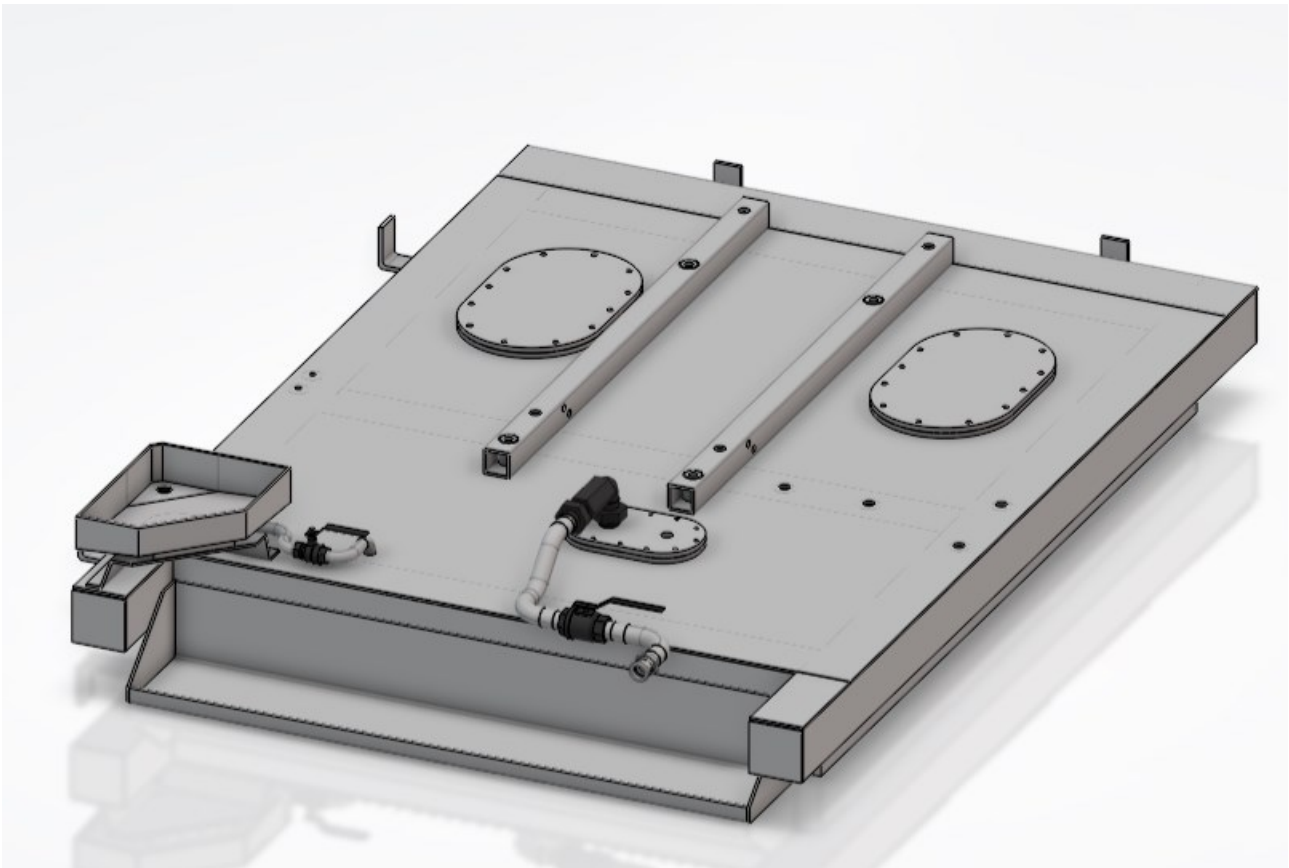


Kuvio 13. Keräilyssäiliö

Keräilyssäiliö umpeutuu yläpuolelta 6 mm vahvalla kansilevyllä. Kannessa on kaksi luukua säiliön tarkastuksia, puhdistuksia ja kunnossapitotehtäviä varten. Kannen päälle on hitsattu 10 mm vahvike, jossa on kierrereiät kannen kiinnitystä varten. Kannen ja vahvikkeen väliin tulee asentaa soveltuva tiiviste.

Kannen päälle tulee kaksi 50 x 50 x 5 mm putkipalkkia suodatinastian kiinnitystä varten. Putkipalkit jakavat suodatinastian painoa kahdelle säiliön rungon poikittaispalkille. Putkipalkit tulevat pulteilla kiinni säiliön runkopalkkeihin. Suodatinastia tulee pulteilla kiinni omiin kiinnikkeisiinsä.

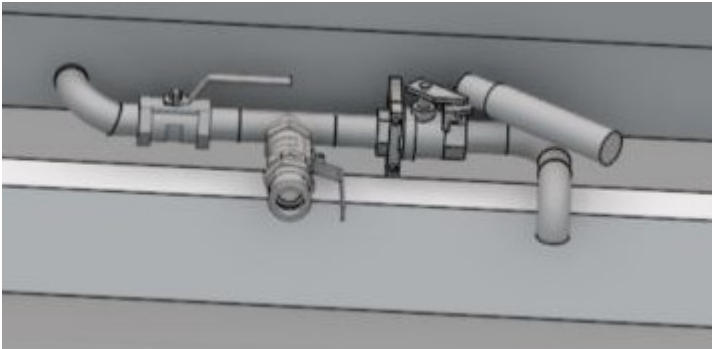
Kolmas kansi säiliön päällä on imuputken ja suodatinastian huohotus- ja varojärjestelmän putken läpiviennille. Säiliöön menee vain yksi imuputki säiliön alimpaan kohtaan. Säiliön saa imettyä tyhjäksi ulkopuolisella imulaitteella. Tässä projektissa ei ole erillistä näytteenottoputkea, jolla saisi otettua säiliön polttoaineesta laadunvarmistusnäytteen ja poistettua mahdollisen veden ja epäpuhtaudet. Tarvittaessa imuputki on käytettävissä tähän tarkoitukseen. Imu täytyy suorittaa erillisellä pumpulla. Imuputkessa on jousikuormitettu sulkuventtiili. Säiliön peräosassa on pieni allas säiliön imuputken ja suodatinastian näytteenottoputken alla. Allas kerää mahdolliset putkista tipuvat tipat ja ei päästä polttoainetta maahan. Säiliön takanurkassa on keräilyallas, mihin saa kaadettua näytteenotossa tulevan polttoaineen. Altaasta menee putkilinjasto säiliöön. Putkilinjastossa on sulkuventtiili. Säiliön ympärillä on hitsattuna u-palkin palaset. Imuletkun saa asenneltua laitteen ympärille näihin koukkuihin. Säiliö oheistarvikkeineen on esitetty kuviossa 14.



Kuvio 14. Keräilysäiliö varusteineen

Säiliön peräosaan olisi mahdollista lisätä kuvion 15 mukainen putkilyhde näytteenottoa ja säiliön tyhjästä varten. Putkilyhde tulee olla varustettuna jousikuormitteisilla venttiileillä. Tästä

projektista säiliön alaosan yhde jätettiin pois kemikaaliturvallisuuksi silmällä pitäen. Putkiyhteen vaurioituessa polttoaine pääsisi valumaan maahan. Pääsääntöisesti laitteita käytetään kestopinnoitetulla alustalla, joka on öljynerotusjärjestelmän piirissä, joten suurta ympäristövahinkoa vuodosta ei pääsisi muodostumaan.



Kuvio 15. Putkiyhde säiliön näytteenottoon ja tyhjäämiseen.

Säiliöön tulee vielä lisätä ylöspäin suuntautuva putki ja sen tulee ulottua riittävän korkealle. Putki mahdollistaa säiliön huohotuksen ja ilmanoton. Putken päässä tulee olla tarkoitukseen soveltuva korkki tai laite. Sen kautta ei saa päästä vettä säiliöön. Putken huohotusaukon ympärillä on 1-luokan räjähdysvaarallista tilaa 1,5 halkaisijan verran. Luokitus on muodostettu soveltaen SFS-käsikirjaa 59. Räjähdysvaarallisten tilojen luokittelu.

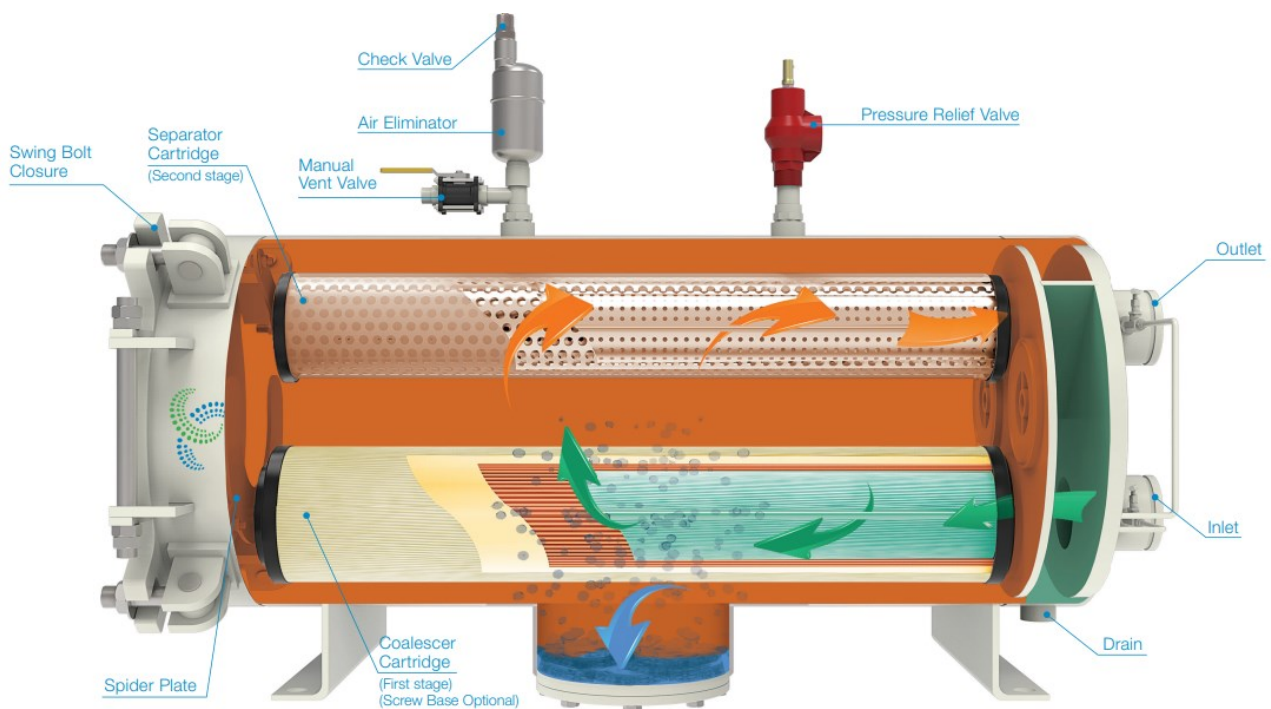
Säiliössä tulee olla lisäksi järjestelmä, mikä osoittaa säiliössä olevan polttoaineen määrän. Järjestelmä voi olla mittalasyttypäinen tai kohotyyppinen. Käyttäjän tulee tarkkailla säiliössä olevan polttoaineen määrää. Säiliön ollessa täysi, laitetta ei saa käyttää tankkaukseen.

#### 5.3.4 Suodatinastia

Suodatinastian malli vaihtui vielä suunnitteluvaiheen loppumetreillä. Parkerin suodatinastia oli koluokaltaan pienempi ja täytti tarvittavat vaatimukset. Kotimainen teollisuuden yritys oli valmiiksi todennut tuotteen soveltuvuuden tähän käyttötarkoitukseen. Käytössä olevat suodatinelementtien tyypit soveltuvat tuotteeseen. Pienempi fyysinen koko antoi lisää tilaa alustarakenteen päälle ja astiatyyppi oli järkevää vielä vaihtaa, vaikka kaikki putkitukset piti muuttaa vastaamaan uutta tuotetta. Suodatinastia tulee kiinni rakenteeseen sille varattuihin putkipalkkeihin pulteilla.

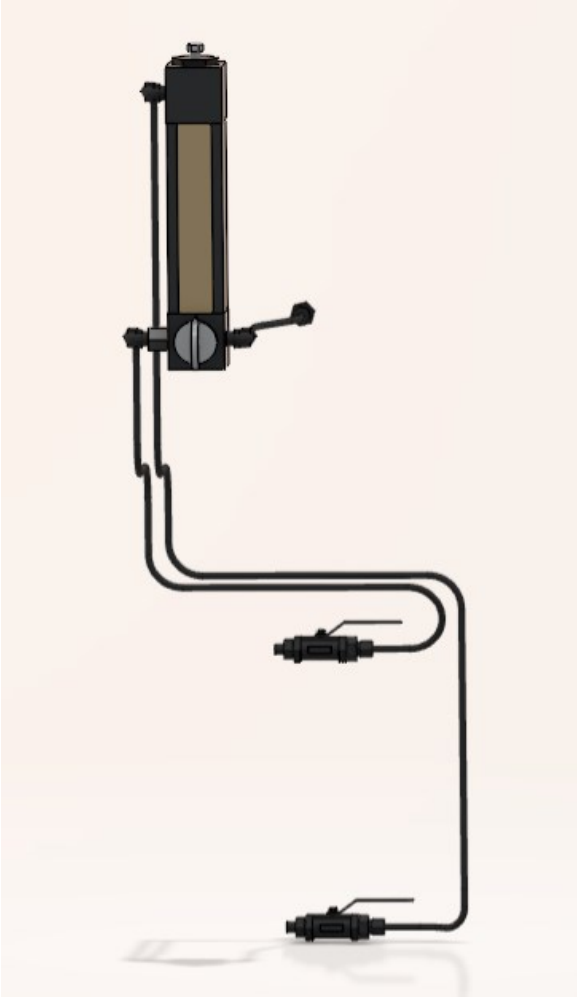
Suodatinastiantoimintaa kuvaa kuvio 16. Sisällä on kahden tyyppisiä suodatinelementtejä. Elementtien tarkoitus on poistaa polttoaineesta epäpuhtauksia ja vettä. Suodatuksessa on kaksi eri vaihetta. Ensimmäisessä vaiheessa niin kutsutut pisaroittajaelementit suodattavat epäpuhtauksia ja pisaroittavat veden irti polttoaineesta. Polttoainetta raskaampi pisaroitunut vesi valuu suodatinastian pohjalle. Veden saa poistettua astian pohjalta tarkoitusta varten olevan näytteenottolinjaston kautta. Jälkimmäisessä vaiheessa polttoaine menee erottajaelementtien läpi. Elementit suodattavat polttoaineesta viimeisetkin vesipisarot ja epäpuhtaudet pois. (Suodatin/erotinpatruunat lentopolttoaineen käsittelyyn. N.d.)

Suodatinastian päällä on ilmanpoistin ja varoventtiili. Ilmanpoistin päästää ilman pois suodatinastista. Varoventtiili purkaa mahdollisen ylipaineen pois järjestelmästä. Suunnitellussa laitteessa on sulkuventtiilit ja putkiyhteet sivulle ennen ilmanerotinta ja varoventtiiliä kunnossapidon ja testauksen mahdollistamiseksi. Venttiilit tulee varmistaa auki-asentoon käytön ajaksi. Molempien laitteiden huuhotus- ja purkulinjasto päättyy laitteen alustassa olevaan säiliöön. Purkulinjastossa on virtauksen ilmaisin, mikä ilmaisee mahdollisen virtauksen linjassa.



Kuvio 16. Suodatinastian suodatuksen toiminta. (HCS Series, Horizontal Filter Water Separators N.d.)

Suodattimen tulo- ja lähtöputken paineroa seurataan paine-eromittarilla. Paine-eromittarin ylittäessä sallitun lukeman, suodattimet täytyy vaihtaa. Käyttäjän tulee tarkkailla paine-eromittaria tankkauksen aikana. Paine-eromittarin vuodatus purkautuu laitteen keräilysäiliöön. Paine-eromittari putkistoineen on esitetty seuraavassa kuviossa 17.



Kuvio 17. Paine-eron vertailujärjestelmä

### 5.3.5 Virtausmittari

Virtausmittari ilmaisee läpimenneen polttoaineen määrän. Alfons Haarin mittarit ovat yleisesti käytettyjä lentopolttoaineen tankkauslaitteissa, ja valikoima on laaja erilaisilla ominaisuuksilla. Mittareiden on todettu olevan luotettavia ja kestäviä. Esimerkkikuva laitteesta on kuviossa 18. Mittari on mekaaninen, se toimii polttoaineen virtauksella ja lukeman saa nollattua kytkimestä.

Kyseinen laite soveltuu erityisen hyvin tähän tankkauslaitteeseen, koska siihen on integroitu määntäpumppu lisäaineen annostelemiseen. Pumppu toimii polttoaineen virtauksella, erillistä järjestelmää käyttämään pumppua ei tarvita. Laitteessa on erillinen kytkin lisäaineen annostelumäärälle. Lisäksi järjestelmästä löytyy virtausnopeuden osoittava mittari. (Tyyppi DKP N.d.)



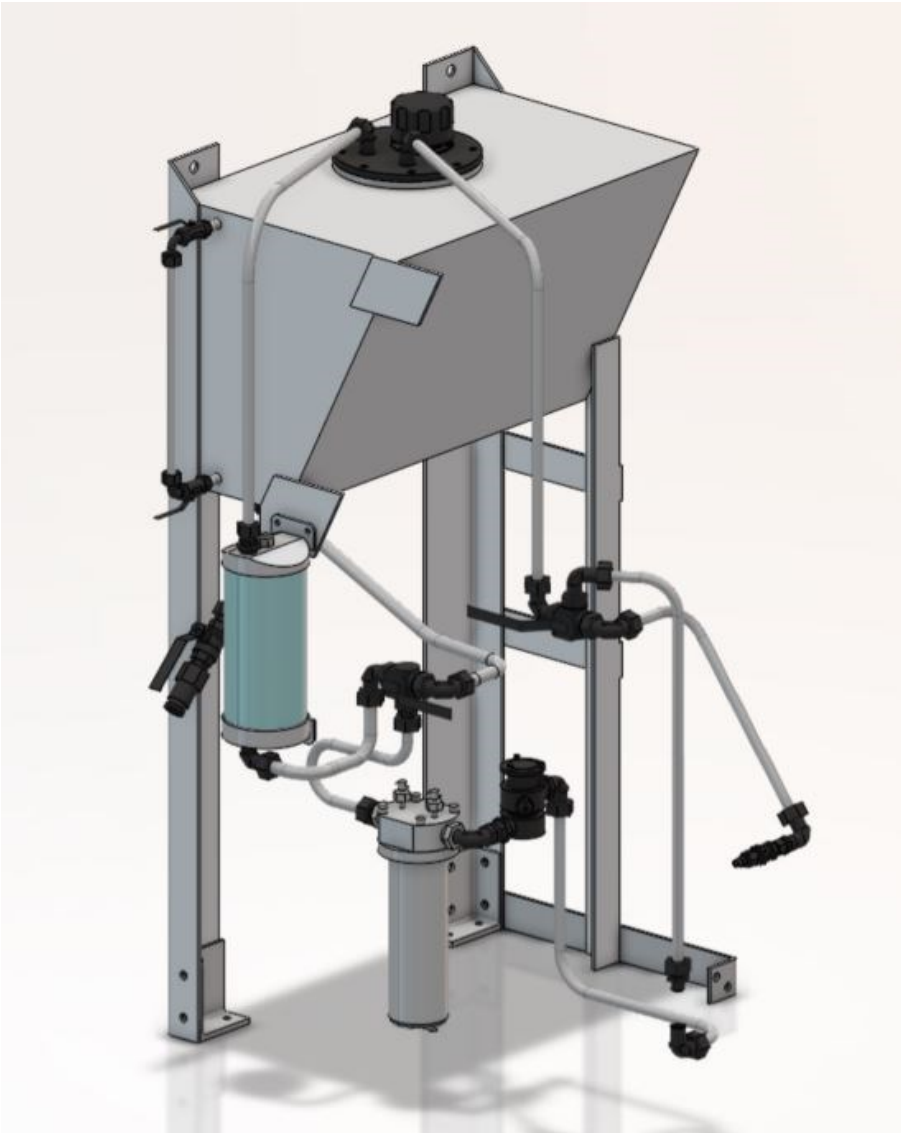
Kuvio 18. Esimerkkikuva Alfons Haarin virtausmittarista (Mittauskammiot N.d.)

### 5.3.6 Lisäainejärjestelmä

Aloituspalaverissa määriteltiin lisäainejärjestelmän materiaaliksi ruostumaton teräs, koska alumiini ei sovellu lisäaineelle. Lisäainejärjestelmä sisältää säiliön, putkiston liittimeen, täyttöliittimen, mittalasin, venttiilit, suodattimen, virtauksen ilmaisimen ja suuntaventtiilin. Järjestelmä on esitetty kuviossa 18. Järjestelmässä on käytetty samoja komponentteja, kuin uusimmissa painetankkausajoneuvoissa. Ne on todettu toimiviksi ja erilaisten laitteiden määrä on pyritty minimoimaan.

Erillisestä täyttöliittimestä täytetään lisäainesäiliö. Säiliön kyljessä on mittalasiyyppinen ilmaisim lisäaineen määrälle. Lisäaineen koko on 70 litraa. Lisäainesäiliölle on tehty telinetyyppinen ratkaisu. Tarvittaessa lisäainesäiliön saa kiinnitettyä mahdolliseen seinärakenteeseen kiinni. Säiliön päällä on luukku tarkastuksia ja kunnossapitotöitä varten. Lisäaineen annostelu tapahtuu virtausmittariin integroidun lisäainepumpulla. Pumppu toimii polttoaineen virtauksella. Lisäaineen kulutus tarkastetaan aina päivän ensimmäisen lentokoneen tankkauksen yhteydessä tai tarvittaessa. Erillinen mittalasi täytetään kääntämällä kolmitieventtiiliä. Lisäaine virtaa painovoimaisesti mitta-

lasiin säiliön ollessa ylempänä. Mittalasiin täytetään vähintään 100 ml. Kolmitieventtiili käännetään sellaiseen asentoon, missä lisäaine otetaan mittalasista. Tankkaustapahtumassa seurataan polttoaineen virtausmittaria ja lisäaineen mittalasia. Polttoaineen kulutuksen ollessa 100 litraa, lisäainetta täytyy olla kulunut mittalasista noin 100 ml. Lisäaineen menekki on noin litra tuhanteen litraan polttoainetta. (IPO, N.d. 4.3.3) Lisäaineen menekin ollessa huomattavasti pienempi tai huomattavasti suurempi on laite toimitettava huoltoon. Lisäaineen kulutuksen tarkastuksen suorituksen jälkeen kolmitieventtiili käännetään asentoon, jossa lisäaine otetaan säiliöstä. Ennen pumppua lisäaine virtaa suodattimen ja virtauksen ilmaisimen läpi. Pumpun jälkeen lisäaine saapuu toiselle kolmitieventtiilille, joka on normaalikäytössä aina käyttöasennossa eli annostelu polttoaineputkeen. Kolmitieventtiilin kautta on mahdollista palauttaa lisäainesäiliöön järjestelmän kunnossapidon tehtävissä. Polttoaineputken menevän lisäaineputken päässä on Alfons Haarin suuntaventtiili. Polttoaineeseen syöttö tapahtuu virtausmittarin jälkeen. Järjestelmän kaikkien osien täytyy kestää lisäaineen ominaisuuksia.



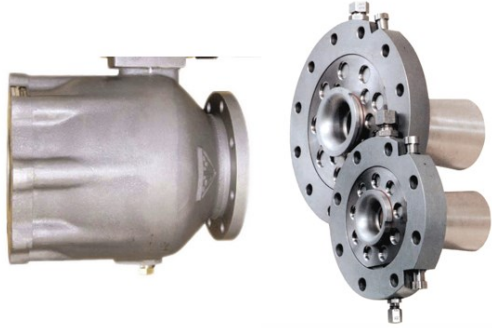
0

Kuvio 19. Lisäainejärjestelmä

### 5.3.7 Paineensäätöjärjestelmä

SFS EN 12312-5 (2021,22) mukaan tankkauslaitteissa käytetään ILPCV (In line pressure control valve) laitetta. Venttiiliä käytetään venturin kanssa. Putkessa ennen tankkausletkua on venturi (kuvio 20), joka aistii polttoaineen painetta. Ennen venturia putkessa on automaattiventtiili (kuvio 20), joka säätelee polttoaineen painetta. Molemmat laitteet toimivat polttoaineen paineella. Molemmat laitteet ovat putkiyhteydessä paineen ja virtauksen säätimeen. Säätimestä pystytään säättämään tarvittaessa polttoaineen painetta ja virtausta. Liitteestä 2 löytyy laitteiden yhdistetty tietolomake. Teollisuuden asiantuntijan mukaan (2024) automaattiventtiili suojaa suodatinastiaa

mahdollisilta paineiskuilta, joita syntyy usein lentokoneen tankkauksessa. Useissa lentokoneissa on automaattisesti sulkeutuva tankkausventtiili, joka sulkeutuu säiliöiden tullessa täyteen.



Kuvio 20. Alfons Haar automaattiventtiili ja venturi. (Putken sisäisen paineen, virtauksen ja kuolleemiehen kytkimen ohjaus N.d.)

Kuviossa 21 on näytetty suunniteltu paineensäätöjärjestelmän putkisto paineensäädin ja painemittari. Painemittari näyttää polttoaineputkistossa vallitsevaa painetta. Painetieto tulee venturilta putkea pitkin. Vaakasuuntaisesti päättyvät putket tulevat automaattiventtiilille ja pystysuuntaiset venturille.



Kuvio 21. Paineensäätöjärjestelmä ilman automaattiventtiiliä ja venturia

### 5.3.8 Letkukela

Letkukelaksi soveltuvin olisi kuvion 22 mallinen letkukela. Alfons Haarin verkkokaupasta ei suoraan löydy täysin sopivaa kelaä. Verkkokaupasta löytyvä kela on 1,5” letkulle ja kelalle letkua mahtuu 17 metriä. Tankkausletkun pituudeksi on suunniteltu 20 metriä ja paksuudeksi 2 tuumaa. Valmistajalta saattaisi sopiva käsikäyttöinen versio kuitenkin löytyä. Vaihtoehtoinen valmistaja Euroopassa on H. Niehüser Armaturenbau GmbH. Verkkosivuilta ei suoraan löydy tarkkoja tietoja, mutta yritys valmistaa tarkoitukseen soveltuvia erilaisia letkukeloja. Tankkausletkuksi painetankkausajoneuvoissakin käytössä oleva 2” letku.

Letkukelaa varten on suunniteltu teline 6 mm alumiinilevystä, joka taivutetaan suunnitelluksi profiiliksi. U-mallinen taivutus antaa jäykkyyttä rakenteelle. Teline on samankaltainen kuin painetankkausajoneuvoissa. Sen kestävyyttä ei ole varmistettu simuloimalla. Letkukela painaa noin 20 kg ja letkun kanssa noin 100 kg. Letkukelan teline tulee pulteilla kiinni säiliön runkopalkeissa oleviin kiinnikkeisiin.



Kuvio 22. Alfons haar letkukela. (Alfons haar verkkokauppa N.d.)

### 5.3.9 Painetankkausliitin

Painetankkausliitin sisältää HEPCV (Hose end pressure control valve) venttiilin. Laite säätää polttoaineen virtausta ja painetta. Lisäksi se suojaa lentolaitetta paineiskuilta. Liitin rajoittaa polttoaineen painetta tankkauksessa. (Letkun pään paineensäätöventtiili HEPCV N.d.)

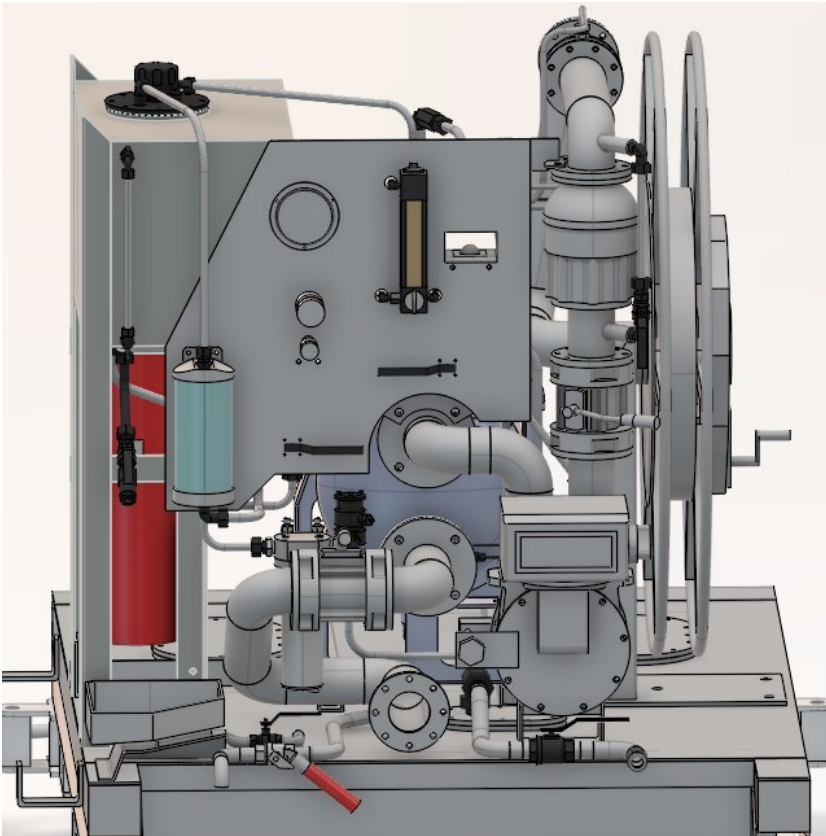
Painetankkausliitintä käytetään sellaisten lentokoneiden tankkaamisessa, missä on painetankkausjärjestelmä. Tankkausliitin on pikaliitin tyyppinen ratkaisu, mikä kytketään lentokoneen vastaavaan liittimeen. Siinä on erillinen sulkuventtiili. Kuviossa 23 on esimerkkikuva painetankkausliittimestä.



Kuvio 23. Painetankkausliittimen esimerkkikuva. (Carter painetankkausliitin N.d.)

### 5.3.10 Käyttölaitteet

Kaikki tankkauksessa tarvittavat käyttö- ja näyttölaitteet on sijoitettu laitteen takaosaan kuvion 24 mukaisesti. Tätä varten on suunniteltu erillinen käyttöpaneeli 5 mm alumiinilevystä, mikä on kiinnitetty lisäainesäiliöön ja profiilituella kahteen eri putkistolaippaan. Tämä helpottaa ja yksinkertaistaa laitteen käyttöä ja havainnointia. Pääosin kaikki on ergonomisesti sopivalla korkeudella. Laitteessa ei ole erillistä hätäseis kytkintä. Putkiston ensimmäinen sulkuventtiili pysäyttää laitteen toiminnan. Laitteen käyttöpaikalla on hätäseis-kytkin, mikä ohjaa hydrant-järjestelmän pumppua.



Kuvio 24. Käyttö -ja näyttölaitteet takaosassa

### 5.3.11 Putkiston osat

Polttoaineputkisto muodostuu EN AW-6060 alumiinista. Putket ovat halkaisijaltaan 90 mm. Ai-nevahvuus on 5 mm. Putkikulmat koostuvat valmiista profiileista. Alumiiniprofiileissa on hyödyn- netty itävaltalaisen Blecha-yrityksen kuvastoa. Yritys myy erilaisia alumiiniprofiileja. Laipat ovat TW-1 DIN 28459 alumiinilaippoja suodatinastian vastalaippoja lukuun ottamatta. Putkiston laippoi- hin tulee lisätä lentopolttoaineelle soveltuvat tiivisteet.

Putkistovenntiileiksi valikoitui 3 tuuman Manntek-palloventtiilit. Venttiilityyppi on yhdenmukainen käytössä olevan kaluston suhteen. Venttiilit on todettu luotettaviksi ja toimiviksi.

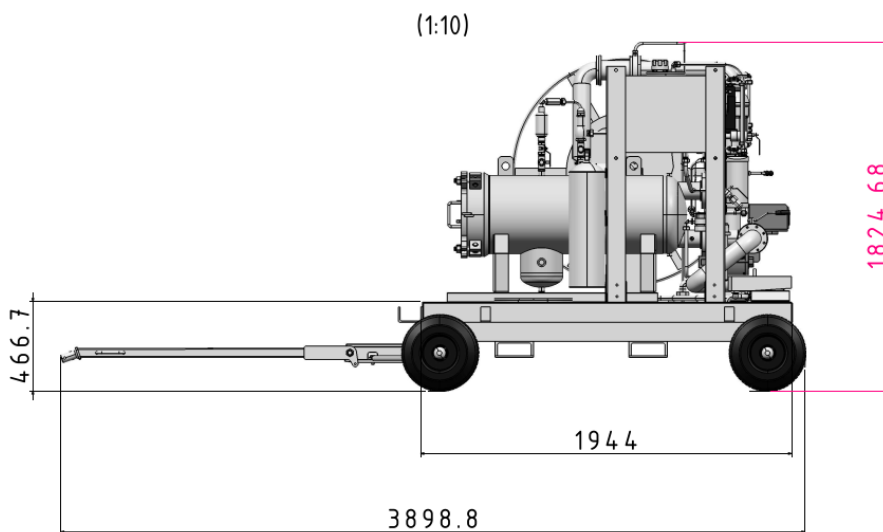
Pienemmät putket on mahdollista taivuttaa NC-ohjatulla putkentaivutuskoneella. Suunnittelussa on otettu huomioon mahdolliset liian jyrkät säteet vertaamalla niitä verkosta löytyviin taulukoihin. Tällainen löytyy esimerkiksi Hydroscandin verkkosivuilta.

Putkiston liittimien ja pienempien putkiston palloventtiilien valitsemisessa ja piirtämisessä on käytetty apuna Schwer Fittings verkkosivujen laajaa valikoimaa. Verkkosivuilta löytyy mitat tuotteille. Apuna on käytetty myös Wurth Oy:n tuoteluetteloa. Suunnittelussa ei ole piirretty pultteja, ruuveja eikä muttereita. Putkistoliitokset tulee tiivistää polttoaineelle soveltuvalla putkiteipillä.

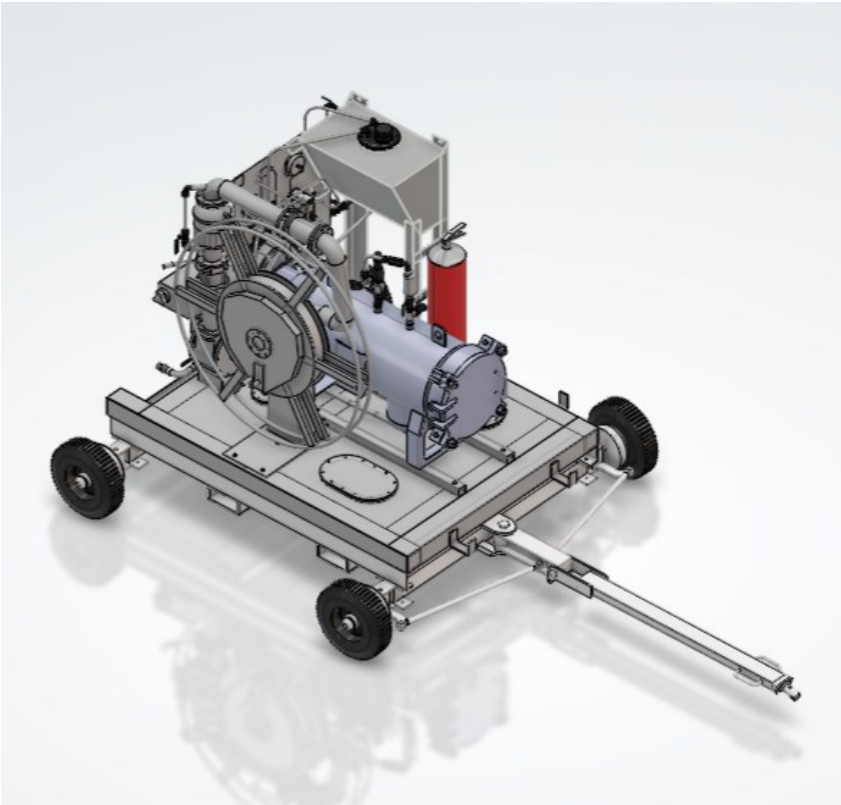
### 5.3.12 Tankkauslaite

Liitteessä 3 on tankkauslaite kuvattuna eri sivuilta. Kuviossa 25 on esitetty laitteen päämitat. Kuviossa 26 ja 27 on laitteen 3D-malli. Laitteen kokonaispaino on noin 1000 kg, josta alusta noin 300kg ja keräilysäiliö noin 200 kg.

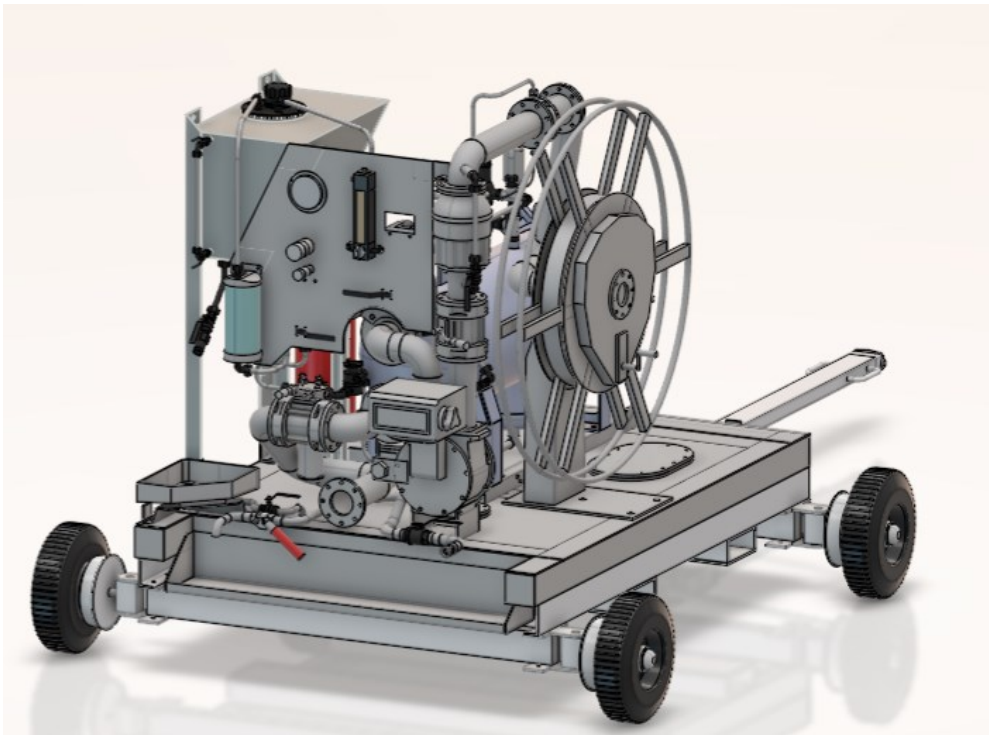
Laitteen valmistuksen kokonaiskustannusarvio on noin 109 000 € kotimaisen teollisuusyrityksen karkeasti arviomana.



Kuvio 25. Tankkauslaite sivulta



Kuvio 26. Tankkauslaitteen 3D-malli etuviistosta



Kuvio 27. Tankkauslaitteen 3D-malli takaviistosta

### 5.3.13 Riskienarviointi

Tankkauslaitteen riskienarviointi on toteutettu tankkauslaitteita käsittelevän SFS EN 12312-5 (2021, 33–35) standardin mukaisesti. Riskienarviointi on liitteenä 4.

## 5.4 Viimeistely

Viimeistelyvaihe rajataan tästä opinnäytetyöstä pois. Viimeistelyvaihe sisältää lopullisten dokumenttien, käyttöohjeiden ja piirustusten muodostamisen. Vaiheeseen sisältyy myös prototyypin valmistus ja testaus. Viimeistelyvaiheessa tulee ottaa huomioon seuraavat suunnitteluvaiheen lopussa tulleet havainnot:

- Maadoituskelojen lisääminen järjestelmän maadoittamiseksi lentokoneeseen ja hydrant-järjestelmään SFS EN 12312-5:2021
- Erillisen ilmanerottimen tarpeen tarkastelu kokeilukäytössä
- Takaosaan hinausaste mahdollisen ketjuhinauksen mahdollistamiseksi
- Keräilyssäiliön huohotuksen rakentaminen
- Keräilyssäiliö polttoaineen määrän ilmaisimen lisääminen
- Katon ja seinien suunnittelu laitteen elinkaaren kasvattamiseksi
- Mahdollisen Atex-hyväksytyin valaisimen lisääminen
- Paikka kaivonkannen avaajalle (SFS EN 12312-5:2021)
- Vuodontorjunta materiaalin lisäämisen tarkastelu (SFS EN 12312-5:2021)
- Heijastimet (SFS EN 12312-5:2021)
- Laitteen merkinnät. (SFS EN 12312-5:2021)

## 6 Tulosten analysointi

Työn päätutkimuskysymyksenä oli, miten tankkauspumppukärrystä saisi toimivamman version. Käytössä oleva laite toimii ja sillä kyetään hoitamaan tarvittavat tehtävät, mutta laitteessa on myös haasteita. Suurimpana haasteena on ollut painopisteongelmat. Uudessa laitteessa painopisteen haasteet poistuvat kaksiakselisella rakenteella. Painopiste on lähellä laitteen keskikohtaa, mutta sillä ei ole enää niin suurta merkitystä, kun akseleita on enemmän kuin yksi. Suunniteltu laite on edeltäjänsä kevyempi ja ketterämpi. Raidetanko-ohjaus ja neljä pyörää mahdollistavat ketteryyden ja liikuteltavuuden. Suunniteltu laite on noin neljäsosan kevyempi edeltäjänsä.

Uuden laitteen myötä kaikki sen komponentit olisivat päivittäisessä käytössä. Pumppua ja moottoria ei tarvita päivittäisessä käytössä, joten tässä laitteessa niitä ei ole viemässä tilaa ja rasittamassa

rakennetta. Pumpulliset laitteet voidaan varata niille paremmin sopiviin käyttökohteisiin ja kokonaisuudessaan tankkauskapasiteettia ja valikoimaa saadaan kasvatettua.

Tankkauspumppukärryn tankkausletku on ollut käyttäjälle kohtalaisen raskas keriä laitteen ympärille. Letkukelaratkaisu poistaa tämän ergonomisen haasteen.

Laitteen suunnittelussa on saatu hyödynnettyä useita jo käytössä olevia komponentteja, joiden on todettu olevan luotettavia ja toimivia. Mikäli jokaisessa laitteessa olisi erilaiset osat, olisi osien kirjo valtava. Se aiheuttaisi käytölle, kunnossapidolle ja varastoinnille haasteita.

Tankkauslaitteen suunnittelussa on saatu kaikki käytössä tarvittavat käyttökytkimet sijoitettua taaksaan ergonomiselle korkeudelle. Venttiilit ovat hyvällä sijainnilla käytettävissä ja mittarit nähtävissä. Muutama venttiili on laitteen toiminnan kannalta jouduttu sijoittamaan laitteen alaosaan. Näitä käytetään pääsääntöisesti vain kerran päivässä. Suunnittelussa on jouduttu hieman karsimaan toiveista ja tästä imuletku tankkauspuomin sijasta on esimerkkinä. Mielestäni imuletku on kustannustehokkaampi ratkaisu ja kuormittaa vähemmän runkosäiliötä.

Laite on suunniteltu asetusten, standardien ja ohjeiden mukaisesti ja vastaa sille asetettua käyttötarkoitusta.

Mielestäni organisaatiolla on suurta tarvetta suunnitellulle laitteelle. Toivottavasti suunnitelma pääsee toteutukseen asti ja kädenjälki näkyy tulevaisuudessakin.

## **6.1 Luotettavuus ja eettisyys**

Tutkimuksen haastatteluosiossa on haastateltu henkilöitä, joilla on pitkä kokemus alalta, pääosin 20 vuotta tai enemmän. Haastattelujen tulosta on verrattu aihealueen kirjallisuuteen ja ohjeisiin. Myös kirjallisuuden ja dokumenttien tietoa on verrattu haastatteluista saatuihin tietoihin. Verkosta saatava tieto on osin tuotteiden valmistajien tuottamaa. Tämä on saatu varmennettua olemassa olevan kaluston käyttökokemuksilla ja haastatteluilla kaluston käyttöä ja toimintaa koskien.

Laitteiston suunnittelu on perustunut hyvin pitkälti alan standardeihin. Standardeissa on pätevää tietoa, vaikka monessa standardissa ja asetuksessa rajataan tämän kategorian alainen tuote pois. Standardit ovat yhteisesti sovittuja tietopaketteja, jotka sisältävät erilaisia vaatimuksia ja suosituksia. Niiden todetaan yleisesti olevan luotettavia. Standardeista löytyvää tietoa on verrattu muuhun saatuun tietoon. Työssä on käytetty myös lakeja ja asetuksia. Niiden voidaan todeta olevan luotettavia lähteitä.

Suunnittelussa on toteutettu välitarkasteluja asiantuntijoiden kanssa. Katselmusten perusteella on saatu karsittua mahdollisia virheitä pois. Osassa laitevalinnoista on ollut vaihtoehtoisia ratkaisuja. Näille valinnoille on esitetty perusteet. Rakennevalintoja on varmistettu simuloimalla ja laske-malla. Lisäksi valintoja on varmistettu teollisuuden ammattilaisilta.

Laitteen suunnittelun tulos on standardien ja ohjeiden mukainen.

Opinnäytetyössä on noudatettu eettisiä ohjeistuksia ja hyvää tieteellistä käytäntöä. Opinnäyte-työtä tehdessä on toimittu rehellisesti, huolellisesti ja tarkasti.

Lähdeviitteet on merkitty Jyväskylän ammattikorkeakoulun raportointiohjeen mukaisesti. Opin-näytetyöstä on ollut Ilmavoimien esikunnan tutkimuslupa CT232. Tutkimusluvan umpeuduttua on aineistoa kerätty ainoastaan julkisista lähteistä. Aineisto ei sisällä salassa pidettävää materiaalia. Kertynyttä materiaalia on käsitelty ja säilytetty tietosuojalain (1050/2018) ja lain viranomaisten toiminnan julkisuudesta (621/1999) edellyttämällä tavalla.

Työn lähteissä on kunnioitettu henkilöiden, yritysten ja organisaatioiden yksityisyyttä ja lähteitä ei ole työssä nimetty tarkemmin. Kenenkään asemaa organisaatiossa ei ole paljastettu.

## **6.2 Jatkokehitys**

Jo tuotteen suunnitteluvaiheessa alkoi tulla ajatuksia jatkokehityksen osalta. Viimeistelyvaiheessa huomioon otettavat asiat on esitetty luvussa 5.

Laitteen kaksiakselinen rakenne mahdollistaa myös erillisen toisen hinattavan laitteen kytkemisen tankkauslaitteen perään tai mahdollisen integroinnin laitteen rakenteeseen. Laite voisi olla yksiakselinen ja tällöin kokonaisuudesta tulisi kolmeakselinen. Kaikissa kolmessa akselissa tulisi tällöin olla kääntyvät pyörät laitteen rungon kuormituksen minimoimiseksi. Erillisen hinattavan laitteen päälle voisi suunnitella nykyaikaisen pumpun ja moottorin. Väliletkulla pumpun saisi kytkettyä tankkauslaitteeseen. Tällöin laite olisi modulaarinen ja pumpun ja moottorin voisi tarpeen vaatiessa liittää tankkauslaitteeseen. Pumpun ja moottorin kokoluokasta riippuen moduulin voisi myös rakentaa siten, että sen saa olemassa olevan runkorakenteen päälle. Tilaa on vielä hyödynnettävissä. Kaksiakselin rakenne mahdollistaa tämän kaltaisessa hinattavassa laitteessa jonkinasteisen painopisteen sivussa olemisen. Tämä saattaisi olla yksi puntaroitava ratkaisu tulevaisuudessa, kun nykyisin käytössä oleva kalusto tulee elinkaarensa päähän.

### **6.3 Pohdinta**

Opinnäytetyön suorittaminen oli haastava kokonaisuus ja töiden ohella sen tekeminen vaati paljon resursseja. Työ tehtiin pääosin vapaa-ajalla. Valtaosa työstä tehtiin 3D-suunnitteluohjelmistolla, vaikka arvioinnissa ja työn lopputuloksessa sillä on pieni merkitys. Se auttoi kuitenkin tarkastelemaan kokonaisuutta, laitteiden sijoittelua ja niiden valintaa, sekä pohtimaan järjestelmän toimintaa ja toimivuutta. 3D-suunnitteluohjelmistolla opeteltiin itse monia toimintoja, joita opinnoissa ei tullut esille. Tämä vei aikaa, mutta toisaalta se helpotti jatkotyöskentelyä.

Opinnäytetyön aihe oli mielenkiintoinen ja työ lisäsi omaa tietämystä ja osaamista polttoainejärjestelmistä, laitteista ja järjestelmän toiminnasta. Osaamista on jo saatu hyödynnettyä työelämässä. Työn suorittaminen lisäsi suhteita myös teollisuuden suuntaan. Suhteet palvelevat jatkosakin.

## Lähteet

A 712/2017. Puolustusministeriön asetusvaarallisten kemikaalien teollisen käsittelyn ja varastoinnin turvallisuusvaatimuksista puolustushallinnossa. Viitattu 1.12.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170712#Pidm46263580727504>

A9.6.2020/1234. Komission delegoitu asetus (EU). Viitattu 25.10.2023. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A32020R1234&qid=1667208411263>

Alfons haar verkkokauppa N.d. Verkkokauppa Alfons haarin verkkosivuilla. Viitattu 1.12.2024. <https://shop.alfons-haar.de/>

Asiantuntija teollisuudesta 2024. Lentopolttoainejärjestelmien suunnittelija teollisuusyrityksestä. useita haastatteluita 2023 ja 2024.

Carter painetankkausliitin N.d. Tuotekortti Eaton carter painetankkausliittimestä Aljac yrityksen verkkosivuilta. Viitattu 1.12.2024. [https://www.aljac.com/pdfs/64200\\_Nozzle.pdf](https://www.aljac.com/pdfs/64200_Nozzle.pdf)

Civil jet fuel N.d. <https://www.shell.com/business-customers/aviation/aviation-fuel/civil-jet-fuel-grades.html>

HCS Series, Horizontal Filter Water Separators N.d. Tuote-esite Facet suodattimien verkkosivuilla. Viitattu 28.11.2024 [https://www.facetfiltration.com/wp-content/uploads/sites/2/2021/03/20210308-Aviation-posters\\_web-HCS-Series.pdf](https://www.facetfiltration.com/wp-content/uploads/sites/2/2021/03/20210308-Aviation-posters_web-HCS-Series.pdf)

Hydrant-järjestelmä N.d. Verkoartikkeli San-Ai-Obblin sivuilla. Viitattu 21.11.2024 <https://www.san-ai-obbli.com/en/business/aviation/hydrant/>

Hydrant-järjestelmä N.d. Verkoartikkeli Smarjet engineering sivuilla. Viitattu 20.11.2024 <https://www.smartjeteng.com/service/fuel-hydrant-system>

IPO. N.d. Ilma-alusten lentopolttoainehuollon ohjeisto IPO. Puolustusvoimien logistiikkalaitos Ilmajärjestelmäosasto

Konedirektiivi 2006/42/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi. Annettu 17.5.2006. Viimeisin muutos 26.7.2019. Viitattu 9.11.2023 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A02006L0042-20091215>

Koneensuunnittelu N.d. Jamk koneensuunnittelu opintojakson diasarja. Viitattu 9.11.2023

Kustomoitu akseli N.d. Kuva Paillard akselien verkkosivuilta. Viitattu 29.11.2024 <https://www.paillard.fr/en/custom-axles-our-products/>

L 390/2005, 49 §. Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta. Viitattu 25.11.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2005/20050390#L5P49>

Letkun pään paineensäätöventtiili HEPCV N.d. Artikkelit Liquip yrityksen verkkosivuilla. Viitattu 1.12.2024. <https://www.liquip.com/products/aviation/hose-reels-nozzles-fittings/nozzles/Claval-hose-end-Pressure-control-valve--hepcv>

Lähteenmäki, E. 1992. Lentokonejärjestelmät. 2. p. Helsinki: Valtion painatuskeskus

Maalaitteet N.d. Kanon loading equipment katalogi. Viitattu 29.11.2024. <https://kanon.nl/wp-content/uploads/2024/05/03-Kanon-LandEquipment-brochures-LR.pdf>

Mapo. N.d. Lentotekninen maapalveluohje. Puolustusvoimien logistiikkalaitos Ilmajärjestelmä-osasto

Military jet fuel N.d. <https://www.shell.com/business-customers/aviation/aviation-fuel/military-jet-fuel-grades.html>

Mittauskammiot N.d. Alfons Haar verkkokauppa. Viitattu 1.12.2024. <https://shop.alfons-haar.de/products/mka2290-a2lx1-odp1m2-0-mezlp0t0r-acc>

Oja, M 2007. Lentopetrolin Jet-A-1:n lisäaineistamisen suunnittelu. Opinnäytetyö, AMK. Tampereen ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Viitattu 29.11.2024 <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201003063532>

Opinnäytetyö – kehittämisprojekti N.d. Tutkimus ja kehittäminen opintojakson materiaali. Viitattu 1.12.2024.

Putken sisäisen paineen, virtauksen ja kuolleenmiehen kytkimen ohjaus N.d. Alfons haarin datasheet kyseisistä laitteista. Viitattu 1.12.2024.

SFS EN 1915-1:2023. Aircraft ground support equipment. General requirements. Part 1: Basic safety requirements. Suomen standardoimisliitto SFS ry. Vahvistettu 28.7.2023. Viitattu 8.11.2023. <https://online.sfs.fi/>

SFS EN 12312-5:2021. Aircraft ground support equipment. Specific requirements. Part 5: Aircraft fuelling equipment. Suomen standardoimisliitto SFS ry. Vahvistettu 12.3.2021. Viitattu 28.10.2023. <https://online.sfs.fi/>

Suodatin/erotinpatruunat lentopolttoaineen käsittelyyn. N.d. Parkerin tuote-esite. Viitattu 1.12.2024 <https://www.parker.com/content/dam/Parker-com/Literature/Aerospace-Filtration/VEL2164-CAT-Filter-Separator-for-Aviation-Fuel-Handling.pdf>

Suunnitteluprosessi N.d. Koneensuunnittelu opintojakson materiaali. Viitattu 1.12.2024

Tiedon analysointi ja hyödyntäminen, N.d. Kuntoutussäätiön verkkosivuston opas. Viitattu 31.1.2023 <https://www.artsi-opas.fi/opas/6-tiedon-analysointi-ja-hyodyntaminen/>

Tutkimusmenetelmät kehittämis, toiminta, case N.d. Tutkimus ja kehittäminen opintojakson materiaali. Viitattu 2.12.2024.

Tyyppi DKP N.d. Verkoartikkeli Alfons Haarin nettisivuilla. Viitattu 1.12.2024 <https://www.alfons-haar.de/products/fuel-tank-truck-equipment/additiv-injectors/mechanical-solution>

## Liitteet

### Liite 1. Tankkauslaitteen alustava vaatimuslista

Vaatimuslista tankkauslaite			Vaatimuslista tankkauslaite laitteet	
Tunnus	Vaatimuksen tyyppi Kiinteä vaatimus (KV) Vähimmäisvaatimus (VV) Toive (T)	Vaatimus	Vaatimus	Vaatimuksen tyyppi Kiinteä vaatimus (KV) Vähimmäisvaatimus (VV) Toive (T)
Geometria	KV	Laitteen tulee soveltua lentokaluston konepaikkojen väliin. Koko ei saa aiheuttaa vaaraa törmäykselle lentokoneeseen. SFS EN 12312-5	Lisäainejärjestelmän mittalasi tulee olla lisäainesäiliön alapuolella	VV
Kinematiikka	KV	Hinattava laite suljetulla kovapäällystetyllä alueella. SFS EN 12312-5	Nivelletty imuvarsi	T
Voimat	KV	Laitte tulee olla ketterästi liikuttavissa ajoneuvolla. Alustan rakenteen tulee kestää päällä olevat kuormat. Rakenteen tulee soveltua polttoaineen tankkaamiseen. Laitteen tulee toimia ilman hydraulikkaa ja paineilmaa. SFS EN 12312-5	Letku 2"	VV
Energia	KV	Laitteen tulee soveltua käyttötarkoitukseen. SFS EN 12312-5	Sammutin	KV
Aines	KV	Soveltuva lentopolttoaineelle ja lisäaineelle. SFS EN 12312-5	Vesitys/keräilysäiliö	VV
Signaali	KV	Polttoaineen siirto, lisäaineen annostelu. SFS EN 12312-5	Putket alumiini 3" 5mm seinämä	KV
Turvallisuus	KV	Työturvallisuus. Kemikaaliturvallisuus. Riskien arvionti suoritettava.	Alumiini AW-5754, putkissa AW-6060	VV

Ergonomia	VV	Käytettävien komponenttien tulee olla pääosin helposti tavoitettavissa ja ergonomisesti oikealla korkeudella. SFS EN 12312-5	Mantek venttiilit putkistoon.	VV
Valmistus	VV	Lentopolttoainejärjestelmien vaatimukset tulee ottaa huomioon valmistuksessa.	Paine-eromittari	KV
Tarkastus	KV	Säiliön ja putkiston ponnistus. Työturvallisuustarkastus. Vastaanottotarkastus.	Maadoituskela	KV
Kuljetus	KV	Tyhjänä kuljetukset liikenteessä. Hinausnopeus määritettävä ja merkattava laitteeseen ja ohjeeseen	Lisäainesäiliön kokoluokka	VV
Käyttö	KV	Ilmavoimien tarpeeseen. Ulkokäyttöön. Käyttöohje muodostettava.	Säiliössä tarkastusluukut	KV
Kunnossapito	KV	Määräaikaishuoltoon erillinen ohje	Kunnon sidontapisteen	T
			Valot	T
			Vilku	T
			Olemassa oleva suodatinastia	VV
			Letkukela	T

## Liite 2. Tuotekortti automaattiventtiili ja venturi

**INLINE PRESSURE-, FLOW AND DEADMAN-CONTROL  
AUTOMATIC VALVE AND ADJUSTABLE VENTURI**



**Alfons Haar**



### Automatic Valve Flowrates up to 4000 l/min

The in-line control valve is typically fitted with pressure- and dead-man control to work as pressure control valve with integrated deadman function.

- Powered by fuel pressure
  - ↳ No auxiliary power required
- Maintenance free
  - ↳ Spring loaded instead of diaphragm
- Incorporates thermal relieve function
- Housing aluminium, PN 10

Also available:

- Separately mounted pilotvalves
- Flow control

AV 80 Automatic valve

DN 80, TW1-flanges

Nominal flow rate up to 3000 l/min

AV 100 Automatic valve

DN 100, TW3-flanges

Nominal flow rate up to 4000 l/min



### Adjustable Venturi Flowrates up to 5000 l/min

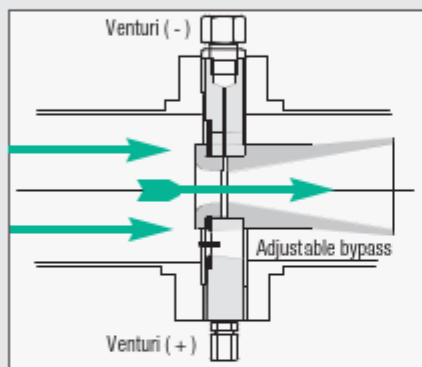
- On site adjustable
- Steplessly variable
- Compact design
- Easy to install

## STEPLESSLY VARIABLE VENTURI

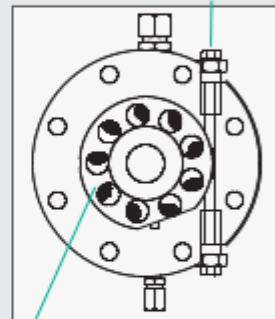


The device is used to control the hose-end pressure over the entire flow range. Simple adjustment by allen screw.

All venturis fit between standard TW flanges  
Material: Aluminium,  
Nominal Pressure: PN 10



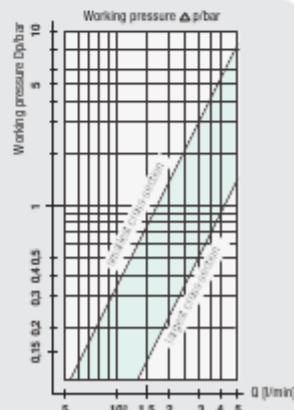
Allen key 6mm



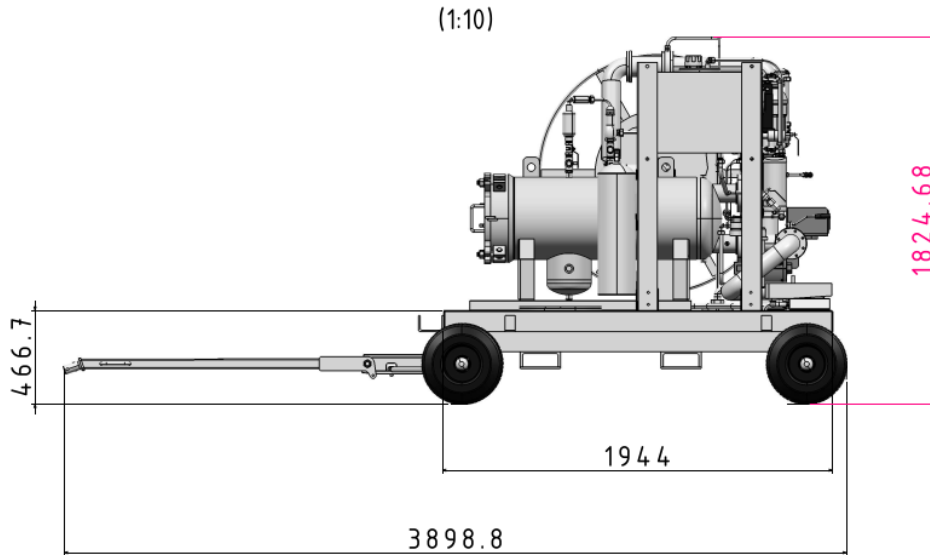
Compensation adjustable by rotation of aperture

Type	Max. Flow Rate l/min	Flanged to acc. DIN 28461
VEN 65	1500	TW1 DN 65
VEN 80	2000	TW1 DN 80
VEN 100	4000	TW3 DN 100
VEN 150	5000	TW7 DN 150

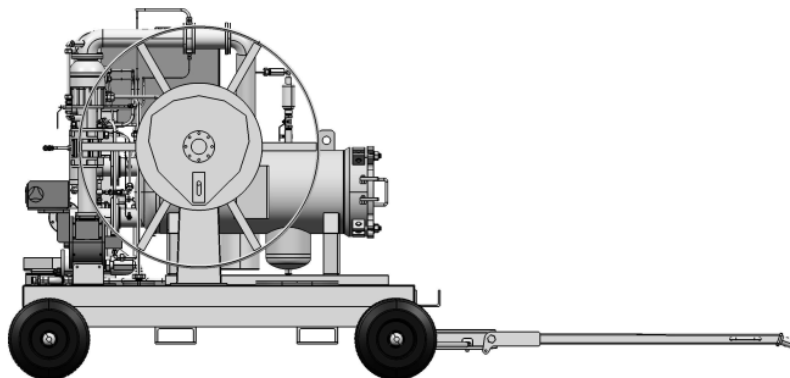
VEN  
150/46A



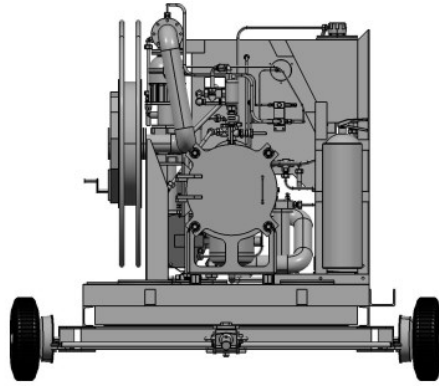
**Liite 3. Tankkauslaitteen pääpiirroset**



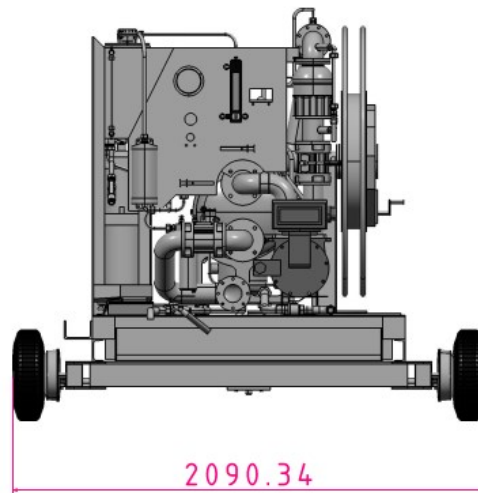
PROJEC	SRIT				
DATE	27.8.2023		V4 V3Tankkauslaite v2		
DESIGN	XXX				
SCALE	XXX				
APP	A2		DASSAULT SYSTEMES		
SCALE	1:10	XXX	xxx	1/2	



PROJEC	SRIT				
DATE	27.8.2023		V4 V3Tankkauslaite v2		
DESIGN	XXX				
SCALE	XXX				
APP	A2		DASSAULT SYSTEMES		
SCALE	1:10	XXX	xxx	2/2	



PROJEKTI:	SRIT	V4 V3Tankkauslaite v2	
PÄIVÄ:	23.9.2023		
PIIRITÄYDYS:	XXX		
PIIRI:	XXX		
LAJIKKUE:	A2	DASSAULT SYSTEMES	
SKALA:	1:10	XXX	1/2



PROJEKTI:	SRIT	V4 V3Tankkauslaite v2	
PÄIVÄ:	23.9.2023		
PIIRITÄYDYS:	XXX		
PIIRI:	XXX		
LAJIKKUE:	A2	DASSAULT SYSTEMES	
SKALA:	1:10	XXX	1/2

