

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

REHUPELLETTIPROSESSIN LÄMPÖTILAMITTAUKSEN KEHITTÄMINEN

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Tuomas Siikanen	
Työn nimi Rehupellettiprosessin lämpötilamittauksen kehittäminen	
Päiväys 16.4.2024	Sivumäärä/Liitteet 56/1
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) A-Rehu Oy	
<p>Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja oli A-Rehu Oy. A-Rehun Varkauden tehtaalla rehupellettien valmistusprosessissa rehupellettien lämpötilaa mitataan manuaalisesti rakeistajan jälkeen, mikä loi tarvetta automaattiselle lämpötilamittaukselle. Automaattinen lämpötilamittaus toisi varmuutta ja elintarviketurvallisuutta valmistusprosessiin. Työssä tavoitteena oli kehittää ja suunnitella laite, jolla voitaisiin mitata rehupellettien lämpötilaa automatiikan avulla.</p> <p>Työssä tutkittiin ja suunniteltiin laite, jolla rehupellettien lämpötilaa voidaan seurata ja säätää prosessia tarvittaessa lämpötilatiedon avulla. Laitteesta oli luonnoskuva olemassa, jota voitiin hyödyntää kehitystyössä ja suunnittelussa. Kävimme A-Rehun Varkauden tehtaalla tutustumassa rehupellettien valmistusprosessiin, katsomassa manuaalista lämpötilamittausta sekä mittaamassa suunnitellun laitteen paikkaa. Opinnäytetyöprosessin aikana päädyttiin suunnittelemaan kolme versiota, jotka eroavat toisistaan. Suunnittelussa käytettiin Autodesk Inventor-suunnitteluohjelmaa.</p> <p>Tuloksena saimme suunniteltua erillisen osan tuotekanavaan sekä kolme erillistä versiota laitteesta. Versioiden suunnittelun lähtökohtana oli suunnitella laitteita, jotka toimisivat käytännössä ja olisivat helposti huollettavia. Versioissa olevat osat mallinnettiin ja kokoonpantiin sekä kokeilemme kokoonpantujen versioiden liikeratojen toimintaa Autodesk Inventor-suunnitteluohjelmalla. Osista ja kokoonpanoista tehtiin konepiirustukset. Versio 1 on kustannuksiltaan ja osien nähden helpoin toteuttaa, mutta näytteenotto voi tuoda haasteita sekä sylinterin asemointi. Versioihin 2 ja 3 on suunniteltu erillinen lämmönmittausputki, jossa lämpötila mitataan johtuen erillisestä lämmönmittausputkesta. Näytteenotto tapa voi tuoda haasteita. Versio 3 on toimintavarmin näytteenoton suhteen sekä lämpötilamittauksen. Versio 3 haasteet ovat kustannukset sekä koko. Tuloksena parhaaksi versioksi voidaan todeta versio 3, johtuen näytteenoton varmuudesta sekä erillisestä lämmönmittausputkesta.</p>	
Avainsanat Rehupelletti, Suunnittelu, Rakeistus, Näytteenotto, Lämpötilamittaus, Lämmönmittausputki	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Energy Engineering	
Author(s) Tuomas Siikanen	
Title of Thesis Development of the Feed Pellet Process Temperature Measurement	
Date 16 April 2024	Pages/Appendices 56/1
Client Organisation /Partners A-Rehu Oy	
<p>The client for this thesis was A-Rehu Oy. At A-Rehu's Varkaus factory, the temperature of feed pellets is manually measured after pelletizing which created the need for automatic temperature measurement. Automatic temperature measurement would improve reliability and food safety in the production process. The aim of this work was to develop and design a device capable of automatically measuring the temperature of feed pellets.</p> <p>In the thesis a device that could monitor the temperature of feed pellets and adjust it as needed based on temperature data was designed. An earlier draft sketch was used in the development and design process. At A-Rehu Oy's Varkaus factory it was possible to get to know the feed pellet production process, observe manual temperature measurement, and consider the location of the planned device. During the thesis, three different versions were designed. Autodesk Inventor software was used in the design process.</p> <p>As a result, a separate part for the product pipeline and three separate versions of the device were designed. The starting point for the design of the versions was to create devices that would work in practice and be easily maintained. The parts of the versions were modeled and assembled, and the motion of the assembled versions was tested using Autodesk Inventor software. Machine drawings were made of the parts and assemblies. Version 1 is the easiest to implement in terms of cost and parts, but sampling may pose challenges, as well as cylinder positioning. Versions 2 and 3 include a separate temperature measurement tube for temperature measurement. Version 2 is more expensive to implement than Version 1, but the temperature measurement method is more reliable due to the separate temperature measurement tube. Sampling may pose challenges. Version 3 is the most reliable in terms of sampling and temperature measurement. The challenges with Version 3 are cost and size. As a result, the best version can be found in version 3, due to the certainty of sampling, as well as a separate heat measurement tube.</p>	
Keywords Feed pellet, Design, Pelletizing, Sampling, Temperature measurement, Heat measurement tube	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	A-REHU	8
2.1	Yleistietoa	8
2.2	A-Rehu Varkaus	8
3	REHUPELLETIN VALMISTUSPROSESSIN KUVAUS	9
3.1	Yleistä rehupelleleistä	9
3.2	Rehupellettiproessin valmistelut.....	9
3.3	Rehupelletin valmistusprosessi	10
3.3.1	Jauhatus	10
3.3.2	Sekoitus	11
3.3.3	Höyrysekoitus.....	12
3.3.4	Rakeistaja	14
3.3.5	Jäähdytys.....	16
3.4	Rehupellettien murskaaminen, seulonta ja varastointi	17
4	REHUPELLETIN LÄMPÖTILAMITTAUKSEN NYKYTILANNE A-REHU VARKAUDEN TEHTAALLA ..	18
4.1	Manuaalisen lämpötilamittauksen kuvaus	18
5	REHUPELLETIN LÄMPÖTILA MITTAAMISEN KEHITTÄMINEN	20
5.1	Lämpötilan vaikutus rehupelletin valmistusprosessissa.....	20
5.2	Rehupellettien lämpötilamittauksen alkutiedot.....	21
5.3	Kehittely- ja suunnitteluaihe	22
5.4	Versio 1.....	23
5.5	Versio 2.....	26
5.6	Versio 3.....	30
6	INVENTOR-KUVAT UUDESTA INNOVAATIOSTA.....	34
6.1	Osa 1	34
6.2	Versio 1.....	34
6.2.1	Materiaalit ja komponentit.....	38
6.3	Versio 2.....	38
6.3.1	Materiaalit ja komponentit.....	44
6.4	Versio 3.....	44
6.4.1	Materiaalit ja komponentit.....	49

7	YHTEENVETO.....	50
8	POHDINTA.....	52
	LÄHTEET	54
	LIITE 1: LUONOSKUVA.....	56

KUVALUETTELO

	KUVA 1. Varkauden A-Rehu Oy:n tehdas (A-Rehu Oy 2024)	8
	KUVA 2. Raaka-aineiden kuljetuslinjasto ennen jauhatusta (Siikanen 2024)	9
	KUVA 3. Rehupelletti prosessikaavio (Siikanen 2024, CC BY-SA).....	10
	KUVA 4. Nestesekoitin (Siikanen 2024, CC BY-SA).....	11
	KUVA 5. Höyrysekoitin (Siikanen 2024, CC BY-SA).....	12
	KUVA 6. Tärkkelyksen ja veden seoksen tilafaasikaavio (Keetels, 1995).....	14
	KUVA 7. Rakeistaja (Siikanen 2024, CC BY-SA)	15
	KUVA 8. Rakeistajan rakennekuva numeroituna; 1.Rehuseosmassa 2. Kuumia pellettejä 3. Veitset 4. Kolleripyörät 5. Muotti/ Matriisi (Siikanen 2024, CC BY-SA).....	16
	KUVA 9. Jäähdytin (Siikanen 2024, CC BY-SA)	17
	KUVA 10. Manuaalinen näytteenotto kohta (Siikanen 2024, CC BY-SA).....	18
	KUVA 11. Lämpöeristetty metalliastia ja lämpötilamittari (Siikanen 2024, CC BY-SA)	19
	KUVA 12. Nykyinen rehupellettikanaava rakeistajan ja jäähdyttimen välillä (Siikanen 2024, CC BY-SA).....	22
	KUVA 13. Kanavaan tuleva uusi suunniteltu osa eli osa 1 (Siikanen 2024, CC BY-SA).....	23
	KUVA 14. Sivuputki eli osa 2 (Siikanen 2024, CC BY-SA).....	23
	KUVA 15. Kotelo eli osa 3 (Siikanen 2024, CC BY-SA)	24
	KUVA 16. Purkuputki eli osa 4 (Siikanen 2024, CC BY-SA).....	24
	KUVA 17. Kotelon kansi eli osa 5 (Siikanen 2024, CC BY-SA).....	24
	KUVA 18. Versio 1 runkokokoonpano (Siikanen 2024, CC BY-SA)	25
	KUVA 19. Näyteastia (Siikanen 2024, CC BY-SA)	25
	KUVA 20. Kotelo eli osa 2 (Siikanen 2024, CC BY-SA)	26
	KUVA 21. Kotelonkansi eli osa 3 (Siikanen 2024, CC BY-SA).....	26
	KUVA 22. Näyteastia (Siikanen 2024, CC BY-SA)	27
	KUVA 23. Pystyputki eli osa 4 (Siikanen 2024, CC BY-SA)	27
	KUVA 24. Sivukotelo eli osa 5 (Siikanen 2024, CC BY-SA)	28
	KUVA 25. Sivukotelon kansi eli osa 6 (Siikanen 2024, CC BY-SA).....	28
	KUVA 26. Sylinterin kiinnike eli osa 7 (Siikanen 2024, CC BY-SA).....	28
	KUVA 27. Versio 2 runkokokoonpano (Siikanen 2024, CC BY-SA)	29

KUVA 28. Sulkulevy (Siikanen 2024, CC BY-SA).....	29
KUVA 29. Sivuputki eli osa 2 (Siikanen 2024, CC BY-SA).....	30
KUVA 30. Sivuputken kansi eli osa 3 (Siikanen 2024, CC BY-SA)	30
KUVA 31. Sivuputken tarkastusluukku eli osa 4 (Siikanen 2024, CC BY-SA).....	31
KUVA 32. Pystyveitsi eli osa 5 (Siikanen 2024, CC BY-SA).....	31
KUVA 33. Lämmönmittauslaitteen runko (Siikanen 2024, CC BY-SA).....	31
KUVA 34. Versio 3 runko kokoonpano (Siikanen 2024, CC BY-SA)	32
KUVA 35. Näytekauha (Siikanen 2024, CC BY-SA)	32
KUVA 36. Osa 1 mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA)	34
KUVA 37. Osa 2. mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA)	35
KUVA 38. Osa 3. mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA)	35
KUVA 39. Osa 4 mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA)	36
KUVA 40. Osa 5 mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA)	36
KUVA 41. Näyteastian mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA).....	37
KUVA 42. Runko kokoonpano (Siikanen 2024, CC BY-SA)	37
KUVA 43. Osa 2 mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA)	39
KUVA 44. Osa 3 mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA)	39
KUVA 45. Osa 4 mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA)	40
KUVA 46. Osa 5 mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA)	41
KUVA 47. Osa 6 mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA)	41
KUVA 48. Osa 7 mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA)	42
KUVA 49. Näyteastian mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA).....	42
KUVA 50. Sulkulevyn mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA)	43
KUVA 51. Versio 2 runko kokoonpano (Siikanen 2024, CC BY-SA)	43
KUVA 52. Osa 2 mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA)	45
KUVA 53. Osa 3 mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA)	45
KUVA 54. Osa 4 mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA)	46
KUVA 55. Osa 5 mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA)	46
KUVA 56. Näytekauha mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA).....	47
KUVA 57. Versio 3 runko kokoonpano (Siikanen 2024, CC BY-SA)	48

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on A-Rehu Oy. Työn tarkoituksena on tutkia ja kehittää laite, millä voidaan mitata rehupelletin lämpötila ja säätää lämpötila rehupelletin koostumuksen mukaan. A-Rehulla mitataan nykyään rehupelletin lämpötila manuaalisesti. Opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää manuaalisen mittauksen tilalle automaattinen lämpötilan mittaussuunnitelma osaksi prosessia. Tämä lisää työturvallisuutta, elintarviketurvallisuutta ja prosessin lämpötilaa voidaan säätää tarvittaessa lämpötilan muuttuessa epäedulliseen suuntaan.

Työ aloitetaan tutustumalla rehupelletin valmistusprosessiin A-Rehun Varkauden tehtaalla, jotta ymmärrettäisiin rehun tuotantoprosessin kulku alusta loppuun. Seuraavaksi käymme seuraamassa rehupelletin manuaalista lämpötilan mittaamista ja otamme mittoja laitteen suunnittelua varten. Kerättyjen alkutietojen pohjalta suunnittelemme laitetta Autodesk Inventor -suunnitteluohjelmalla. Suunniteltuja versioita tuli kolme kappaletta, jotka eroavat toisistaan. Versioiden suunnittelussa on yritetty löytää erilaisia toimivia ratkaisuja A-Rehun Varkauden tehtaalle rehupellettiprosessi lämpötilamittaukseen.

Opinnäytetyö on rajattu koskemaan rehupelletin lämpötilan mittaavan laitteen suunnittelua, kuvata sanallisesti nykyinen lämpötila mittaussuunnitelma ja perehtyä rehupelletin valmistusprosessin teoriaan, jossa syvennytään erityisesti lämpötilamittaukseen. Automaatio-järjestelmän suunnittelu ei kuulu opinnäytetyöhön.

2 A-REHU

2.1 Yleistietoa

A-Rehu Oy on vuonna 2004 perustettu suomalainen rehualan osakeyhtiö, kotipaikka sijaitsee Seinäjoella. Yrityksen perustivat Atria, Itikka- ja Lihakunta-osuuskunnat. A-Rehu Oy:llä on kaksi rehutehdasta, Koskenkorvalla ja Varkaudessa. Toiminta perustuu rehunvalmistukseen ja viljakauppaan. A-Rehu Oy valmistaa rehuja naudoille, sioille ja siipikarjalle. Yritys käyttää vain suomalaista viljaa, joka ostetaan tuottajilta. A-Rehun kautta voi hankkia myös tuotteet viljan- ja nurmentuotantoon, lannoitukseen, kasvinsuojeluun ja paalien suojaamiseen. A-Rehun tehtaat tarvitsevat viljaa vuodessa yli 195 miljoonaa kiloa tuotantoprosesseihin. (Atria 2004.)

2.2 A-Rehu Varkaus

A-Rehun Varkauden tehdas sijaitsee Taipaleen kaupunginosassa. Rehutehdas on perustettu vuonna 2006 entisen Valion meijerin tiloihin. Rehutehtaalla tuotetaan naudanrehua, sen tuotantokapasiteetti on vuodessa noin 80 000 tonnia. Pelletin valmistusprosessiin kuluu viljaa noin 40 000 tonnia vuodessa. Tehtaalla tuotettu naudanrehu on lämpökäsiteltyä, GMO-vapaita ja soijatonta. Siellä valmistuu täysrehut, puolitiivisteet, tiivisteet ja kivennäiset erilaisille tiloille. Alapuolella olevassa kuvassa (kuva 1) on Varkauden A-Rehu Oy:n ilmakeku. (A-Tuottajat 2024).



KUVA 1. Varkauden A-Rehu Oy:n tehdas (A-Rehu Oy 2024)

Tehtaalla tarvittava höyry ja lämpö tuotetaan 3 MW kaurankuoripellettilaitoksella, jonka omistaa Varkauden aluelämpö. A-Rehu toimittaa kaurankuoripelletit polttolaitokselle, jotka ovat uusiutuvaa polttoainetta. Kauraa käytetään rehuntuotannossa, jossa se kuoritaan prosessin aikana. Tästä syntyy jätettä, jota käytetään kaurankuoripellettien raaka-aineena. (Varkauden aluelämpö 2018.)

3 REHUPELLETIN VALMISTUSPROSESSIN KUVAUS

3.1 Yleistä rehupelleteistä

Rakeistus tarkoittaa prosessia, jossa eri materiaalit puristetaan muotin läpi muodostaen sylinterimäisen muodon, joiden pituus on yleensä 2–4 kertaa halkaisija. (Borregaard.)

Rehupelletti on määritelty ns. kasautuneeksi rehuksi, joka muodostuu puristamalla ja pakottamalla rehuseoksia muotin läpi mekaanisen prosessin avulla. Rakeistusprosessissa käsiteltävä rehuaine on hienojakoista, joskus pölyistä, epämiellyttävää ja hankalasti käsiteltävää. Prosessin tarkoituksena on muovata rehuseos suuremmiksi hiukkasiksi käyttäen prosessissa höyryä, kosteutta ja painetta. Suuremmat rehuhiukkaset ovat helpompi käsitellä, maultaan parempia ja yleensä johtavat parempiin ruokintatuloksiin kuin tavallinen rehu. Raaka-aineiden ominaisuudet koostuvat proteiinista, tiheydestä, rasvoista, kuiduista, rakenteesta, tärkkelyksestä tai hiilihydraateista ja kosteudesta. (CPM 2022.)

3.2 Rehupellettiprosessin valmistelut

Ennen varsinaista rehupelletin valmistusprosessia, raaka-aineet tulevat tehtaalle ja ne puhdistetaan sinne kuulumattomista materiaaleista. Raaka-aineita ovat esimerkiksi kaura, vehnä ja maissi. Raaka-aineet punnitaan ja siirretään siloihin jakeittain, josta ne jaotellaan prosessiin reseptien mukaan. Rehupelletin valmistusprosessi alkaa reseptin syöttämisellä järjestelmään, jolloin automaatio hoitaa siloista tarvittavan määrän raaka-aineita jauhatukseen ja sekoittimeen. Näillä vaiheilla on suuri merkitys rehupelletin laatuun ja prosessin toimimiseen ongelmitta. Alla olevassa kuvassa (kuva 2) nähdään raaka-aineiden kuljetuslinjasto.

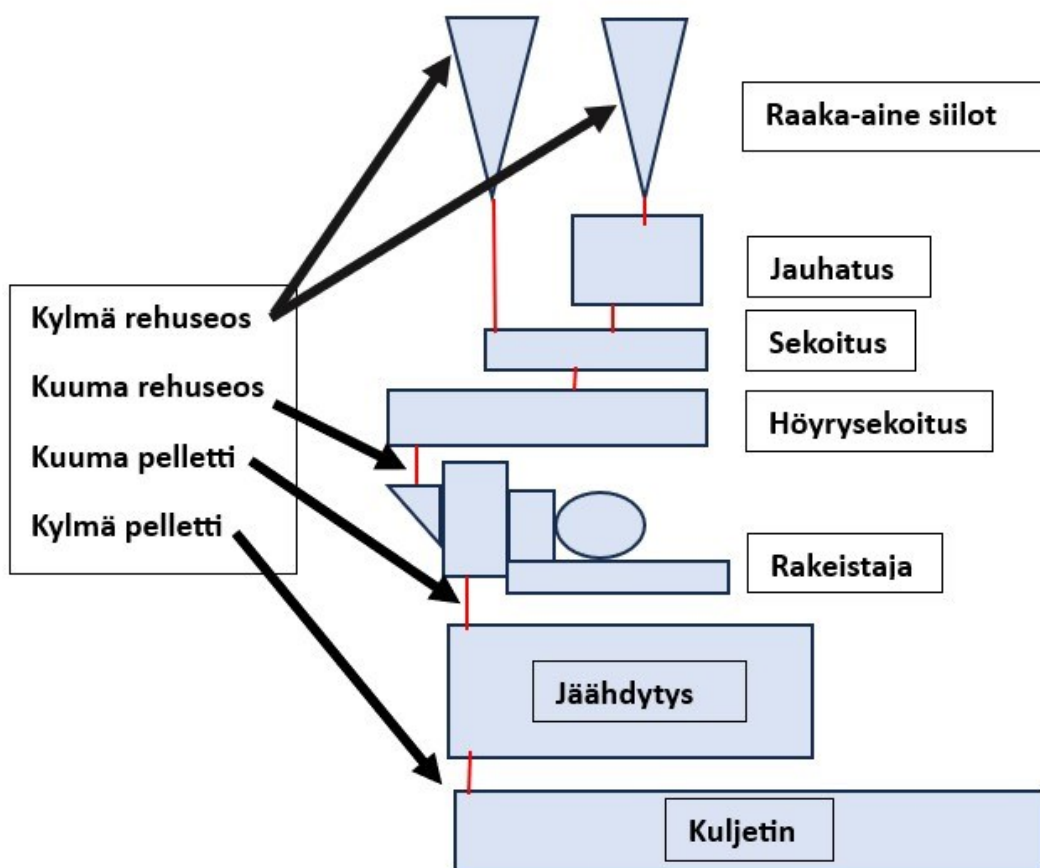


KUVA 2. Raaka-aineiden kuljetuslinjasto ennen jauhatusta (Siikanen 2024)

3.3 Rehupelletin valmistusprosessi

Rehupelletin ainesosat muodostuvat proteiinista, hapoista, sokereista, kuiduista ja mineraaleista. Kun näitä yhdisteitä lämmitetään höyryllä ja lisätään vettä, niin nämä ainesosat pehmentyvät. Rehupelletin laatuun ja kestävyteen vaikuttaa pelletin muoto, raaka-aineiden ominaisuudet sekä rehutehtaan prosessit. Prosessin erivaiheet ovat jauhaminen, sekoittaminen, kypsentyminen, kosteuden lisääminen, rakeistaminen ja jäähdyttäminen. (Antoniello Franco, 2023.)

Höyrysekoitus ja rakeistus ovat rehutehtaissa suurin energiakulutuksen lähde ja jopa 60 % kokonaisenergiakulutuksesta kuluu näihin prosesseihin. Tähän vaikuttaa höyryn lämpötila höyrysekoittimessa, muotin koko rakeistajalla sekä rehupelletin ainesosien imukyky. Alla olevasta kuvasta (kuva 3) nähdään rehupelletin valmistuksen oleelliset prosessivaiheet ja missä muodossa rehuseos on prosessin eri vaiheissa. (Selko, 2023.)



KUVA 3. Rehupelletti prosessikaavio (Siikanen 2024, CC BY-SA)

3.3.1 Jauhatus

Jauhatuksen vaikutus rehupelletin laatuun on noin 20 %. Jauhatuksen hiukkaskoon säätäminen on ensimmäinen olennainen vaihe rehupelletin tuotannossa, koska se vaikuttaa ravintoaineiden imeytymiseen ratkaisevasti. Hiukkaskokoon vaikuttaa ruokittava eläinlaji. Esimerkiksi siipikarjan rehun hiukkaskoon tarvitsee olla karkeampaa, kun taas sian rehun hiukkaskoon tarvitsee olla hienompaa. Hienompi jauhatustaso vaikuttaa lämmön ja kosteuden tunkeutumiseen yksittäiseen hiukkaseen. Ai-

nesosien jauhaminen hienoksi jauhoksi, joiden koko on pienempi kuin 300 mikronia auttaa parantamaan hyytymistä höyrysekoituksen aikana ja vaikuttaa rehupelletin laatuun sekä kestävyys. Karkeammilla jauhatustasoilla riski hauraitten ja rikkiäisistä rehupelleteistä kasvaa, koska hyytelöityminen ei ole yhtä tehokasta johtuen lämmön ja kosteuden heikommasta tunkeutumisesta hiukkaseen. (Antoniello Franco, 2023.) Jauhatukseen tulevat vain karkeat raaka-aineet, kuten esim. jyvät. Hienot raaka-aineet ohittavat jauhatuksen ja menevät suoraan silloista sekoitusprosessiin.

3.3.2 Sekoitus

Sekoitusprosessin tarkoituksena on sekoittaa jauhetut raaka-aineet lisättäviin ravintoaineisiin, joita eläimet kuluttavat. Rehuseosmassan sekoituksen laatuun vaikuttaa kaksi asiaa, hiukkaskoko ja sekoittimen tehokkuus. Laatu arvioidaan variaatiokertoimella (CV%). CV mittauksella varmistetaan, että jokainen rehutehtaalla otettu rehupelletti näyte tai tilalla kulutettu rehupelletti sisältää ravitsemusasiatuntijan vahvistaman ravintoainetason. Sekoituskäytäntöihin vaikuttavia peruselementtejä ovat käytetyn sekoittimen tyyppi, kapasiteetti ja sekoitusaika. Rehuerän tilavuuden on oltava oikealla tasolla. Pidempi sekoitusaika ei takaa parempaa sekoitus tulosta ja raaka-aineiden lisäysjärjestys on tärkeä. Jokaisen muutoksen jälkeen sekoitusjärjestelmä on arvioitava, valvottava ja testattava. Optimaalinen CV rehulle on 5–10 %. Yli 10 %:n arvot viittaavat tarpeeseen tehdä parannuksien sekoittimen säätöihin. (Antoniello Franco, 2023.)

Sekoitusprosessissa käytetään lapasekoittimia ja/tai nesteseikoittimia. Nesteseikoittimella on tärkeä rooli nestemäisten ravintoaineiden sekoituksessa rehuseokseen esim. melassin. Tällä varmistetaan eri komponenttien tasapuolinen jakautuminen rehuseoksessa. Alla olevassa kuvassa (kuva 4) on nesteseikoitin. (VanAarsen.)



KUVA 4. Nesteseikoitin (Siikanen 2024, CC BY-SA)

3.3.3 Höyrysekoitus

Höyrysekoitusprosessi on tärkeä vaihe rehupelletin rakenteellisen laadun takaamiseksi. Höyrysekoitus prosessissa rehuseos pehmennetään ja lämmitetään ennen rakeistusvaihetta. Tämän prosessin aikana höyryn laatu, lämpötila, viipymäaika ja käytetty höyrysekoitin vaikuttaa eniten rehupelletin laatuun. Alla olevassa kuvassa (kuva 5) on höyrysekoitin. (VanAarsen.)



KUVA 5. Höyrysekoitin (Siikanen 2024, CC BY-SA)

Höyryä käytetään höyrysekoitusprosessin aikana rehuseoksen lämmittämiseen ja kosteuden lisäämiseen. Höyryn olomuodon vuoksi, se leviää tasaisesti rehuseokseen höyrysekoittimessa. Korkealaatuisessa höyryssä on aisti- ja latenttilämpöä. Aistilämpö höyryssä lämmittää ensimmäisenä rehurakeet, jonka jälkeen höyryn tiivistyessä rehurakeet lämpenevät edelleen latenttilämmöllä. Höyryn kosteudella on kaksi tärkeää tehtävää prosessissa: ensimmäisenä se kosteuttaa rehurakeen ulkokerrosta, mikä edistää sidoksien muodostumista hiukkasten välille ja yhdessä lämmön kanssa se muuttaa rehuseoksen komponentteja, kuten tärkkelyshiukkasten hyytelöitymistä. (Thomas et al., 1997.)

Huonolaatuisen höyryn käyttö prosessissa vaikuttaa negatiivisesti rehupelletin laatuun. Kostea höyry muodostuu, kun paine ja lämpötila ovat arvoiltaan sellaiset, että vesikondensaatio sekoittuu höyryyn. Koska kosteahöyry on huonompi lämmittämään rehuseosta, sitä tarvitaan enemmän ja ylimääräistä vettä imeytyy rehuseokseen. Ylimääräinen vesi pyrkii voitelemaan rehuseosta liikaa, mikä voi johtaa rakeistajan tukkeutumiseen. Alla olevan kaavan (1) avulla voidaan laskea höyrynlaatu. (Phileo-lesaffre, 2020.)

Höyrynlaatu lasketaan kaavalla

$$Q_s = \frac{m_s}{(m_s + m_w)} * 100$$

1

missä	Q_s	höyrynlaatu (%)
	m_s	höyryn massa (kg/s)
	m_w	veden massa (kg/s)

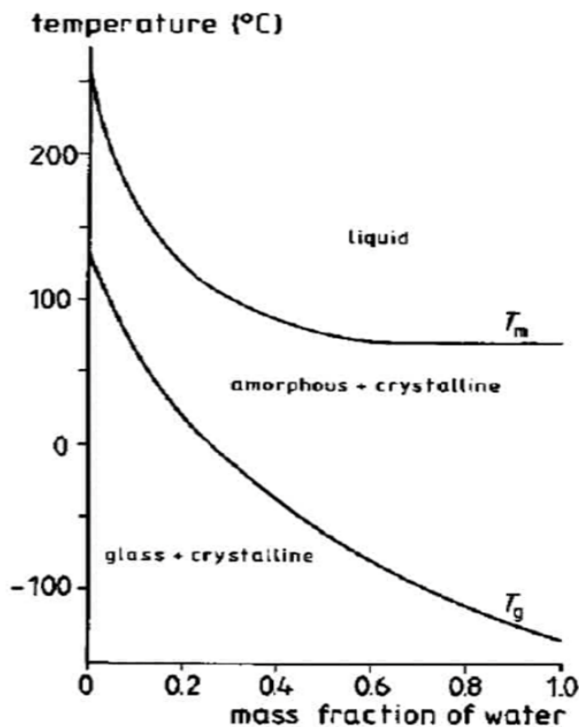
Laadukkaan höyryn saavuttamiseksi sijoitetaan paineenalennusjärjestelmä lähelle höyrysekoitinta. Asentamalla höyryn syöttölinjaan riittävästi vedenerottimia, joka johtaa paineenalennusjärjestelmään ja eristämällä höyryputken riittävällä eristeellä. Vedenerottimet poistavat höyrystä ylimääräistä vettä. Höyrynpaineen alentamisella, vähäinen vesi määrä haihtuu höyrystä, jolloin saadaan korkealaatuista höyryä luotua prosessiin. Hyvänä nyrkkisääntönä voidaan sanoa, että laadukas höyry nostaa lämpötilaa 16 °C astetta jokaista lisättyä kosteusprosenttia kohti. Kun laadukas höyry on saavutettu, höyrysekoittimeen tulee asettaa optimaaliset arvot höyrynpaineen ja lämpötilan osalta rehuseoksen sisällön mukaan. Alla oleva taulukko (taulukko 1) antaa yleiskatsauksen höyryarvoista erityyppisille rehupelletti resepteille.

Taulukko 1. Höyryarvo suosituksia eri rehuseoksille. (Thomas et al., 1997)

Feed type	Specific components	Recommended steam pressure (bar)	Final meal temperature
High starch feed	50-80% Starch from cereals or tapioca	1.02	80-85
Dairy rations	High fiber, 12-16% protein	4.42	60-65
high protein supplements and concentrates	25-45% protein	4.42	80
Heat sensitive	5-25% Dry milk powder, sugar and/or whey	1.02	<55
Urea containing rations	6-30% Urea (limit moisture content)	4.42	-

Tärkkelys, jossa on paljon amorfisia hiukkasia ja vähän kiteisiä hiukkasia, tunnetaan esigelatinoituna tärkkelyksenä. Kolmen tilan eli kiinteä hauras faasi (lasi + kiteinen), kiinteä muovifaasi (amorfinen + kiteinen) ja nestemäisessä tai "sulassa" tilassa lämpötilan ja kosteuspiitoisuuden välinen suhde voidaan nähdä kuvassa (kuva 6). Kuvassa (kuva 6) näkyy myös kaksi käyrää: Alempi käyrä on lasisiirtymänlämpötila (T_g) ja toinen käyrä on sulan siirtymäkäyrä (T_m). Kiteinen materiaali muuttuu vasta, kun prosessiolosuhteet ylittävät T_m :n, minkä jälkeen kiderakenteet hajoavat. Jäähdyessään ja liikkuessaan takaisin T_m :n ja T_g :n läpi nämä hiukkaset eivät muutu uudelleen kiteisiksi, vaan pysyvät

amorfisina. Amorfisista hiukkasista tulee pehmeitä ja taipuisia, kun olosuhteet ylittävät alemman T_g :n.



KUVA 6. Tärkkelyksen ja veden seoksen tilafaasikaavio (Keetels, 1995)

Rehuseos lämmitetään höyrysekoittimessa rehumassan koostumuksen mukaan, koska liian matala lämpötila ei takaa laadukkaita rehupellettejä ja tietyt bakteerit eivät kuole prosessissa. Tässä prosessin vaiheessa ei tarvitse vielä saavuttaa 81°C asteen lämpötilaa, koska rakeistus vaiheessa rehupelletin lämpötila kohoaa muutamia asteita tappaen bakteerit rehupelleteistä. Liian kuuma rehumassa-seos taas voi tuhota hyviä ravintoaineita.

3.3.4 Rakeistaja

Rehupellettejä voi valmistaa useilla eri halkaisijoilla ja kovuuksilla rakeistamalla raaka-aineet jauhamisen, sekoittamisen ja höyrysekoittimen jälkeen. (VanAarsen.)

Rakeistus on rehupellettiprosessin tärkein vaihe. Rakeistusprosessissa tarkoitus on hajottaa kasviperäisiä rakenteita, helpottaa optimaalisen energian poistumista ja tiivistää raaka-aineet. Tällä saadaan kustannuksia vähennettyä varastoinnista, käsittelystä ja kuljetuksesta. (Andritz.)

Rakeistuksen tärkeimmät edut ovat eläinten syömisprosessi tapahtuvan hukan minimointi ja eläimet pystyvät hyödyntämään tehokkaammin pelleteistä saadut ravintoaineet kuin ei-pelleteituna rehuna. Kuvassa (kuva 7) on rakeistaja. (Kanagaraj 2018.)

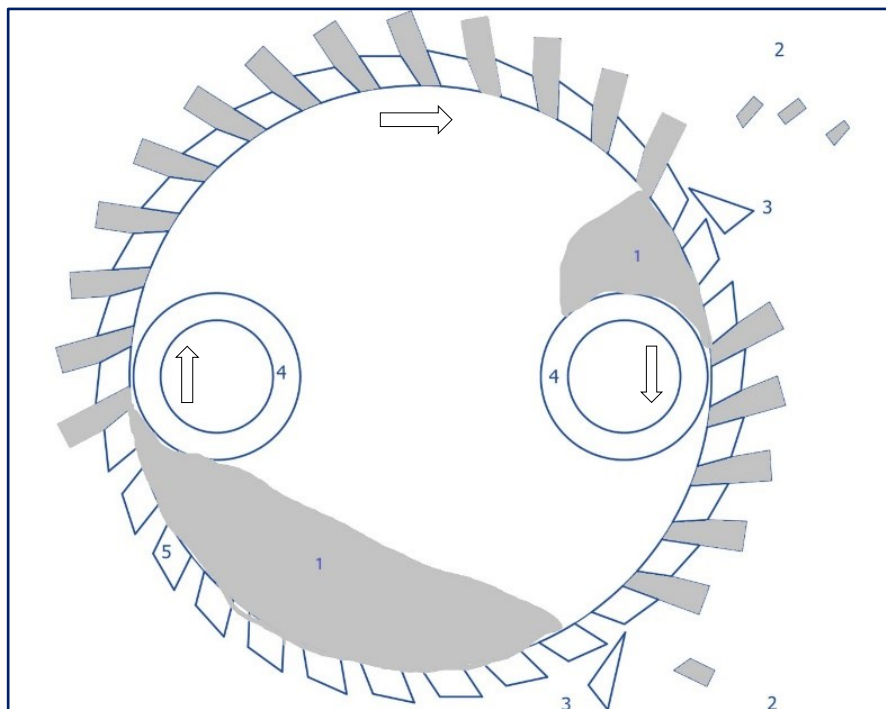


KUVA 7. Rakeistaja (Siikanen 2024, CC BY-SA)

Rakeistusprosessissa pehmeä rehuseosmassa syötetään omalla painovoimalla rakeistajan syöttökammioon, jossa olevat kolleripyörät pakottavat rehuseosmassan metallirengasmuotin reikien läpi. Reiät voivat olla pyöreitä, neliöitä, suippenevia tai kartiomaisia. Kun massa on tullut muotin läpi, niin veitset leikkaavat ne pelleteiksi. Alla olevasta kuvassa (kuva 8) on rakeistajan rakennekuva. Rakeistusprosessin aikana rehuseosmassan lämpötila kohoaa muutamia asteita, kun kolleripyörät pakottava rehumassaseoksen muotin läpi. Tämän ansiosta rehupelletti saavuttaa 81 °C astetta tappaen bakteerit. Kolleripyörien säätö vaikuttaa rakeistajan tuottavuuteen ja muotin käyttöikään. (Kanagaraj 2018.)

Kanojen, broilereiden ja kalkkunoiden sekä sikojen ja nautojen rehuseoksia valmistavan rehualan toimijan on varmistettava, että kyseisten rehuseosten lämpötila rakeistuksessa tai muussa kuumennuskäsittelyssä on vähintään 81 °C:tta tai että rehuseosta on kuumennettu vähintään 75 °C:ssa 10 minuuttia rehualan toiminnanharjoittamisesta (Maa- ja metsätalousministeriön asetus 548/2012, 23 §).

Kuuman ja kostean pelletin lämpötilan tarkastamiseen tulee käyttää lämpötilamittaria, jotta voidaan tarvittaessa prosessia säätää. Rehupelletti reseptit vaihtuvat rehuhteilla usein, jolloin lämpötilatieto on tarpeellinen. Osa rehuista on herkkiä liian kuumille lämpötiloille ja liian matalat lämpötilat aiheuttavat riskejä esim. salmonellasta. Kuumille pelleteille voidaan tehdä fyysinen testi, joka on tarpeen kosteuden määrittämiseksi. Testi voidaan tehdä laittamalla kuuma pelletti peukalon ja etusormen väliin, joka puristetaan kiekon muotoiseksi. Pelletin rakenne tulisi säilyä murtumisilta. Jos puristettu pelletti on jauhoinen ja kuivan oloinen, höyrysekoitus prosessiin on lisättävä höyryä. (CPM 2022.)



KUVA 8. Rakeistajan rakennekuva numeroituna; 1.Rehuseosmassa 2. Kuumia pellettejä 3. Veitset 4. Kolleripyörät 5. Muotti/ Matriisi (Siikanen 2024, CC BY-SA)

3.3.5 Jäähdytys

Rehupelletit tippuvat rakeistajalta noin 81°C asteen lämpöisinä ja niiden kosteus on 17–18 %. Rehupellettien lämpötilan jäähdyttimen jälkeen tulisi olla noin 15 °C astetta ja kosteuden 10–12 %, jotta niiden käsittely ja varastointi olisi optimaalista. (CPM 2022.) Rehupelletin tuotannossa jäähdytyksen tavoite on poistaa lämpöä ja kosteutta rehupelletistä. Höyrysekoittimessa lisätty lämpö ja kosteus tulisi poistua teoriassa jäähdyttimessä. Tähän kuitenkin vaikuttaa vaihtelevat ympäristöolosuhteet. Jäähdyttimen toimintaperiaate on kierrättää ilmaa kuumien pellettien läpi. Jäähdyttimen päätehtävä on jäähdyttää pelletit ja poistaa höyrysekoittimessa lisätty ylimääräinen kosteus.

Rehupellettien tuotannossa voidaan käyttää vaakajäähdytintä tai vastavirtajäähdytintä. Vaakavirtajäähdyttimen toimintaperiaate perustuu ristivirtaukseen.

Vastavirtajäähdytin on nykypäivänä yleinen rehuteollisuudessa. Vastavirtajäähdytin toimii luomalla alipaineen jäähdyttimen yläosaan tehokkaan puhaltimen avulla. Alipaine jäähdyttimen yläosassa aiheuttaa ilman imeytymisen jäähdyttimen alaosasta kuumien rehupellettien läpi jäähdyttimen yläosaan, jolloin rehupelleteistä ilmaan siirtynyt lämpö johdetaan ulos. Rakeistajasta kuumat rehupelletit tippuvat alas ja ilmavirta liikkuu alhaalta ylös, tätä kutsutaan vastavirtajäähdyttämiseksi. Alla olevassa kuvassa (kuva 9) on vastavirtajäähdytin (Kanagaraj 2018.)



KUVA 9. Jäähdytint (Siikanen 2024, CC BY-SA)

3.4 Rehupellettien murskaaminen, seulonta ja varastointi

Jäähdytysvaiheen jälkeen rehupelletit murskataan oikean kokoisiksi murusiksi eläinten ja ruokintajärjestelmien mukaan. Murskaimessa on tela, jonka läpi rehupelletit menevät. Telan etäisyyttä säätämällä voidaan vaikuttaa murun kokoon. Tämä prosessi varmistaa eläinten ravitsemustarpeet ja kulu-tustottumukset. Tämä prosessinvaihe voidaan myös ohittaa tarpeen mukaan.

Murskatut rehupelletti-muruset seulotaan lopputuotteen laadun takaamiseksi, liian hienoksi murskaantuneet rehupelletin murut seulotaan pois lopputuotteesta ja kierrätetään takaisin prosessiin. Seulonnan jälkeen murskatut rehupelletit varastoidaan ja kuljetetaan eläinten tarpeisiin maatiloille. (VanAarsen.)

4 REHUPELLETIN LÄMPÖTILAMITTAUKSEN NYKYTILANNE A-REHU VARKAUDEN TEHTAALLA

4.1 Manuaalisen lämpötilamittauksen kuvaus

A-Rehu Oy:n Varkauden tehtaalla rehupelletin lämpötila mitataan manuaalisesti. Manuaalinen lämpötilamittaus on helppo ja vaivaton suorittaa ja se vaatii yhden henkilön suorittamaan lämpötilamittaus. Lämpötilamittaus tehdään aina, kun rehupelletin resepti muuttuu. Lämpötilamittaus suoritetaan rakeistajan jälkeen, ennen jäädyttimelle menemistä. Kuvassa (kuva 5) nähdään lattiarajassa rehupelletin näytteenotto kohta Varkauden tehtaalla.



KUVA 10. Manuaalinen näytteenotto kohta (Siikanen 2024, CC BY-SA)

Toimenpide suoritetaan ottamalla rehupelletti tuotevirrasta näyte astiaan, joka kaadetaan lämpöeristettyyn metalliastiaan ja suljetaan kansi. Alla olevassa kuvassa (kuva 8) nähdään lämpötilamittauksessa käytettävää lämpöeristettyä metalliastiaa ja lämpötilamittaria. Kun rehupelletti näyte on lämpöeristetyssä metalliastiassa, niin lämpötilamittaus suoritetaan erillisellä lämpötilamittarilla. Lämpötilamittarissa on erillinen mittauspää, joka laitetaan lämpöeristetyn metalliastian kannessa olevasta

reiästä. Mittauspää annetaan olla lämpöeristetyssä metalliastiassa noin 5 minuuttia, jolloin mittaus-
tulos on valmis. Lämpötilan tulisi olla minimissään 81 °C astetta, jotta säädöksessä 548/2012 pykä-
län 23 § ehdot täyttyvät. Jos lämpötilaa tulee säätä ylemmäksi tai alemmaksi, niin se voidaan tehdä
säätämällä höyryn määrää höyrysekoittimessa.



KUVA 11. Lämpöeristetty metalliastia ja lämpötilamittari (Siikanen 2024, CC BY-SA)

5 REHUPELLETIN LÄMPÖTILA MITTAAMISEN KEHITTÄMINEN

5.1 Lämpötilan vaikutus rehupelletin valmistusprosessissa

A-Rehun Varkauden rehutehtaalla valmistetaan vain naudoille rehupellettejä. Tehdas tuottaa rehupellettejä naudoille vuodessa 80 000 tonnia, josta viljan osuus on 40–50 %. Naudat ruokitaan nykyään pääsääntöisesti rehupelleteillä. Naudat saavat rehupelleteistä tehokkaammin ravinteita kuin syömällä rehua tai jauhoja. Rehupellettien valmistusprosessissa osa raaka-aineista ovat herkkiä termomekaanisille vaikutuksille, joten on oltava tarkka mitä lisäaineita lisätään prosessiin ja otettava huomioon käsittely lämpötila.

Rehupelletin valmistusprosessin aikana lämpötila vaihtelee ympäristön lämpötilasta rakeistajan muotin jälkeiseen korkeaan lämpötilaan. Rehutehtaitten tulee ottaa huomioon myös rakeistajan jälkeinen lämpötila, joka on korkeampi kuin höyrysekoittimessa oleva. Rehupellettien rakeistusprosessin muotin valinnalla on keskeinen osa pellettien kestävyuden kannalta. Muotin valinnassa keskeistä on reikien pituus. Myös raaka-aineilla on tärkeä rooli, osa raaka-aineista sisältää mineraaleja, jotka aiheuttavat suuremman kitkan muotissa. Kitka lämmittää muotissa olevaa rehuseosta. Muotissa kitkan aiheuttamana lämpö on sitä suurempi, mitä alempi rehuseosmassan käsittely lämpötila on ennen rakeistajaa. Esimerkiksi höyrysekoittimesta tullut rehumassaseos ennen rakeistajaa on 50 °C astetta, niin rakeistajassa tullessaan rehupelletin lämpötila on nousut 20 astetta. Toinen esim. höyrysekoittimesta tullut rehuseos ennen rakeistajaa on yli 70 °C astetta niin lämpötilan nousu on 5 astetta rakeistusprosessin jälkeen. (Rouchouse 2019.)

Rehupellettien valmistusprosessissa syntyy paljon kitkalämpöä, usein miten lämpötilamuutos 10 astetta. Suomessa on määritelty lainsäädännön kautta rehuseosmassan lämpötila (81 °C) salmonellan torjumiseksi. Tämä kitkalämpö mahdollistaa höyrymäärän vähentämisen, mikä tuottaa säästöjä ja vähentää hiilidioksidipäästöjä. Höyrymäärä ei voi laskea tiettyä määrää alemmaksi, jotta lämpötila ei laske liian alas höyrysekoittimessa. Höyry pehmentää rehuseosmassaa, mikä vähentää kitkaa rakeistajan muotissa. Jos höyrymäärää lasketaan liikaa, niin rakeistajan päämoottorin tehonkulutus kasvaa, jolloin kuluu energiaa ja CO₂ päästöt lisääntyvät. Siksi on tärkeää löytää tasapaino rakeistajan virrankulutuksen ja höyrynsyötön välillä. (Jessen 2021.) Liian korkea kitka aiheuttaa kulumista matriisissa ja kolleripyörissä, mikä lyhentää niiden vaihtoväliä. Kitkalämpö voidaan määrittää mittaamalla höyrysekoittimesta tulevan rehuseosmassan lämpötila ja mittaamalla uudestaan rakeistajan matriisin läpi tulevien rehupellettien lämpötila. Laskemalla näiden lämpötilojen erotus, saadaan kitkalämpö määriteltyä. Suuri lämpötila ero aiheuttaa matriisin kulumista ja lisää energiankulutusta. Kitkan aiheuttama lämpömäärä voidaan laskea kaavalla (kaava 2). Tällä kaavalla (kaava 2) voidaan laskea karkeasti kitkan aiheuttama lämmönmäärä.

Kitkan aiheuttama lämpömäärä lasketaan kaavalla

$$Q = \mu F d$$

2

missä Q lämpömäärä (J)

μ	kitkakerroin
F	pystysuuntainen voima pintojen välillä (N)
d	liikkeen pituus (m)

Kaavasta (kaava 2) laskemalla saadun lämpömäärän (Q) perusteella voidaan selvittää rehumassa-seoksen lämpötilan muutos (ΔT). Tämä saadaan selville kaavalla (kaava 3).

Lämpötilamuutos voidaan laskea kaavalla

$$\Delta T = \frac{Q}{(Cm)} \quad 3$$

missä	ΔT	lämpötilanmuutos ($^{\circ}\text{C}$)
	Q	lämpömäärä (J)
	C	lämpökapasiteetti (J/Kkg)
	m	massa (kg)

5.2 Rehupellettien lämpötilanmittauksen alkutiedot

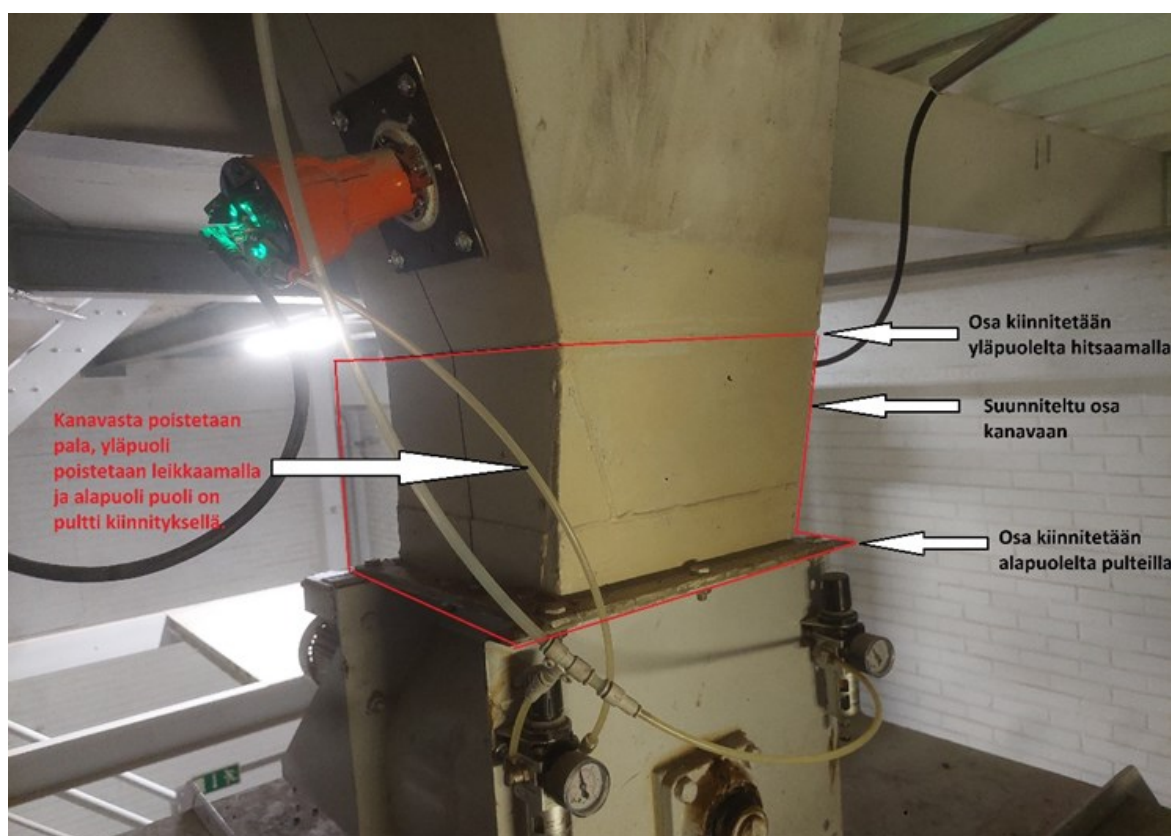
A-Rehu Oy Varkauden tehtaalle oli tarkoitus kehittää, suunnitella ja ottaa käyttöön uusi tapa mitata rehupellettien lämpötilaa rakeistajan jälkeisestä tuotevirrasta. Nykyinen tapa mitata rehupellettien lämpötila on kuvattu kappaleessa 5.1. Rehupellettien lämpötilatieto on tärkeä rakeistajan jälkeen, jotta voidaan säätää prosessin lämpötilaa höyrynmäärällä höyrysekoittimessa ja lain vaatima lämpötila vaatimus täyttyy.

Opinnäytetyön tekeminen alkoi tutustumalla rehupelletin valmistusprosessiin A-Rehun Varkauden tehtaalla, jotta ymmärretään prosessin kulku ja miksi lämpötilatieto rakeistajan jälkeen on tärkeä valmistusprosessin kannalta. Valmistusprosessiin tutustuminen ja sen teorian ymmärtäminen auttoi työn teossa paljon. A-Rehulta saatiin alkutietona työn tekemiseen alustava luonnoskuva uudesta laitteesta, millä voitaisiin ottaa näyte tuotevirrasta. Tämä luonnoskuva oli työn tekemisen kannalta tärkeä tekijä, kuva on liitteenä (liite 1). Muita tietoja olivat rehupellettien valmistusmäärä ja tarvittava viljanmäärä valmistusprosessiin. A-Rehun Varkauden tehtaalla käytiin katsomassa nykyistä rehupellettien lämpötilanmittausta, suunnittelemassa ja mittaamassa uuden laitteen paikkaa ja kokoa. A-Rehun edustaja kertoi myös koko rehupelletin valmistusprosessi kulun.

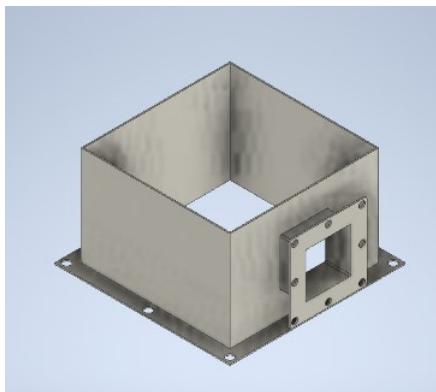
5.3 Kehittely- ja suunnitteluvaihe

Työn kehittelyvaiheessa joutui miettimään, mikä ratkaisu olisi paran A-Rehun kannalta ja kustannus- tehokkain. Päädyimme kehittämään laitetta luonnoskuvan (liite 1) pohjalta, koska A-Rehulla on paras tieto ja käsitys rehupellettien valmistusprosessista sekä käytännökokemusta. Kehittelytyön aikana tulimme siihen tulokseen, että teemme useita eri kehitysideoita A-Rehulle luonnoskuvan (liite 1) perusteella.

Eri versioiden suunnittelussa käytettiin samaa osaa kanavassa, joka liitetään rakeistajalta jäähdytti- meen menevään tuotekanavaan. Kuvassa (kuva 12) on rakeistajalta jäähdyttimeen menevä rehupel- letti kanava. Käytössä olevasta kanavasta poistetaan pala, yläpuoli leikataan ja alapuolelta aukais- taan pulttiliitokset. Suunniteltu osa 1 kanavaan on esitelty alla olevassa kuvassa (kuva 13). Osa 1:n yhdellä sivulla laippaliitäntä, johon liitetään pulttiliitoksella sivuputki. Osa 1 kiinnitetään pulttiliitok- selta alapuolelta ja yläpuoli hitsataan käytössä olevaan kanavaan. Osa 1 on tehty 3 mm vahvuisista teräslevyistä, jotka on hitsattu yhteen. Sivujen leveys on 310 mm ja korkeus 210 mm. Sivussa oleva laippaliitäntän putki on RHS-neliöputkea, joka on hitsattu osa 1:n sivuun kiinni. RHS-neliöputken koko on 100x100x3. Neliölaipan reiät ovat 13 mm.



KUVA 12. Nykyinen rehupellettikanava rakeistajan ja jäähdyttimen välillä (Siikanen 2024, CC BY-SA)

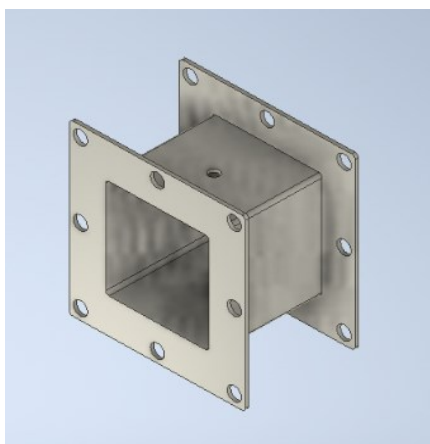


KUVA 13. Kanavaan tuleva uusi suunniteltu osa eli osa 1 (Siikanen 2024, CC BY-SA)

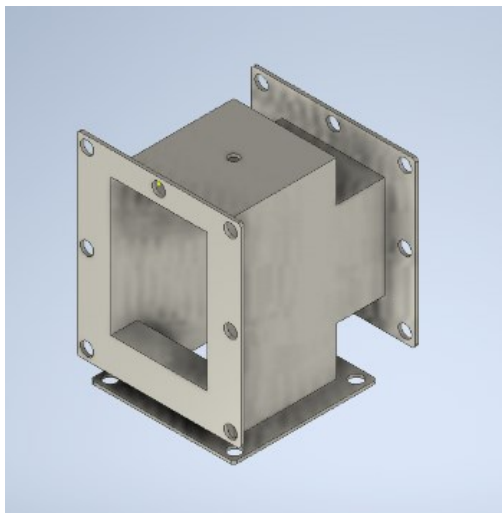
5.4 Versio 1

Versio 1:ssä suunnittelimme luonnoskuvan (liite 1) perusteella. Tässä versiossa oli ajatuksena suunnitella rakeistajalta jäähdyttimeen tippuvan rehupelletti tuotevirta kanavaan erillinen osa 1, joka on esitetty aiemmin kuvassa (kuva 13). Osa 1:stä käytetään muissakin versioissa. Osa 1:ssä on neliölaippa, johon liitetään pulttiliitoksella sivuputki, jota suunnitelmassa kutsutaan osaksi 2 (kuva 14). Osa 2:ssä on kummassakin päässä neliölaipat sekä reikä yläpuolen sivulla lämpötila-anturia varten. Kotelo liitetään pulttiliitoksella osaksi 2. Kotelo osaa kutsutaan suunnitelmassa osaksi 3 (kuva 15). Osa 3:n alapuolella on neliölaippa ja päädyssä irrallinen kansi sekä yläpuolella reikä, johon liitetään paineilmaletku. Osa 3:n alapuolelle liitetään pulttiliitoksella purkuputki. Purkuputkea kutsutaan suunnitelmassa osaksi 4 (kuva 16). Osa 4:n toinen pää liitetään jäähdyttimeen. Osa 3 kantta nimetään suunnitelmassa osaksi 5 (kuva 17). Osa 5:ssä on reikä sylinteriä varten. Edellä mainitut osat ovat kokonaisuudessaan runko-osa (kuva 18).

Osa 2:n suunnitelmassa on käytetty RHS-neliöputkea ja siihen on hitsattu neliölaipat sen päihin. RHS-neliöputken koko on 100x100x3. Neliölaipoissa 13 mm reiät. Osa 3 on tehty teräslevy paloista hitsaamalla ja neliölaipat on liitetty hitsaamalla siihen. Osa 3:n laippojen reiät ovat halkaisijoiltaan 13 mm. Osa 4 on tehty RHS-neliöputkesta ja siihen on lisätty yläpuolelle neliölaippa hitsaamalla, laipan reiät ovat halkaisijoiltaan 13 mm. Osa 5 on tehty teräslevystä ja reiät ovat halkaisijoiltaan 13 mm.



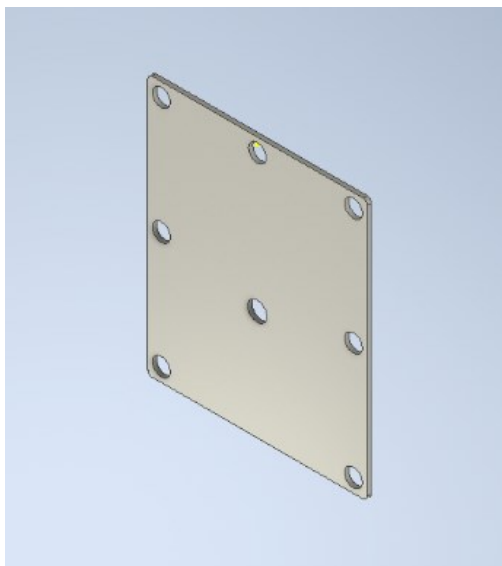
KUVA 14. Sivuputki eli osa 2 (Siikanen 2024, CC BY-SA)



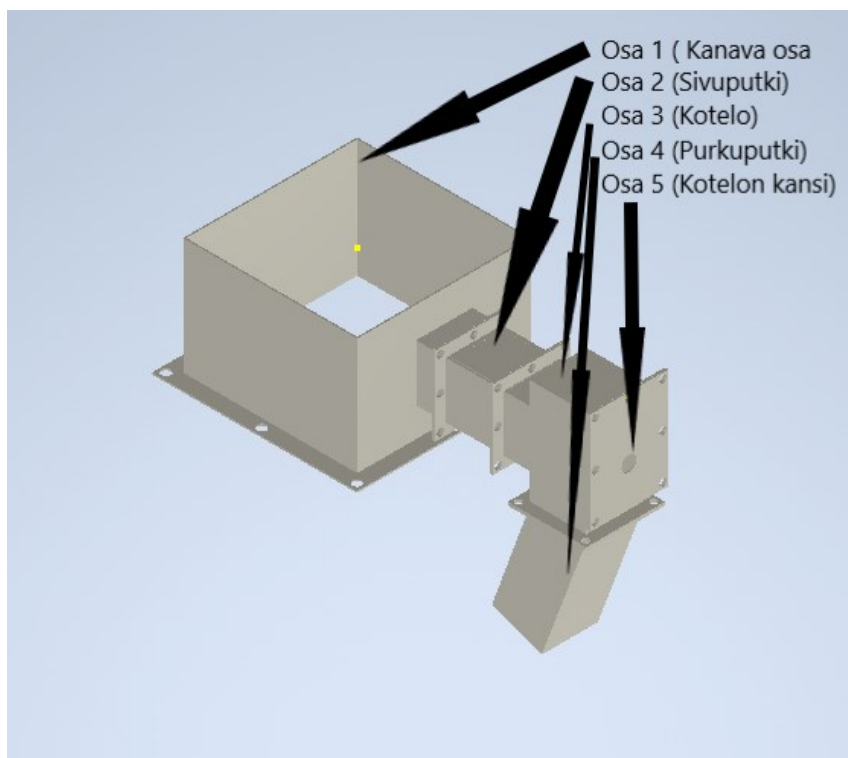
KUVA 15. Kotelo eli osa 3 (Siikanen 2024, CC BY-SA)



KUVA 16. Purkuputki eli osa 4 (Siikanen 2024, CC BY-SA)

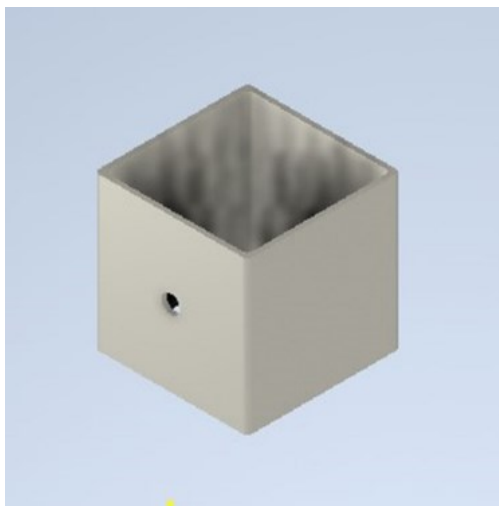


KUVA 17. Kotelon kansi eli osa 5 (Siikanen 2024, CC BY-SA)



KUVA 18. Versio 1 runkokokoonpano (Siikanen 2024, CC BY-SA)

Runko-osan lisäksi tarvitaan näyteastia, lämpötila-anturi ja sylinteri. Näyteastian kuva (kuva 19) on alapuolella. Näyteastia on pohjaton ja kanneton. Näyteastia on tehty 3 mm vahvaisista teräslevyn paloista hitsaamalla ja sen koko on 92x92. Näyteastian yhdellä sivulla on 11 mm reikä, johon sylinterin varsi kiinnitetään muttereilla. Ensisijaiseksi sylinteriksi on suunniteltu paineilma toimiseksi. Pneumaattinen sylinteri toimii paineilman vaikutuksesta. Versio 1 suunnitelman sylinteri on kaksitoiminen, männän halkaisija on 32 mm ja sen iskun pituus on 400 mm. Sylinteri liikkuu kolmen pisteen välillä. Toissijaiseksi sylinteriksi on suunniteltu lineaaritoimilaitetta, jos pneumaattinen sylinterin asennuksessa tulee ongelmia.



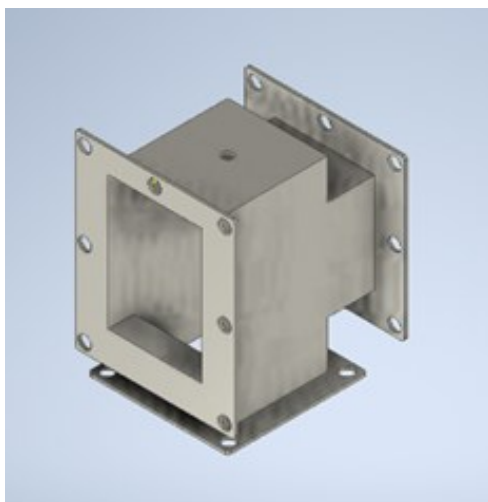
KUVA 19. Näyteastia (Siikanen 2024, CC BY-SA)

Versio 1:n toiminta tapahtuu automatiikan avulla. Automaatio ohjaa sylinteriä ja sylinterin varsi on kiinnitetty näyteastiaan. Näyteastia on lepotilassa purkuputken kohdalla. Kun halutaan rehupelletti näyte, automaatio ohjaa sylinterillä näyteastiaa rehupelletti tuotevirtaan ja vetää sen pois tuotevirrasta nopeasti. Automaatio ohjaa sylinterillä näyteastiaa osa 2:n kohdalle, jolloin näytteen lämpötila mitataan. Lämpötilatieto menee automatiikalle, joka tarvittaessa säätää prosessia. Kun lämpötilatieto on saatu, automaatio ohjaa sylinterillä näyteastiaa osa 4:n kohdalle, jolloin rehupellettinäyte putoaa jäähdyttimeen.

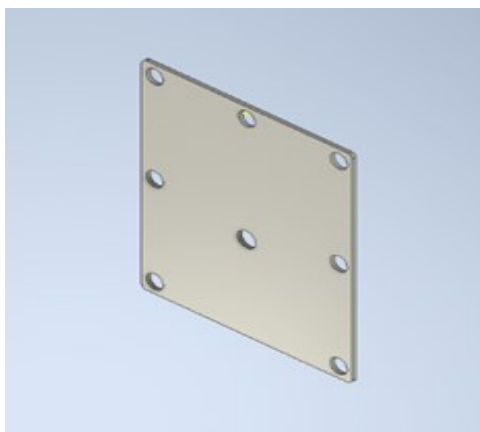
5.5 Versio 2

Suunnitelmassa kanavaan tuleva osa 1:n (kanavaosa) neliölaippaan liitetään pulttiliitoksella osa 2 eli kotelo (kuva 20), johon lisättään pulteilla osa 3 eli kotelon kansi (kuva 21). Osa 2:n alapuolen neliölaippaan liitetään pulttiliitoksella erillinen lämmönmittauslaite, jota kuvataan myöhemmin.

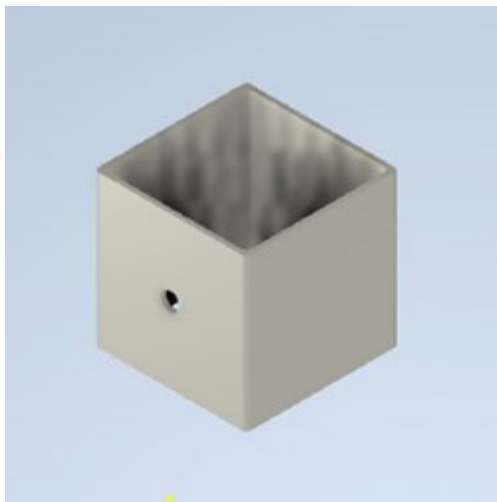
Osa 2 on tehty teräslevy paloista hitsaamalla ja neliölaipat on liitetty myös hitsaamalla siihen. Osa 2:n neliölaippojen reiät ovat halkaisijoiltaan 13 mm. Osa 3 on tehty teräslevystä ja reiät ovat halkaisijoiltaan 13 mm. Näyteastian kuva (kuva 22) on alapuolella. Näyteastia on pohjaton ja kanneton. Näyteastia on tehty 3 mm vahvaisista teräslevyn paloista hitsaamalla ja sen koko on 92x92.



KUVA 20. Kotelo eli osa 2 (Siikanen 2024, CC BY-SA)

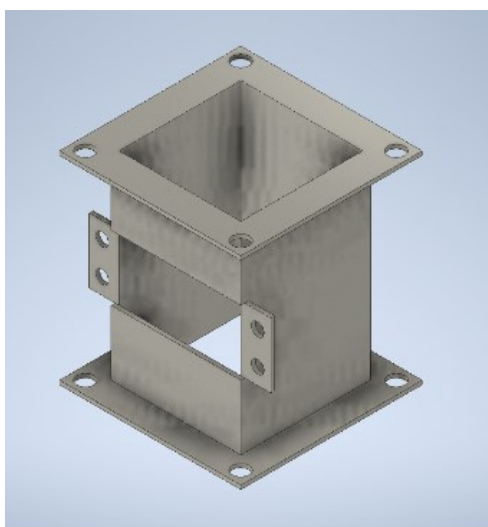


KUVA 21. Kotelonkansi eli osa 3 (Siikanen 2024, CC BY-SA)

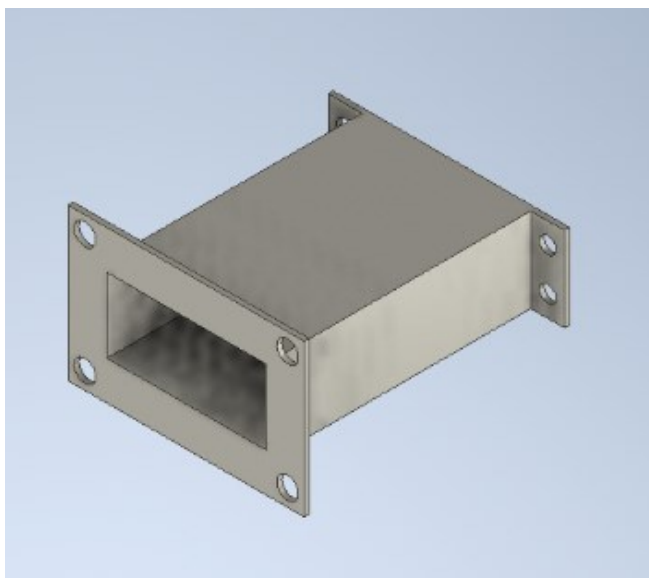


KUVA 22. Näyteastia (Siikanen 2024, CC BY-SA)

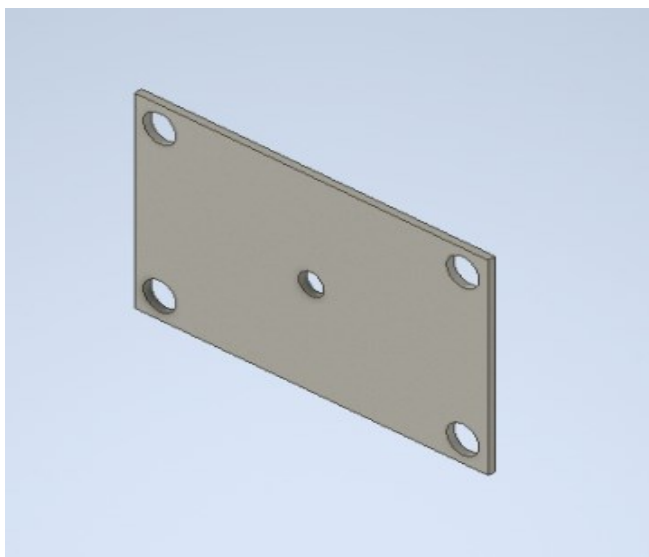
Versio 2 on suunniteltu erillinen lämmönmittauslaite. Lämmönmittauslaitteen runko koostuu pystyputkesta eli osa 4 (kuva 23), sivukotelosta eli osa 5 (kuva 24), sivukotelon kannesta eli osa 6 (kuva 25) ja sylinterin kiinnikkeestä eli osa 7 (kuva 26). Osa 4 liitetään yläpuolelta pulttiliitoksella osa 2:n neliölaippaan, alapuolen pulttiliitos kiinnitetään jäähdyttimeen tai erilliseen purkuputkeen. Osa 4:n sivussa on liitoskohta, johon osa 5 kiinnitetään pulteilla. Osa 4:n yhdelle sivulle tehdään reikä lämpötila-anturille, joka mittaa rehu-pellettien lämpötilan. Osat 6 kiinnitetään osa 5:n pulttiliitoksella ja osa 7 kiinnitetään osa 6 pulttiliitoksella. Osa 4:ssa on suunniteltu käytettävän RHS-neliöputkea, jonka koko on 100x100x3. Osa 4:n hitsataan neliölaipat sen päihin ja neliölaippojen reiät ovat kooltaan 13 mm. Osa 4 tehdään lämpötila-anturin kiinnitys paikka yhdelle sivulle. Osa 5 koostuu RHS-suora-kaideputkesta, jonka koko on 100x50x3mm. Pulttiliitosten reiät ovat kooltaan 13 mm. Osat 6 ja 7 on suunniteltu tehtävän teräslevystä muotoilemalla. Alapuolella olevassa kuvassa (kuva 27) on esitetty versio 2 runko kokoonpano.



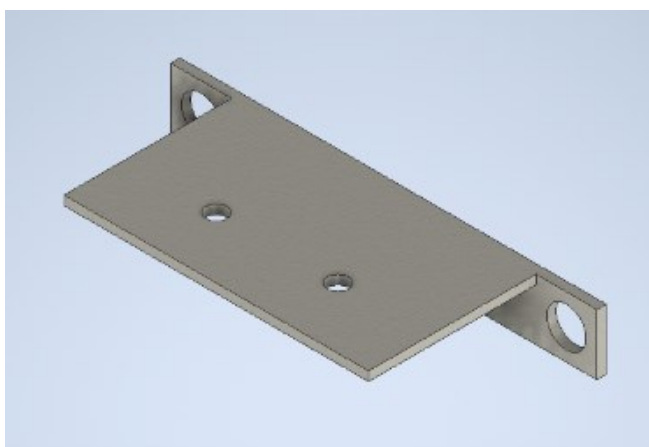
KUVA 23. Pystyputki eli osa 4 (Siikanen 2024, CC BY-SA)



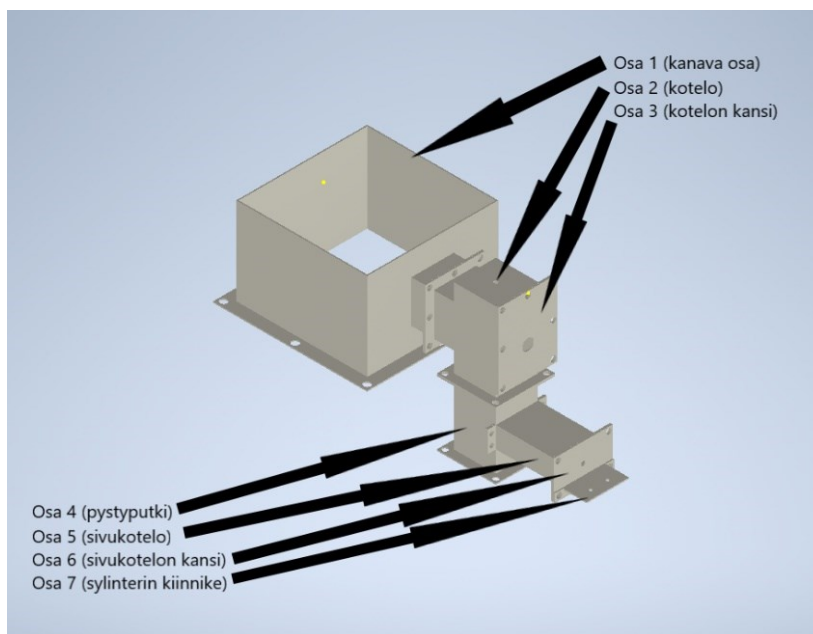
KUVA 24. Sivukotelo eli osa 5 (Siikanen 2024, CC BY-SA)



KUVA 25. Sivukotelon kansi eli osa 6 (Siikanen 2024, CC BY-SA)

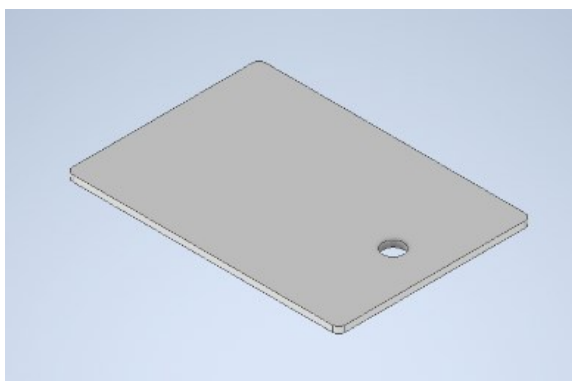


KUVA 26. Sylinterin kiinnike eli osa 7 (Siikanen 2024, CC BY-SA)



KUVA 27. Versio 2 runkokokoonpano (Siikanen 2024, CC BY-SA)

Runko-osa kokoonpano osien lisäksi suunnitelmassa on näyteastia (kuva 22), 2 kpl pneumaattista sylinteriä, lämpötila-anturi ja sulkulevy (kuva 28). Pneumaattiset sylinterit ovat iskun pituudeltaan 300 mm (sylinteri 1) ja 100 mm (sylinteri 2). Iskunpituudeltaan 300 mm sylinterin männän halkaisija on 32 mm ja sen varsi kiinnitetään näyteastiaan. Iskunpituudeltaan 100 mm sylinterin männän halkaisija on 25 mm ja sen varsi kiinnitetään sulkulevyyn. Sylinteri 2:n runko kiinnitetään osa 7 erillisellä osalla.



KUVA 28. Sulkulevy (Siikanen 2024, CC BY-SA)

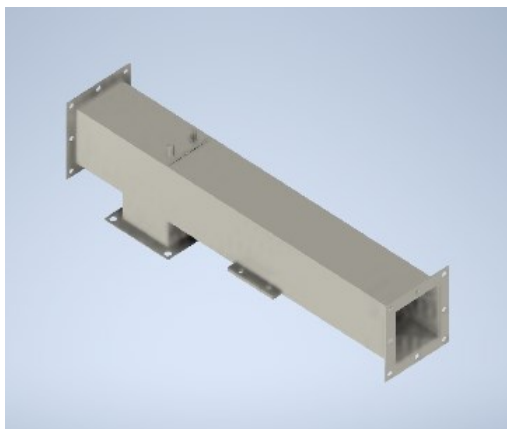
Versio 2:n toiminta tapahtuu automatiikan avulla. Automaatio ohjaa sylintereitä 1 ja 2. Sylinteri 1 varsi on kiinnitetty näyteastiaan ja sylinterin 2 varsi on kiinnitetty sulkupeltiin. Näyteastian ollessa osa 4:n kohdalla ja sulkupelti on auki asennossa osa 5:ssä, automaatio on lepotilassa. Kun halutaan tietää rehupellettien lämpötila, automaatio ohjaa sylinteri 2:lla sulkupellin kiinniasentoon osa 4 kohdalle ja sylinteri 1:llä näyteastiaa rehupelletti tuotevirtakanavaan ja vetää näyteastian nopeasti takaisin osa 4 kohdalle. Näyteastiassa olevat rehupelletit putoavat osa 4:ssä olevan sulkupellin päälle.

Osa 4 oleva lämpötila-anturi mittaa rehupellettien lämpötilan. Kun automaatio on saanut lämpötilatiedon, se ohjaa sylinterillä sulkulevyn auki asentoon, jolloin rehupelletit putoavat jäädyttimeen. Lämpötilatiedon saatuaan, automaatio -järjestelmä säätelee prosessia tarvittaessa.

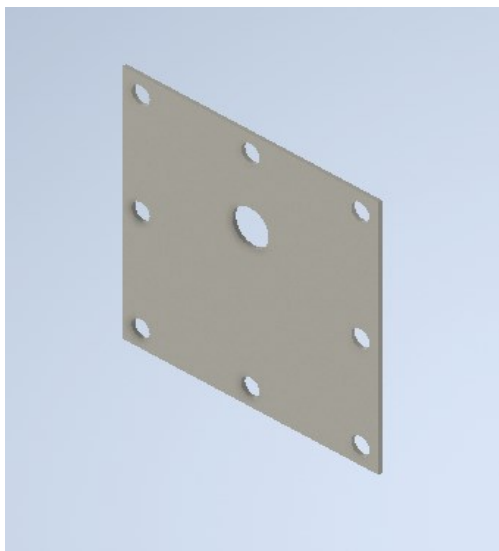
5.6 Versio 3

Suunnitelmassa kanavaan tuleva osa 1:n (kuva 13) neliölaippaan kiinnitetään pulttiliitoksella osa 2 eli sivuputki (kuva 29). Osa 2:n liitetään pulteilla osa 3 eli sivuputken kansi (kuva 30). Osa 2:n liitetään pulttikiinnityksellä sivuputken tarkastusluukku eli osa 4 (kuva 31). Osa 2:n liitetään muttereilla pystyveitsi eli osa 5 (kuva 32). Osa 2:n alapuolen neliölaippaan liitetään pulttiliitoksella erillinen lämmönmittauslaitteen runko, joka on esitetty Versio 2:ssa.

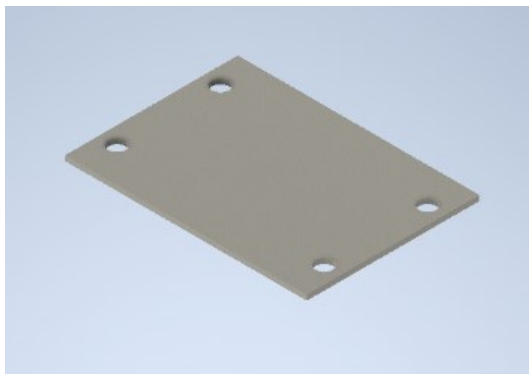
Suunnitelman mukaan osa 2 on RHS-neliöputkea 100x100x3 ja siihen kuuluvat neliölaipat ovat hitsattu. Laippojen reikä koot ovat 13 mm. Osa 2 yläpuolelle on hitsattu osa 5 kiinnitys pultit ja alapuolen tarkastusluukun kiinnitys reiät ovat 10 mm. Osat 3, 4 ja 5 ovat tehty teräslevystä muotoilemalla. Lämmönmittauslaitteen runko kokoonpano (kuva 33) on kerrottu versio 2:ssa. Versio 3 runko kokoonpano on esitetty alapuolen kuvassa (kuva 34).



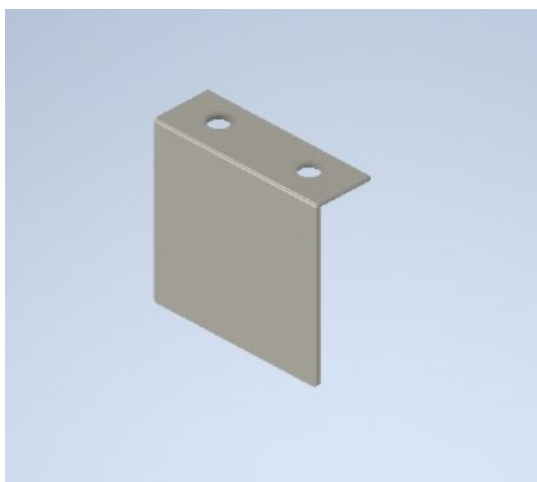
KUVA 29. Sivuputki eli osa 2 (Siikanen 2024, CC BY-SA)



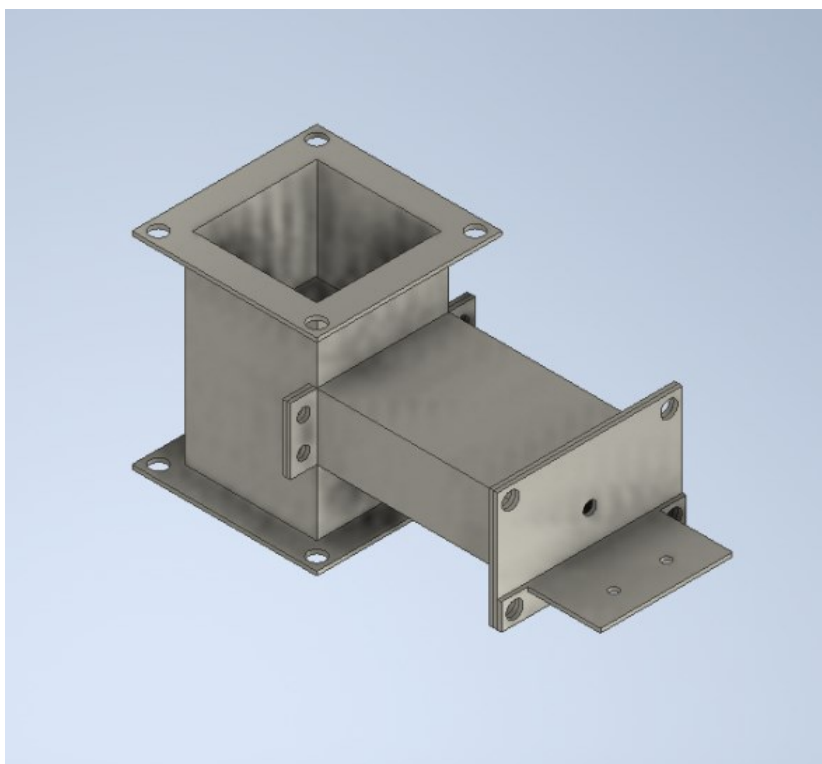
KUVA 30. Sivuputken kansi eli osa 3 (Siikanen 2024, CC BY-SA)



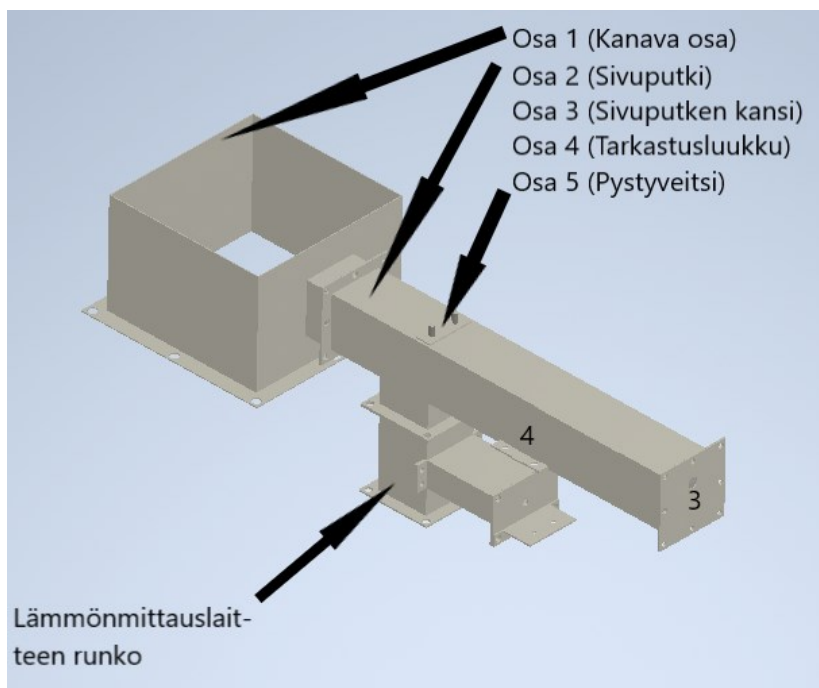
KUVA 31. Sivuputken tarkastusluukku eli osa 4 (Siikanen 2024, CC BY-SA)



KUVA 32. Pystyveitsi eli osa 5 (Siikanen 2024, CC BY-SA)

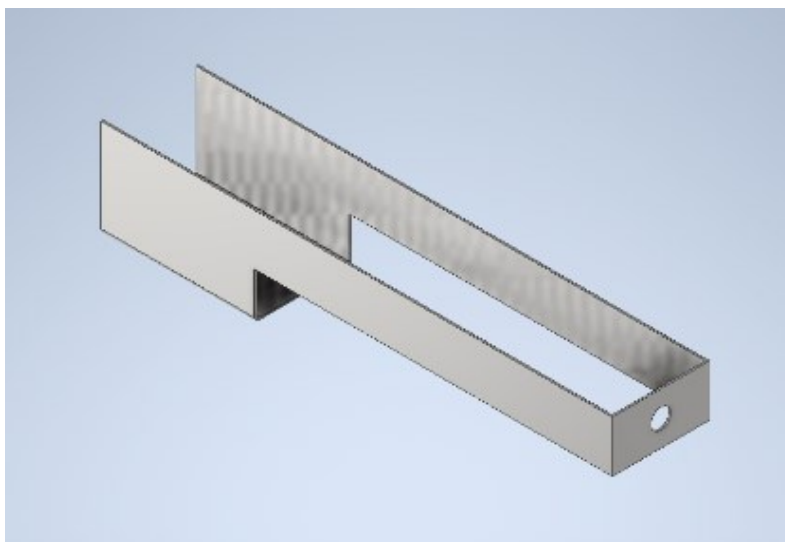


KUVA 33. Lämmönmittauslaitteen runko (Siikanen 2024, CC BY-SA)



KUVA 34. Versio 3 runko kokoonpano (Siikanen 2024, CC BY-SA)

Runko kokoonpanon lisäksi suunnitelmassa ovat näytekauha (kuva 35), 2 kpl pneumaattista sylinteriä, lämpötila-anturi ja sulkulevy (kuva 28). Näytekauha on hitsattu 3 mm vahvuisista teräslevyn palloista. Pneumaattiset sylinterit ovat iskun pituudeltaan 500 mm (sylinteri 1) ja 100 mm (sylinteri 2). Sylinteri 1 männän halkaisija on 40 mm ja sen varsi kiinnitetään näytekauhaan. Sylinteri 2 männän halkaisija on 25 mm ja sen varsi kiinnitetään sulkulevyyn.



KUVA 35. Näytekauha (Siikanen 2024, CC BY-SA)

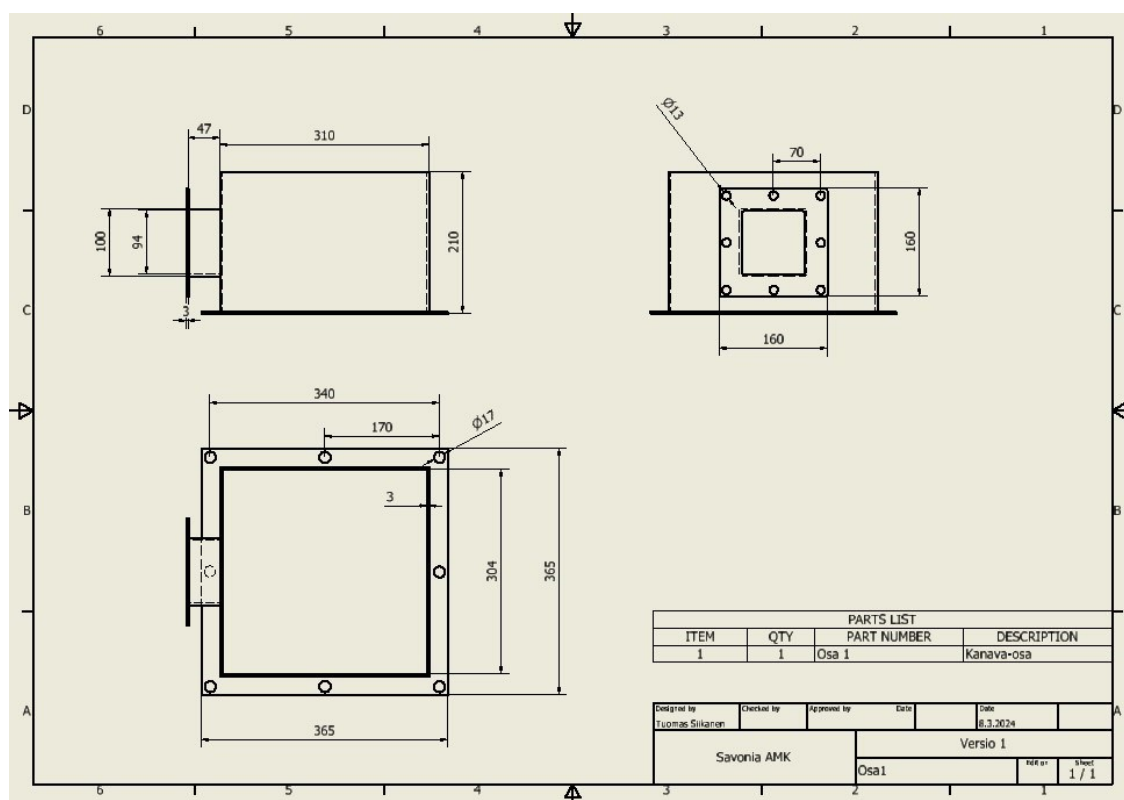
Versio 3:n toiminta tapahtuu automatiikan avulla. Automaatio ohjaa sylintereitä 1 ja 2. Sylinteri 1:n varsi on kiinnitetty näytekauhaan ja sylinterin 2 varsi on kiinnitetty sulkupeltiin. Sylinteri 1 ja 2 var-

sien ollessa sisäänvedettynä, automaatio on lepotilassa. Kun tarvitaan ottaa lämpötilanäyte rehupelleteistä, automaatio ohjaa sylinterillä 2 sulkupellin kiinni ja sylinterillä 1 näytekauhan rehupelletti tuotevirtaan ja odottaa hetken. Hetken odotettua, automaatio ohjaa sylinterillä 1 näytekauhan osa 5 läpi, jolloin rehupelletit putoavat sulkupellin päälle. Lämmönmittausputken lämpötila-anturi mittaa rehupelleteistä lämpötilan. Kun lämpötilatieto on saatu, sulkupelti aukeaa ja rehupelletit putoavat jäähdytimeen. Saatuaan lämpötilatiedon automaatio -järjestelmä tekee tarvittaessa muutoksia prosessiin.

6 INVENTOR-KUVAT UUDESTA INNOVAATIOSTA

6.1 Osa 1

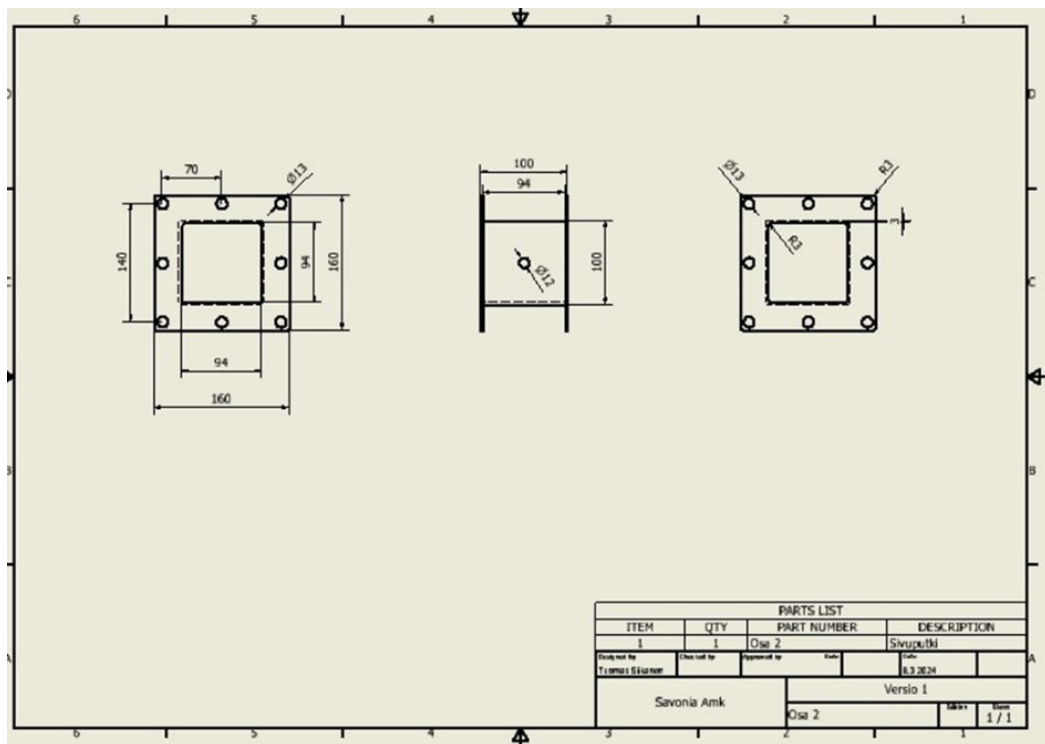
Osa 1 on sama kaikissa eri versioissa. Tämä osa on suunniteltu rakeistajalta jäähdyttimelle menevään kanavaan. Osan sivut ovat kooltaan 310x210x3mm. Alapuolella olevan kauluksen koko on 365x365x3mm ja leveys 27,5 mm. Kauluksessa on 8 kpl 17 mm reikää. Sivusta lähtee haaraa, jonka koko on 100x100x3 ja pituus 50 mm. Haaraan käytetään RHS-neliöputkea. Haaraan toiseen päässä on neliölaippa, jonka koko on 160x160x3mm ja se sisältää 8 kpl 13 mm reikää. Osan sivut hitsataan toisiinsa. Kaulus hitsataan kiinni hitsattuun neliöön. Neliön sivusta poistetaan pala, jonka koko on 94x94. Tähän hitsataan haara kiinni. Haaran päähän hitsataan neliölaippa. Alla olevassa kuvassa (kuva 36) on esitetty osa 1 mittoja.



KUVA 36. Osa 1 mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA)

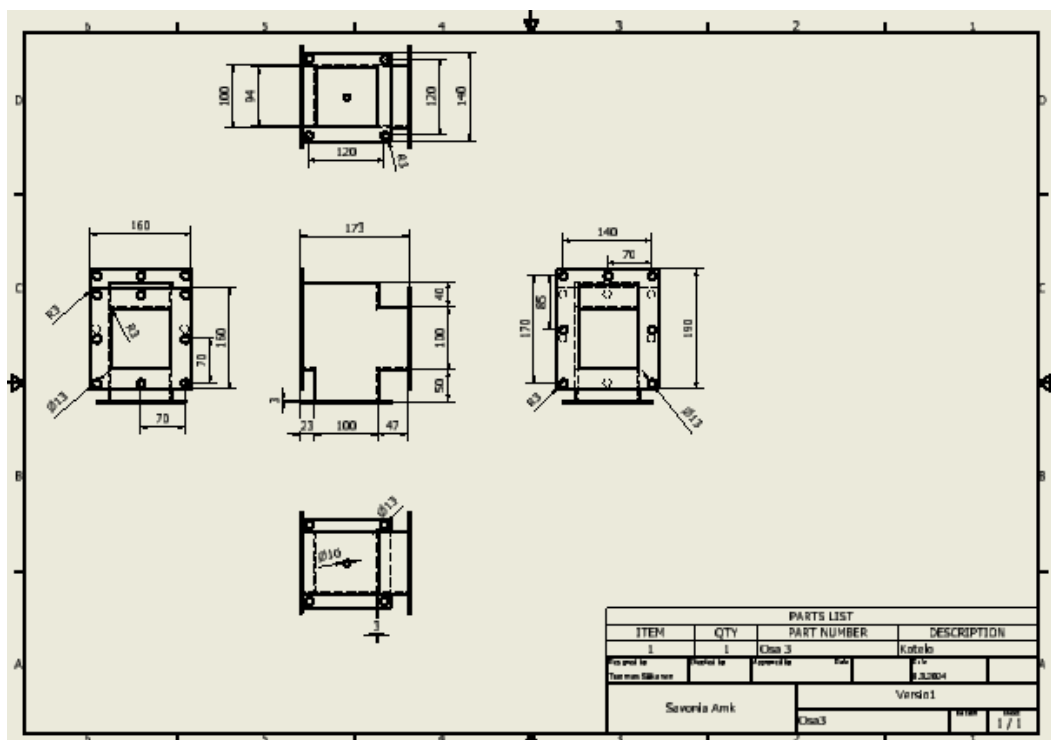
6.2 Versio 1

Versio 1 osat ovat osa 2, osa 3, osa 4, näyteastia, lämpötila-anturi ja pneumaattinen sylinteri. Runko-osat sekä näyteastia on suunniteltu tehtäväksi teräslevystä ja RHS-neliöputkesta. Osa 2 koostuu RHS-neliöputkesta, jonka koko on 100x100x3mm ja pituus 100 mm sekä kahdesta neliölaipasta. Neliölaippojen koko on 160x160x3mm ja leveys 30 mm. Neliölaipassa on 8kpl 13 mm reikää. Osa 2 mitat on esitetty kuvassa (kuva 37).



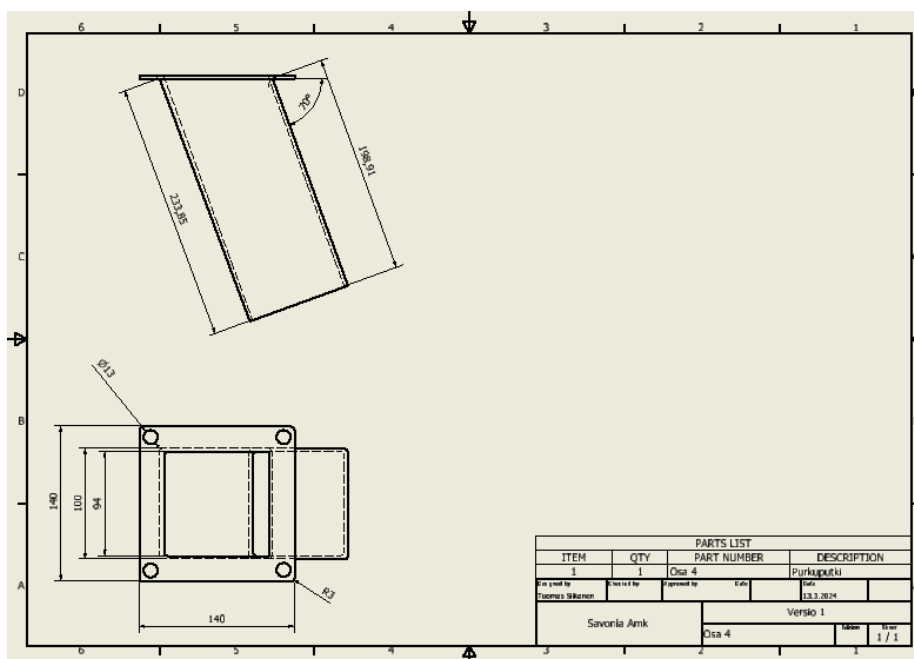
KUVA 37. Osa 2. mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA)

Osa 3 koostuu teräslevyjen paloista, jotka on hitsattu yhteen sekä kolmesta neliölaipasta. Neliölaippojen koot ovat seuraavat: 160x160x3mm, 160x190x3mm ja 140x140x3mm. Osa 3 yläpuolella oleva reikä on 10 mm ja siinä on suunniteltu olevan paineilmasuutin. Osa 3 mitat ja neliölaippojen reikien määrä sekä koot selviää alapuolella olevasta kuvasta (kuva 38).

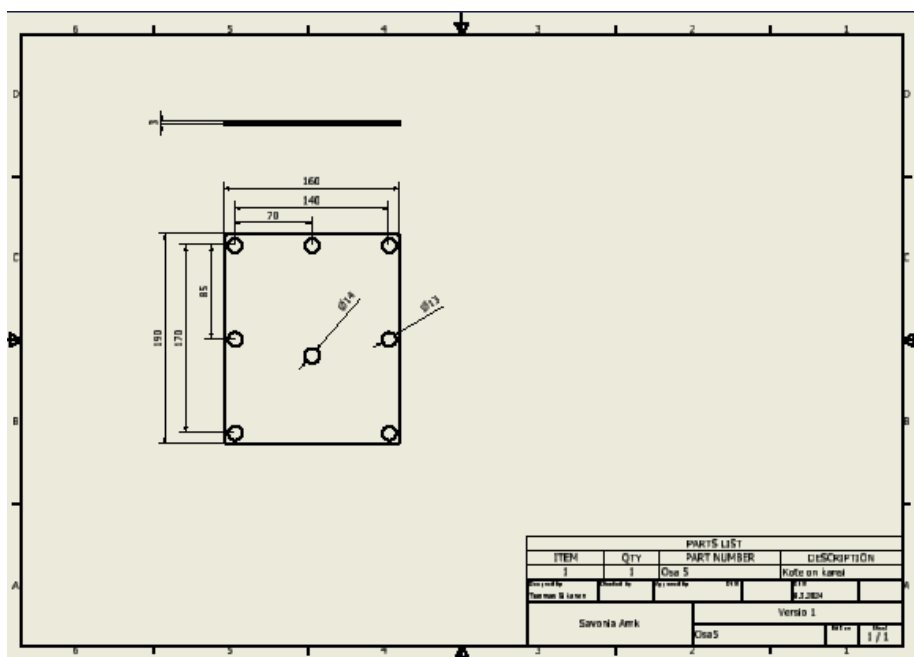


KUVA 38. Osa 3. mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA)

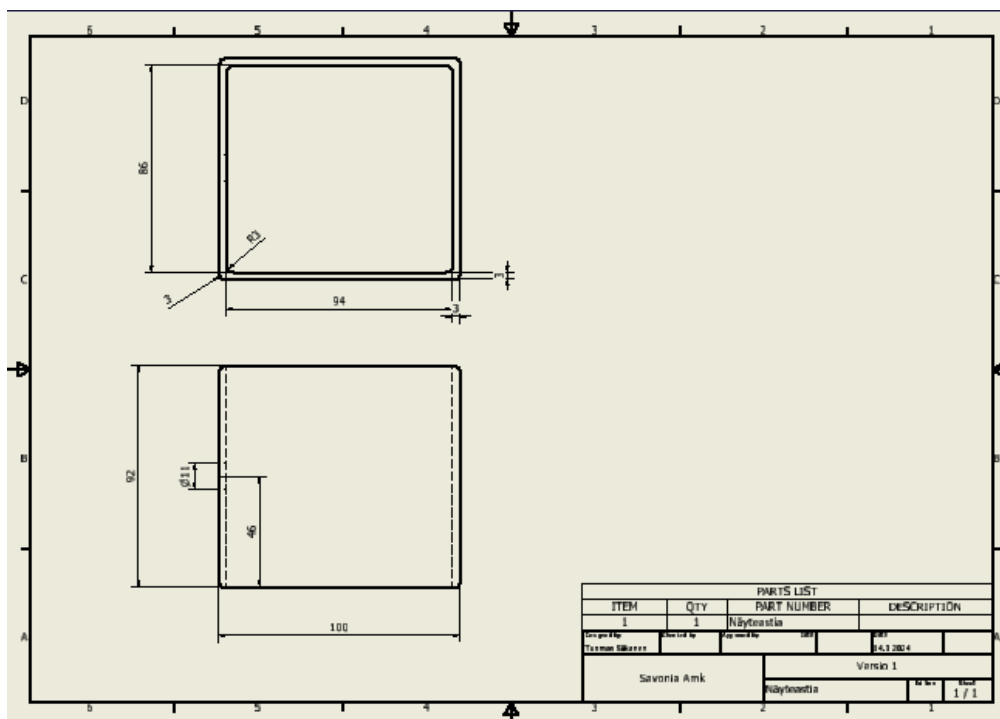
Osa 4 koostuu RHS-neliöputkesta, jonka koko on 100x100x3mm. Yläpuolen neliölaipan koko 160x160x3mm ja se hitsataan osa 4:n. Purkuputken pituus ei ole selvillä. Osa 4 mitat selviävät alapuolella olevasta kuvasta (kuva 39). Osa 5 koostuu teräslevystä, jonka koko on 160x190x3mm. Osa 5:ssä on 7 kpl 13 mm reikää. Osa 5:ssä on 14 mm reikä, josta sylinterin varsi liikuttaa näyteastiaa. Osa 5 mitat ovat alla olevassa kuvassa (kuva 40). Näyteastia koostuu teräslevyjen paloista, jotka on hitsattu yhteen. Näyteastian koko on 100x92x3mm ja korkeus 92 mm. Näyteastian yhdellä sivulla olevan reiän koko on 11 mm, johon sylinterin varsi kiinnitetään. Näyteastian mitat on esitetty alapuolella olevassa kuvassa (kuva 41).



KUVA 39. Osa 4 mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA)

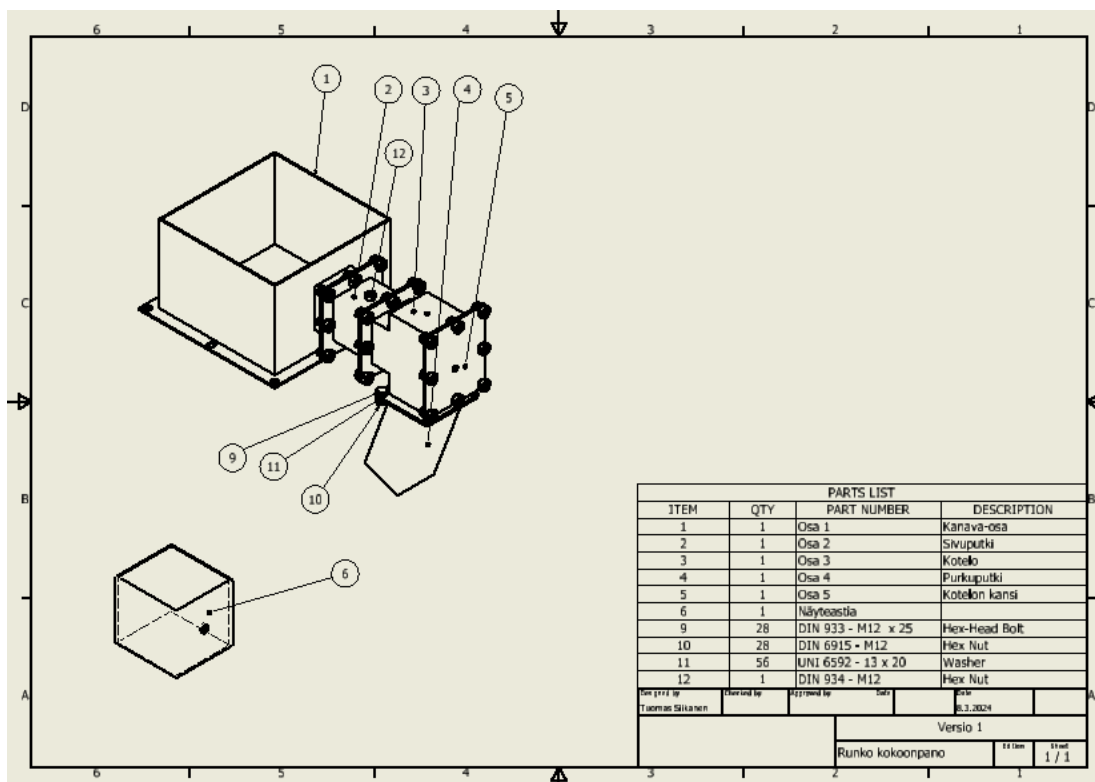


KUVA 40. Osa 5 mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA)



KUVA 41. Näyteastian mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA)

Versio 1 osat liitetään toisiinsa pulttiliitoksilla. Liitoksien pulttien määrä on 27 kpl, aluslaattojen määrä on 54 kpl ja muttereiden määrä on 27 kpl. Pulttien koko on M12x25, aluslaattojen koko on 13x20, muttereitten koko on M12. Osa 2:n lämpötila-anturin paikkaan on hitsattu mutteri M12, jonka kierre on M12x1. Alapuolen kuvasta (kuva 42) selviää runko kokoonpano ja kiinnitystarvikkeet.



KUVA 42. Runko kokoonpano (Siikanen 2024, CC BY-SA)

Runko kokoonpanon lisäksi tarvitaan pneumaattinen sylinteri, sylinterin kiinnike, paineilmasuutin ja lämpötila-anturi. Suunnitelmassa on mietitty sylinteriksi Metal Workin pneumaattista sylinteriä. Sylinterin koko on 32/400mm ja se on kaksitoiminen. Sylinterin männän halkaisija on 32 mm, varren halkaisija 12 mm ja iskun pituus on 400 mm. Varren pään kierre on M10x1,25 ja sen pituus on 22 mm. Maksimi työpaine sylinterillä 10 bar. Sylinterin kiinnitykseen on useita erivaihtoehtoja.

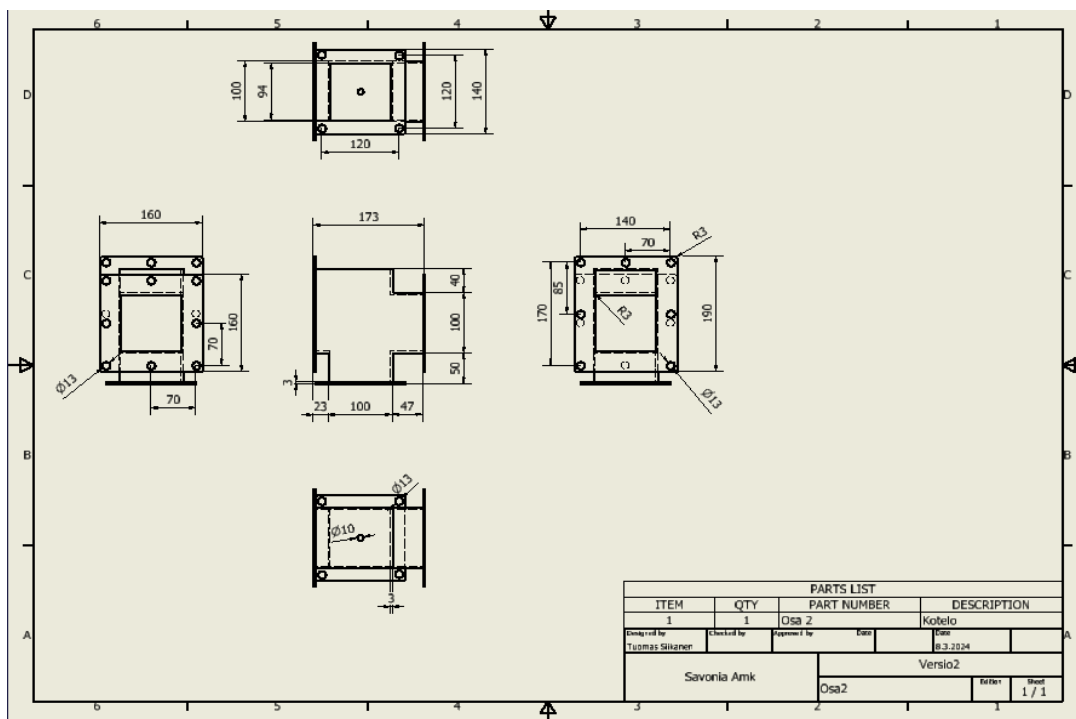
Suunnitelmassa on mietitty lämpötila-anturiksi käytettävän Optris infrapunalämpötilamittaria. IR-lämpötilamittarin mitat ovat 87x12mm. Sen päässä on kierre 12x1, jonka pituus on 26 mm. Pään kierre kierretään osa 2:n yläpuolella olevaan hitsattuun M12 mutteriin. IR-lämpötilamittarin kaapelin pituus on 1 metri. (Hydrauliikkakauppa 2024, Elfadistelec 2024.)

6.2.1 Materiaalit ja komponentit

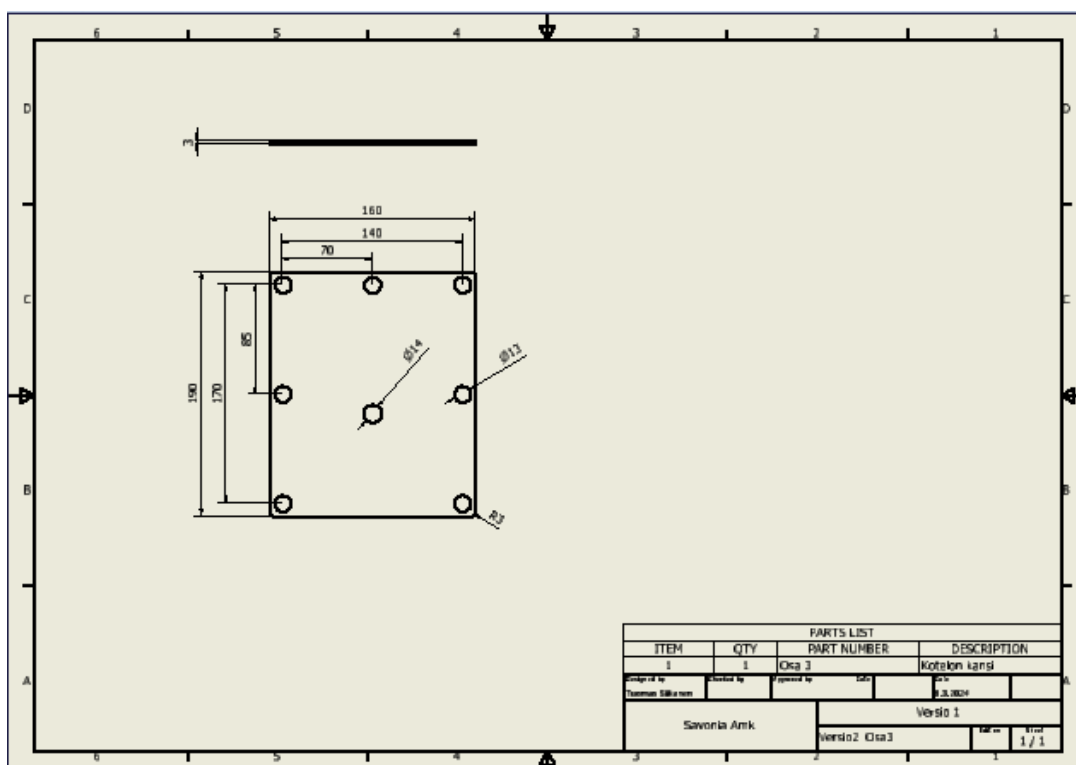
Versio 1 materiaaleina käytetään 3 mm vahvuista teräslevyä, RHS-neliöputkea, jonka koko on 100x100x3mm. Osat 3, 5 ja näyteastia ovat teräslevystä tehtyjä osia leikkaamalla, hitsaamalla ja poraamalla. Osat 2 ja 4 ovat RHS-neliöputkesta tehtyjä osia, joihin on lisätty hitsaamalla neliölaipat ja porattu tarvittavat reiät. Osat liitetään toisiinsa pulttiliitoksilla. Versio 1 tarvittavat komponentit ovat pneumaattinen sylinteri ja infrapunalämpömittari. Sylinterin koko on 32/400mm ja infrapunalämpömittarin koko on 87x12mm. Teräsosien materiaalin ei tarvitse olla ruostumatonta terästä paitsi näyteastian osalta.

6.3 Versio 2

Versio 2 osat osa 2, osa 3, osa 4, osa 5, osa 6 ja osa 7 sekä näyteastiasta, lämpötila-anturista, sulkulevystä ja kahdesta pneumaattisesta sylinteristä. Runko-osat, näyteastia ja sulkulevy on suunniteltu tehtäväksi teräslevystä ja RHS-neliöputkesta. Osa 2 koostuu teräslevyjen paloista, jotka on hitsattu yhteen sekä kolmesta neliölaipasta. Neliölaippojen koot ovat 160x160x3mm, 160x190x3mm ja 140x140x3mm sekä niiden leveys 30 mm. Osa 1 liitettävässä neliölaipassa on 8kpl 13 mm reikää, toisessa pään neliölaipassa on 7 kpl 13 mm reikää ja alapuolen neliölaipassa on 4 kpl 13 mm reikää. Osa 2 mitat on esitetty alla olevassa kuvassa (kuva 43). Osa 3 koostuu teräslevystä, jossa on 7 kpl 13 mm reikää sekä yksi 14 mm reikä sylinterin vartta varten. Alapuolella olevassa kuvassa (kuva 44) on esitetty osa 3:n mitat.



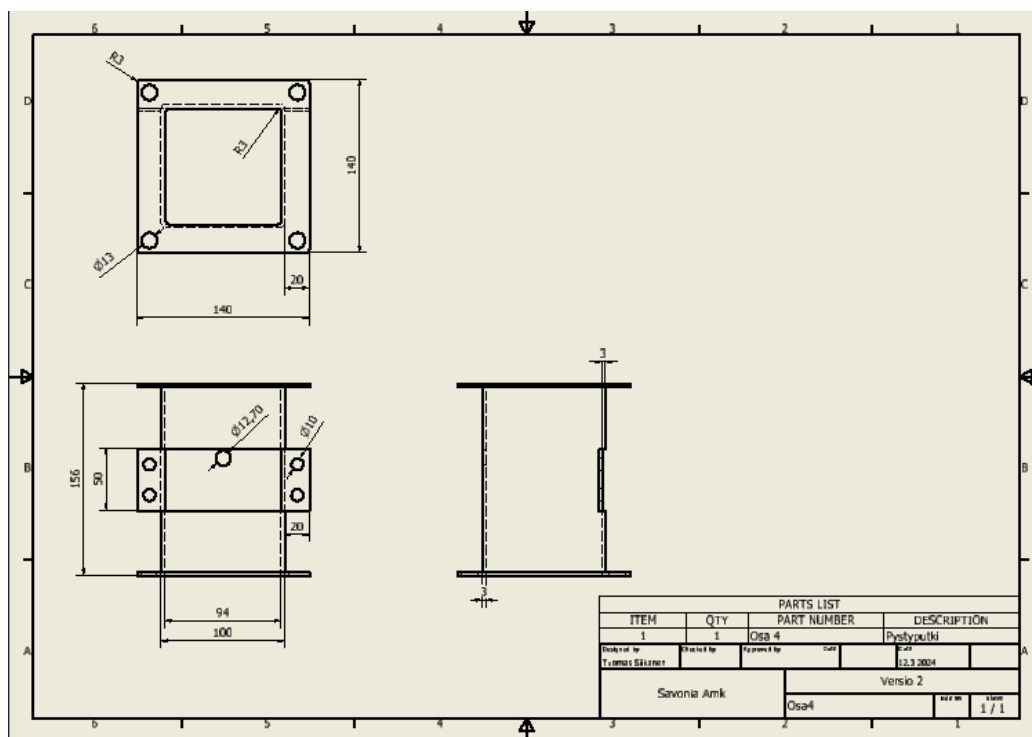
KUVA 43. Osa 2 mitat (Siikänen 2024, CC BY-SA)



KUVA 44. Osa 3 mitat (Siikänen 2024, CC BY-SA)

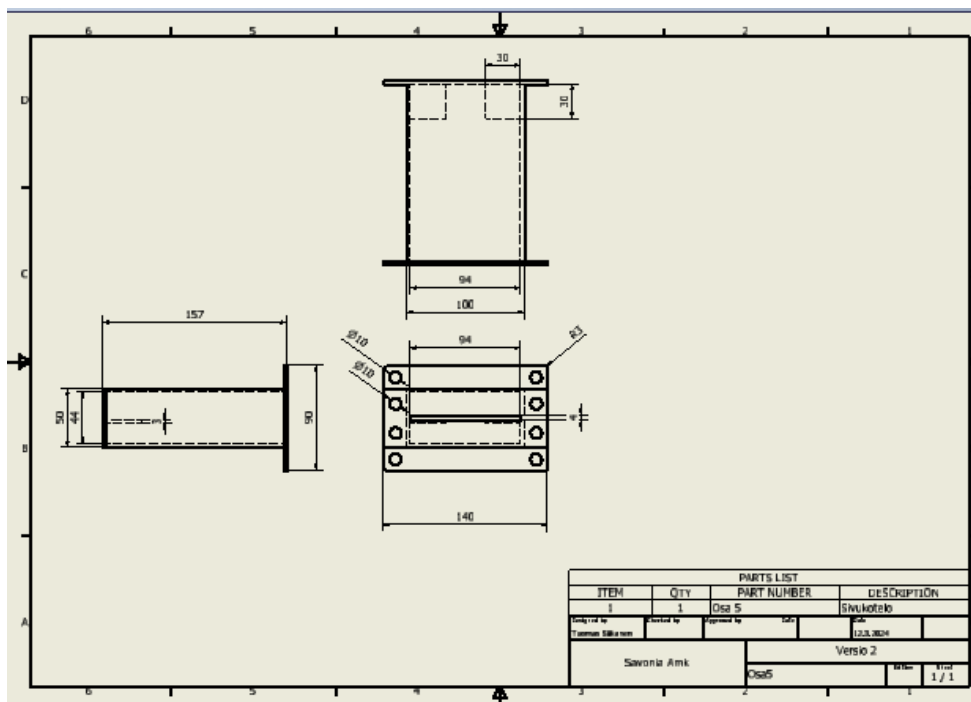
Osa 4 koostuu RHS-neliöputkesta, jonka koko on 100x100x3mm ja pituus 156 mm. Osa 4:n on hitsattu kaksi neliölaippaa, joiden koko on 140x140x3mm. Osa 4:n sivussa on suorakulmion muotoinen reikä, jonka koko on 94x50mm. Suorakulmisen reiän molemmin puolin hitsataan 20x50mm teräslevyn palat, joissa on yhteensä 4 kpl 10 mm reikää. Suorakulmion vastakkaisella sivulla on yksi 12,7

mm reikä, jonka ulkopuolelle hitsataan G1/2B mutteri. Mutteriin asetetaan lämpötila-anturi. Alapuolella olevassa kuvassa (kuva 45) on esitetty osa 4 mitat.



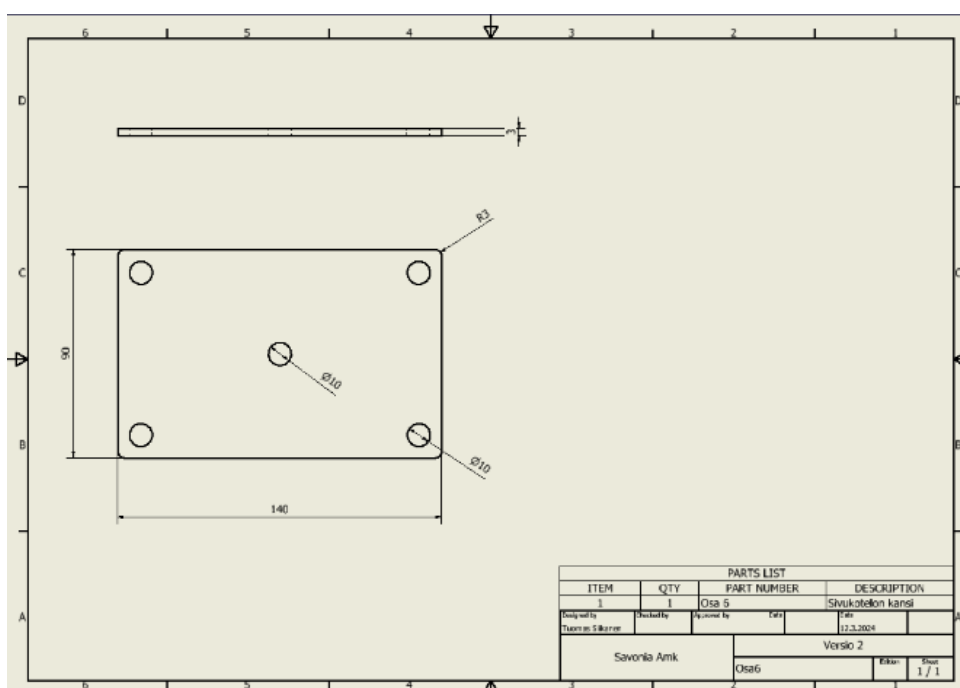
KUVA 45. Osa 4 mitat (Siikaniemi 2024, CC BY-SA)

Osa 5 koostuu RHS-suorakaideputkesta, jonka koko on 100x50x3 ja pituus on 157 mm. Osa 5:n on hitsattu päätykappale, jonka koko on 140x50x3mm. Tässä päätykappaleessa on kapea leveä pala poistettu, jonka koko on 94x4mm. Kapean aukon kummasakin sivujen alapäässäkohdalla on hitsattu teräskappaleet, joiden koko on 30x30x3mm. Sivujen ulkopuolella on päätykappaleet, jotka jatkuvat 20 mm puolellansa. Näissä ulokkeissa on 4 kpl 10 mm reikää. Näiden kappaleiden tarkoitus on ohjata sulkulevyä osa 4:n. Osa 5 toisessa päädyssä on neliölaippa, jonka koko on 140x90x3mm. Neliölaipassa on 4kpl 10 mm reikää. Alapuolen kuvassa (kuva 46) on esitetty osa 5:n mitat.

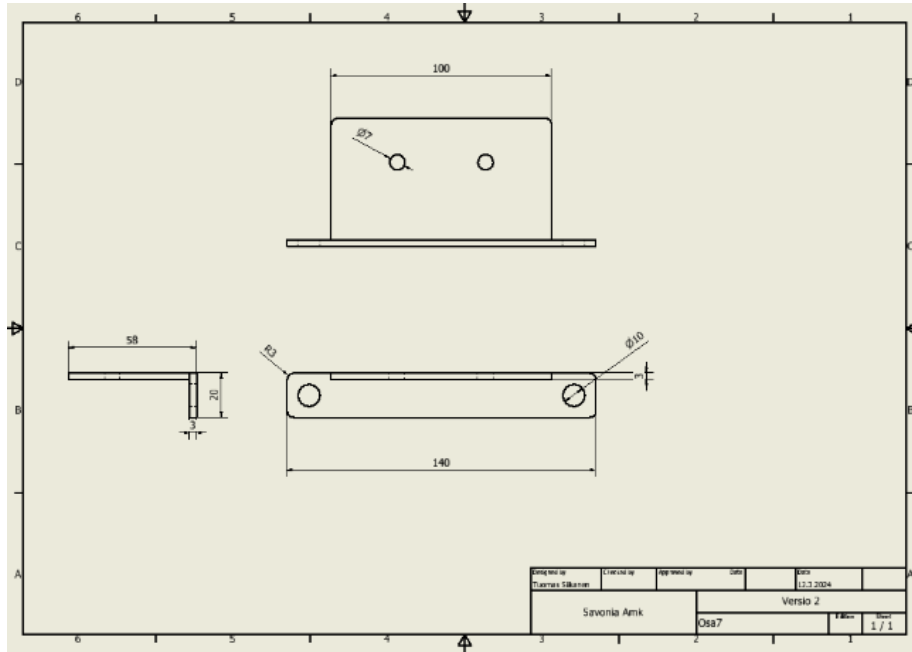


KUVA 46. Osa 5 mitat (Siikonen 2024, CC BY-SA)

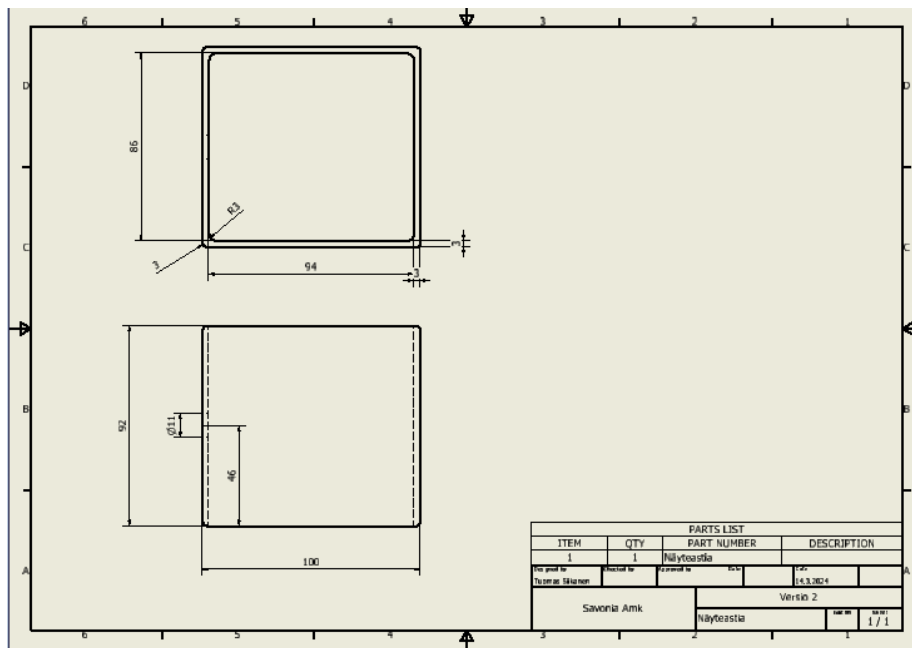
Osa 6 koostuu teräslevystä, jonka koko on 140x90x3mm. Osa 6:ssa on 4kpl 10 mm kiinnitysreikää sekä yksi 10 mm reikä sylinterin vartta varten. Mitat ovat esitetty alapuolella olevassa kuvassa (kuva 47). Osa 7 koostuu teräslevyn paloista, jotka on hitsattu yhteen. Osa 7:n koko pystysuunnassa on 140x20x3mm ja siinä on 2kpl 10 mm reikää. Vaakasunnassa koko on 100x56x3mm ja siinä on 2 kpl 7 mm reikää. Osa 7:n mitat on esitetty alapuolella olevassa kuvassa (kuva 48). Edellä mainittujen osien lisäksi tarvitaan näyteastia (kuva 49) ja sulkulevy (kuva 50).



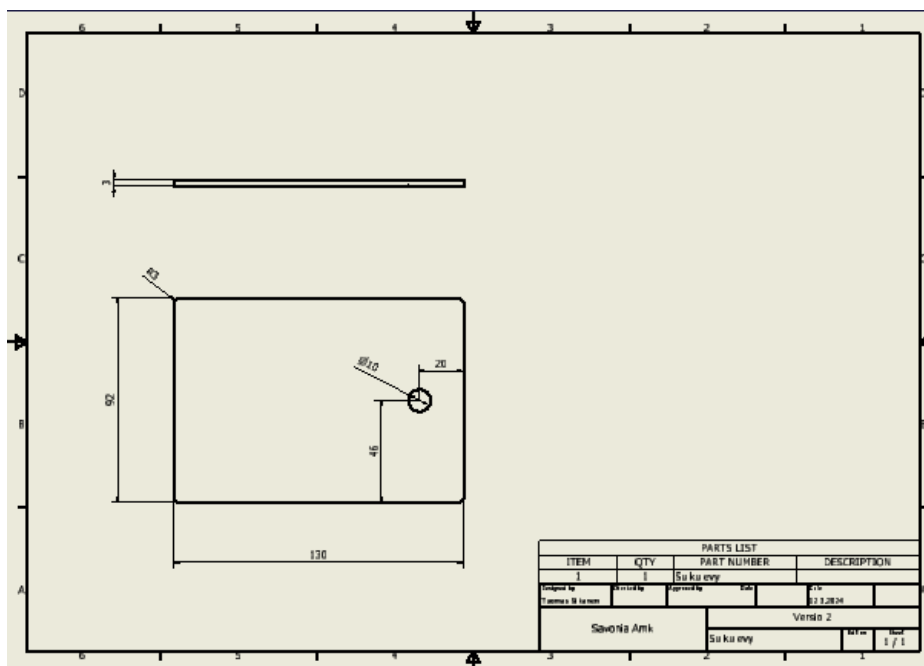
KUVA 47. Osa 6 mitat (Siikonen 2024, CC BY-SA)



KUVA 48. Osa 7 mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA)

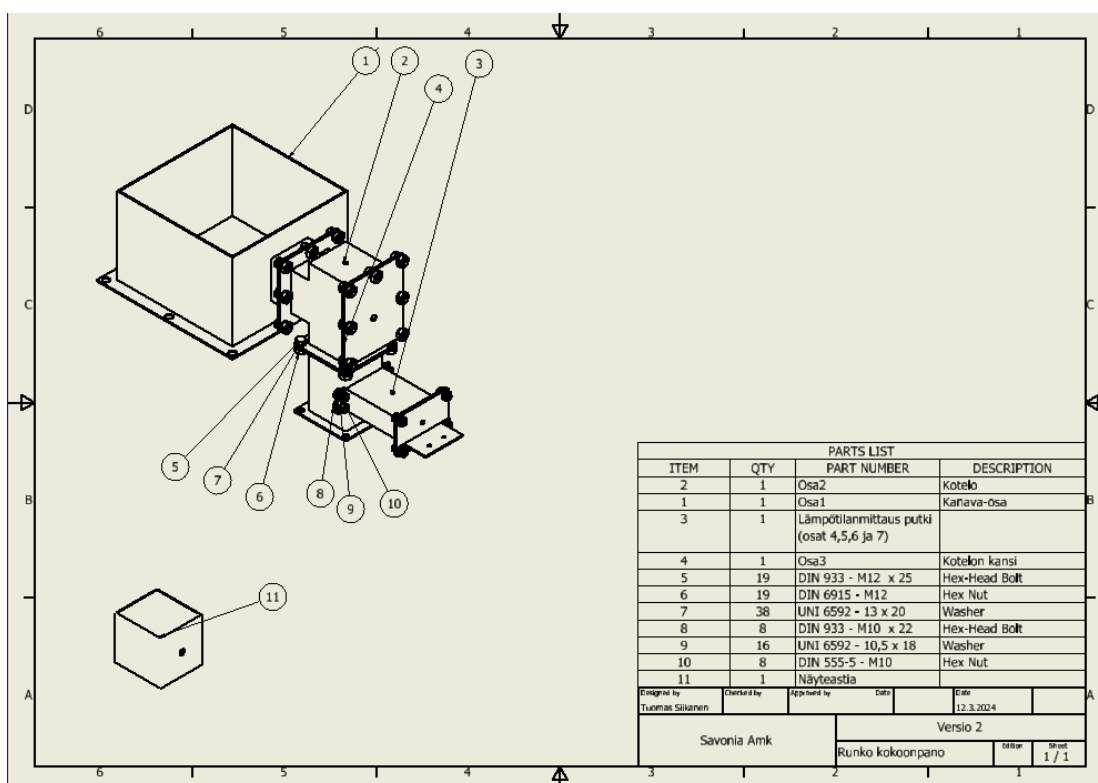


KUVA 49. Näyteastian mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA)



KUVA 50. Sulkulevyn mitat (Siikonen 2024, CC BY-SA)

Versio 2 osat liitetään toisiinsa pulttiliitoksilla. Liitoksien pulttien määrä on 27 kpl, aluslaattojen määrä on 54 kpl ja muttereiden määrä on 27 kpl. Pulttien koot ovat M12x25 ja M10x22. Aluslaattojen koot ovat 13x20 ja 10,5x18. Muttereitten koot ovat M12 ja M10. Osa 2:n yläpuolella on paineilmalle varaus. Osa 4:ssä on lämpötila-anturille varaus lämpötila-anturin, johon valitaan kiinnitys anturi mallin mukaan. Alapuolen kuvasta (kuva 42) selviää runko kokoonpano ja kiinnitystarvikkeet.



KUVA 51. Versio 2 runko kokoonpano (Siikonen 2024, CC BY-SA)

Runko kokoonpanon lisäksi tarvitaan 2 kpl pneumaattista sylinteriä, sylintereiden kiinnikkeet, paineilmasuutin ja lämpötila-anturi. Suunnitelmassa on mietitty sylintereiksi kaksitoimisia Metal Workin pneumaattisia sylintereitä. Sylinterien koot ovat 25/100mm (sylinteri 2) ja 32/300mm (sylinteri 1). Sylinteri 1 männän halkaisija on 32 mm, varren halkaisija 12 mm ja iskun pituus on 300 mm. Varren pään kierre on M10x1,25 ja sen pituus on 22 mm. Maksimi työpaine sylinterillä 10 bar. Sylinteri kiinnitykseen on useita eri vaihtoehtoja.

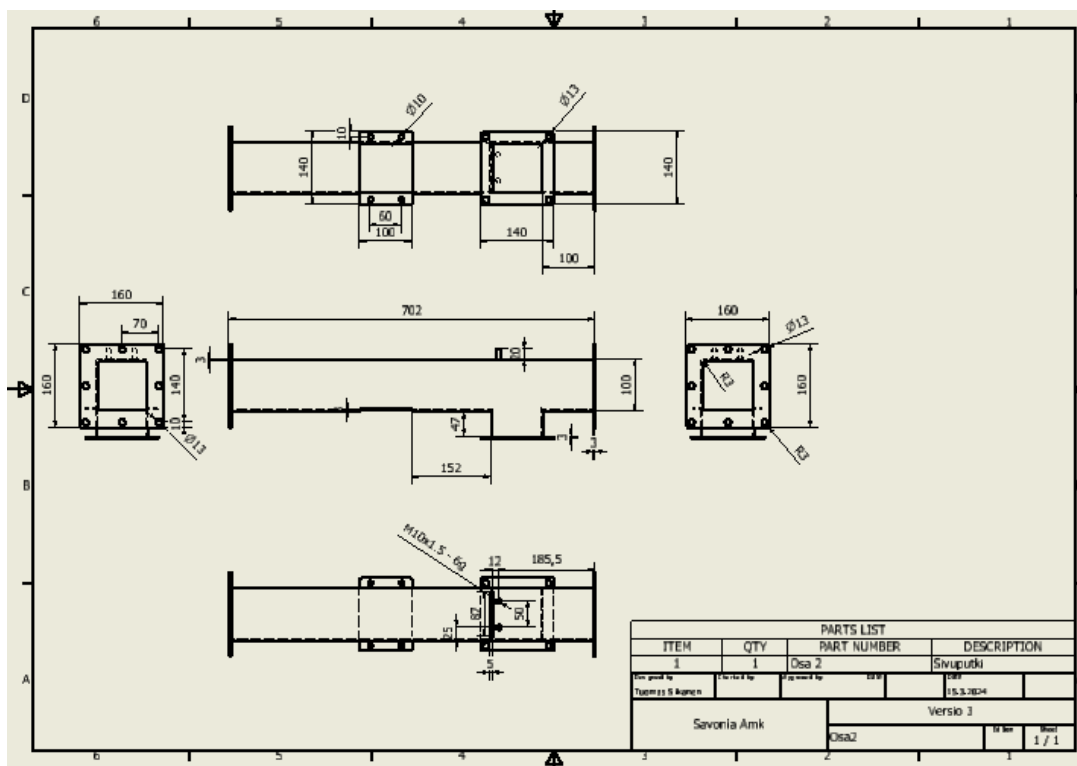
Sylinteri 2 männän halkaisija on 25 mm ja iskun pituus on 100 mm. Varrenpään kierre on M10x1,25 ja sen pituus on 22 mm. Maksimi työpaine 10 bar. Sylinterinrungon kiinnitys suunnitelmassa tapahtuu jalkakiinnikkeellä 20/25mm. Jalkakiinnike kiinnitetään osa 7:n ja sylinterinrunkoon. Sylinterin varteen on suunnitelmassa kierretty erillinen haarakiinnike 25/32mm, joka kiinnitetään sulkulevyyn. Suunnitelmassa on mietitty lämpötilan mittaamiseen käytettävän Jumo PT-100 lämpötila-anturia. Lämpötila-anturin koettimen pituus on 50 mm ja halkaisija 6 mm. Prosessiliitännän koko on G1/2, joka kierretään osa 4:ssä olevaan lämpötila-anturin varaukseen. (IKH 2024, Hydraulikkakauppa 2024, JUMO 2024).

6.3.1 Materiaalit ja komponentit

Versio 2 materiaaleina käytetään 3 mm vahvuista teräslevyä, RHS-neliöputkea, jonka koko on 100x100x3mm ja RHS-suorakaideputkesta, jonka koko on 100x50x3mm. Osat 2, 3, 6, 7, näyteastia ja sulkulevy ovat teräslevystä tehtyjä osia leikkaamalla, hitsaamalla ja poraamalla. Osa 4 on RHS-neliöputkesta tehty osa, johon on lisätty hitsaamalla neliölaipat ja porattu tarvittavat reiät. Osa 5 on RHS-suorakaideputkesta tehty osa, johon on lisätty tarvittavat osat hitsaamalla ja porattu neliölaippoihin tarvittavat reiät. Osat liitetään toisiinsa pulttiliitoksilla. Versio 2:ssä tarvittavat komponentit ovat 2 kpl pneumaattista sylinteriä ja PT-100 lämpötila-anturi. Sylinterien koot ovat 32/300mm ja 25/100mm. Lämpötila-anturin koettimen pituus on 50 mm ja sen halkaisija on 6 mm. Teräsosien materiaalin ei tarvitse olla ruostumatonta terästä paitsi näyteastian osalta.

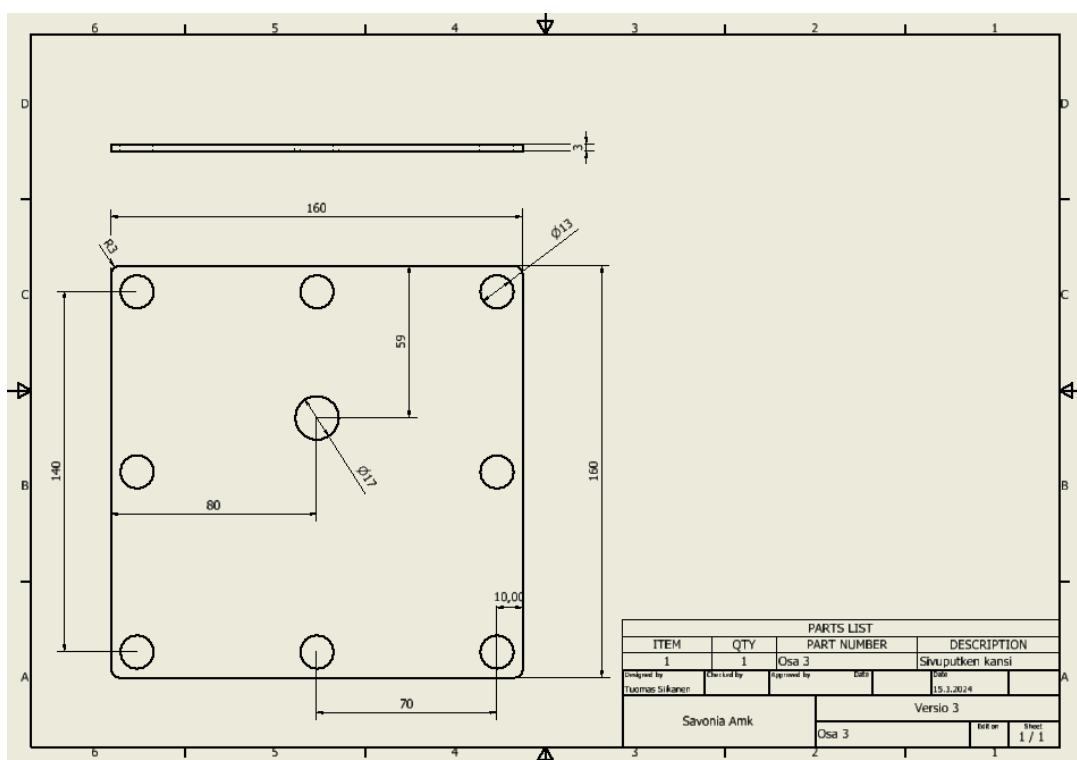
6.4 Versio 3

Versio 3 osat ovat osa 2, osa 3, osa 4 ja osa 5 sekä lämmönmittausputki, jonka osat ovat esitelty kappaleessa 7.3. Version suunnitelmaan kuuluu myös näytekauha, lämpötila-anturi, sulkulevy ja 2 kpl pneumaattista sylinteriä. Runko-osat, näytekauha ja sulkulevy on suunniteltu tehtäväksi teräslevystä ja RHS-neliöputkesta. Osa 2 koostuu RHS-neliöputkesta, jonka koko on 100x100x3mm ja pituus 702 mm sekä kolmesta neliölaipasta, jotka on hitsattu. Neliölaippojen koot ovat 2x160x160x3mm ja 140x140x3mm sekä niiden leveys on 30 mm. Neliölaipoissa 160x160x3mm on 8kpl 13 mm reikää ja 140x140x3mm on 4 kpl 13 mm reikää. Osa 2:ssä on tarkastus/puhdistus luukun aukko, jonka koko on 100x140. Aukon sivulla on kiinnitys paikka palat, joiden koko on 100x20mm. Kiinnityspaloissa on yhteensä 4kpl 10 mm reikää. Osa 2 yläpuolen sivulla on 5x87mm kapea aukko ja kaksi hitsattua M10x1,5 kierretappia. Osa 2 mitat on esitetty alla olevassa kuvassa (kuva 52).

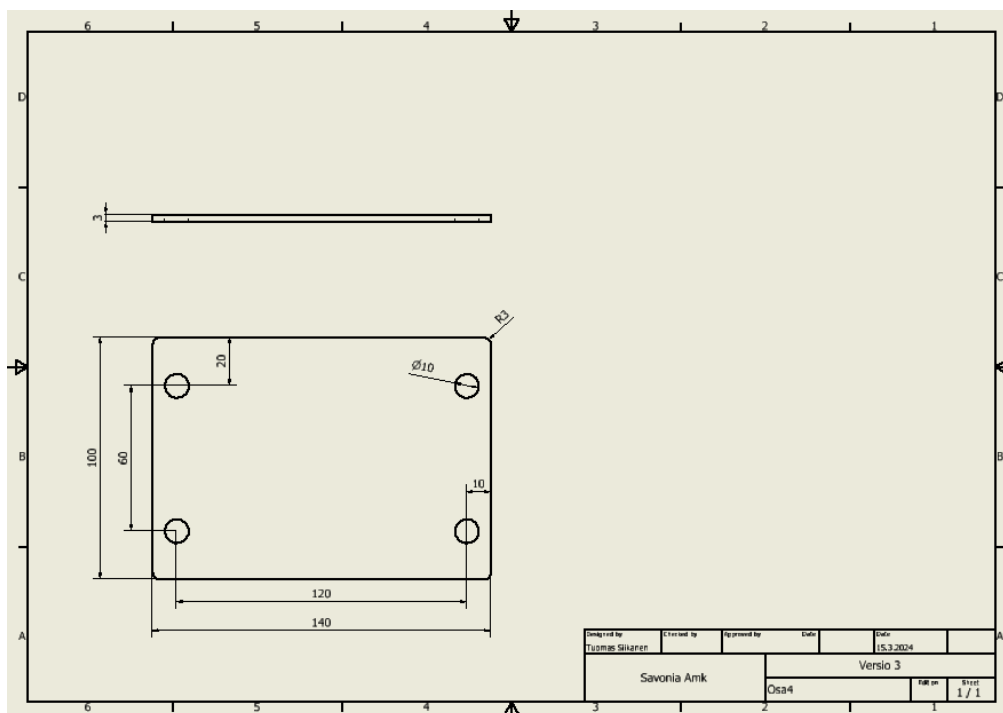


KUVA 52. Osa 2 mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA)

Osa 3 koostuu teräslevystä, jonka koko on 160x160x3mm. Osa 3 sisältää 8 kpl 13 mm reikää kiinnitystä varten ja yhden 17 mm reiän sylinterin varrelle. Osa 3 mitat on esitetty alla olevasta kuvassa (kuva 53). Osa 4 koostuu teräslevystä, jonka koko on 100x140x3. Osa 4 on 4 kpl 10 mm reikää kiinnitystä varten. Osa 4 mitat on esitetty alla olevassa kuvassa (kuva 54).

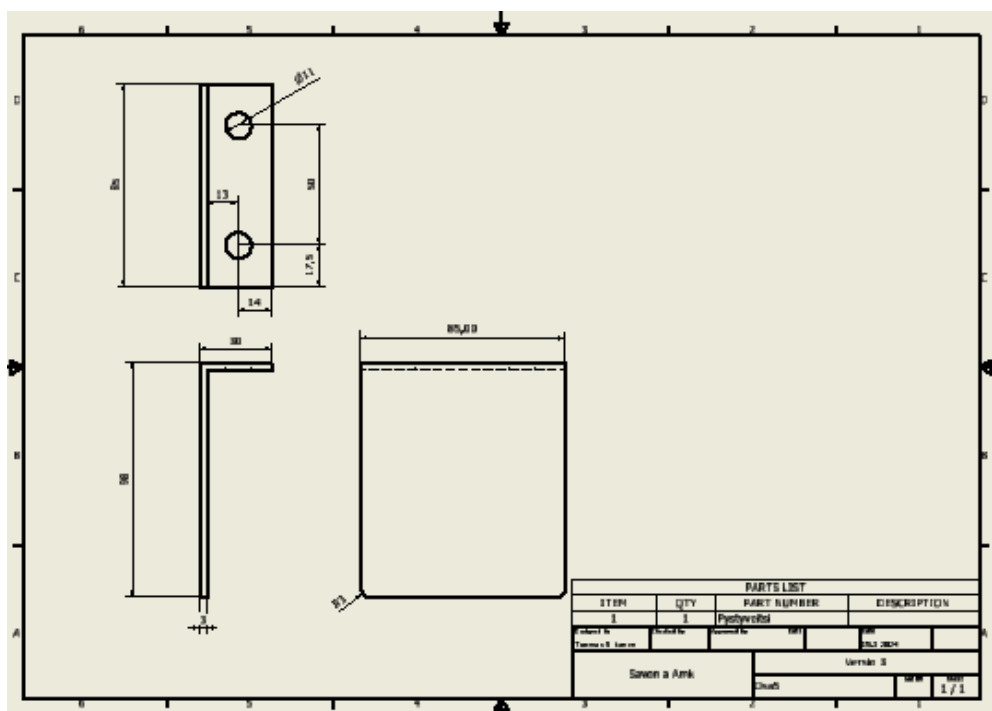


KUVA 53. Osa 3 mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA)

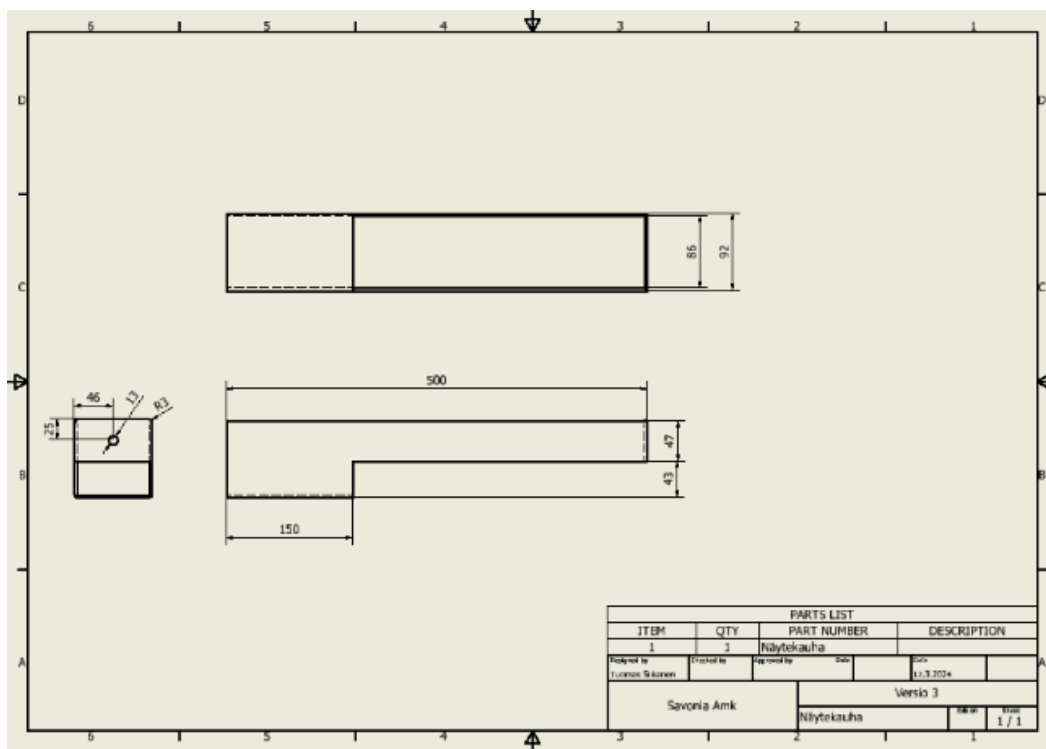


KUVA 54. Osa 4 mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA)

Osa 5 koostuu teräslevystä, joka on taivutettu L-muotoon. Osa 5 on 2 kpl 11 mm reikää kiinnitystä varten. Osa 5 mitat selviävät alla olevasta kuvasta (kuva 55). Runko kokoonpanoon sisällytetään näytekuha, joka koostuu taivutetusta teräslevystä ja hitsatusta päätykappaleesta. Näytekuhan mitat on esitetty alapuolella olevassa kuvassa (kuva 56).

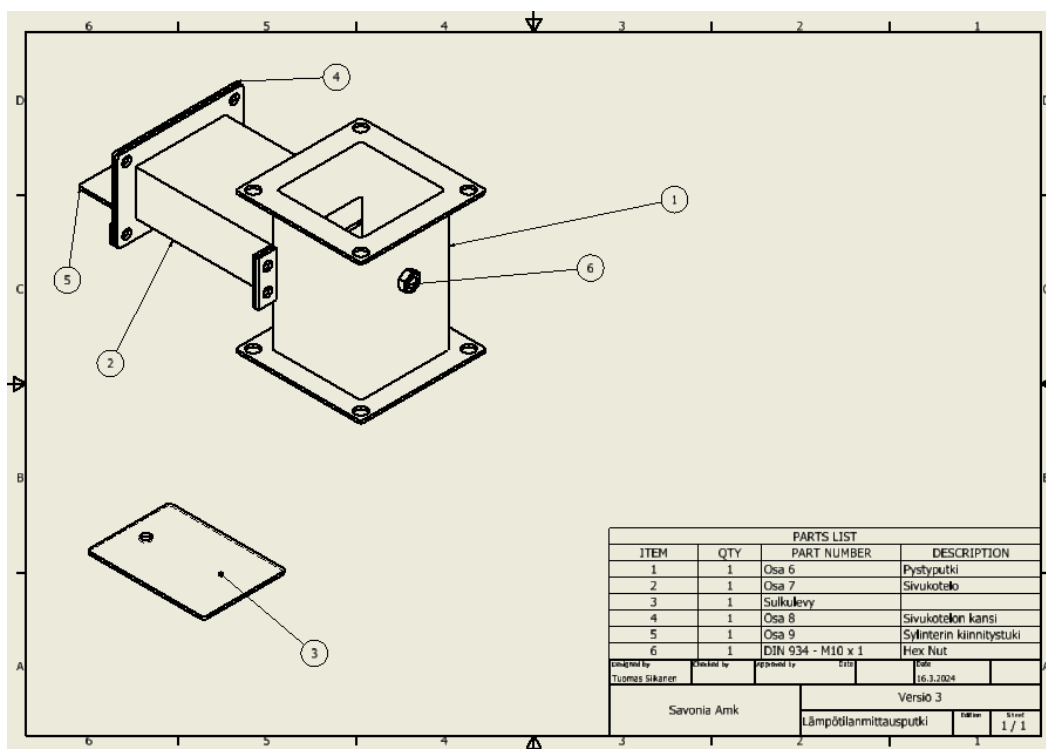


KUVA 55. Osa 5 mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA)



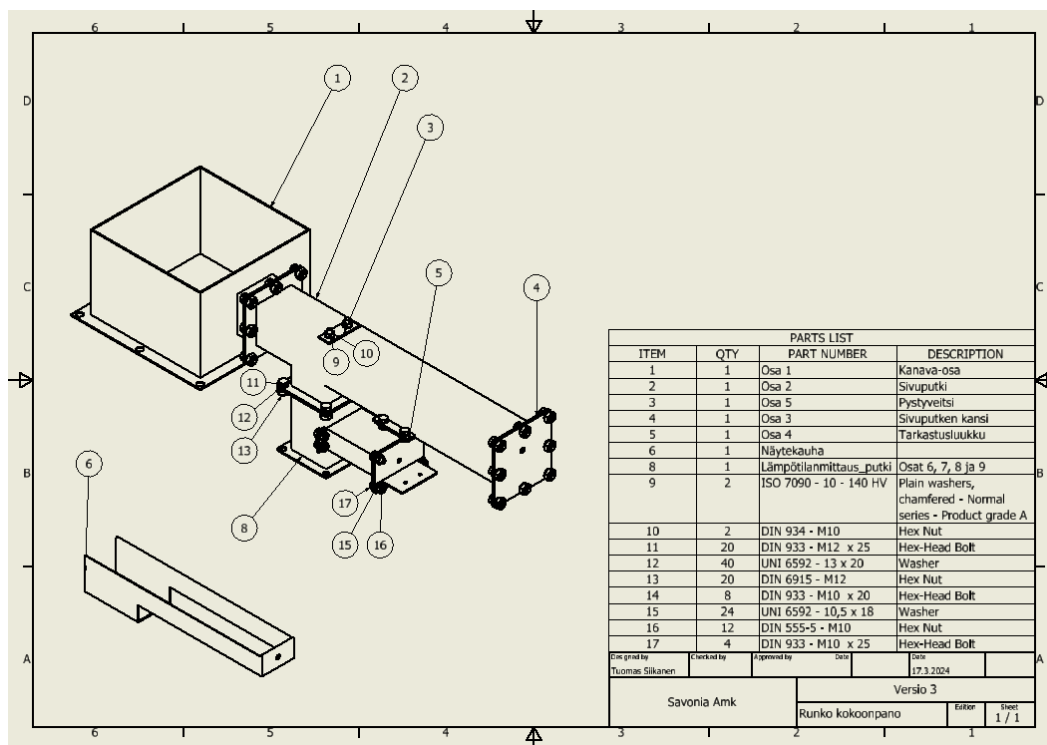
KUVA 56. Näytekauha mitat (Siikanen 2024, CC BY-SA)

Lämmönmittausputken runko koostuu osista 6, 7, 8 ja 9. Kyseiset osat on esitetty 7.3 kappaleessa. Osien numerot ovat vaihtuneet seuraavasti; osa 4 -> osa 6, osa 5 -> osa 7, osa 6 -> osa 8 ja osa 7 -> osa 9. Nämä osat muodostavat lämmönmittausputken runko kokoonpanon. Alla olevassa kuvassa (kuva 57) on esitetty runko kokoonpano sekä sulkulevy.



KUVA 57. (Siikanen 2024, CC BY-SA)

Versio 3 osat liitetään toisiinsa pulttiliitoksilla. Liitoksien pulttien määrä on 32 kpl, aluslaattojen määrä on 64 kpl ja muttereiden määrä on 32 kpl. Pulttien koot ovat M12x25, M10x22 ja M10x25. Aluslaattojen koot ovat 13x20 ja 10,5x18. Muttereitten koot ovat M12 ja M10. Osa 6:ssa on lämpötila-anturille varaus lämpötila-anturin, johon valitaan kiinnitys tapa anturi mallin mukaan. Alapuolen kuvasta (kuva 58) selviää runko kokoonpano ja kiinnitystarvikkeet.



KUVA 57. Versio 3 runko kokoonpano (Siikanen 2024, CC BY-SA)

Runko kokoonpanon lisäksi tarvitaan 2 kpl pneumaattista sylinteriä, sylinterien kiinnikkeet, paineilmasuutin ja lämpötila-anturi. Suunnitelmassa on mietitty sylintereiksi kaksitoimisia Metal Workin pneumaattisia sylintereitä. Sylinterien koot ovat 25/100mm (sylinteri 2) ja 40/500mm (sylinteri 1). Sylinteri 1 männän halkaisija on 40 mm, varren halkaisija 16 mm ja iskun pituus on 500 mm. Varren pään kierre on M12x1,25 ja sen pituus on 24 mm. Maksimi työpaine sylinterillä 10 bar. Sylinteri kiinnitykseen on useita eri vaihtoehtoja.

Sylinteri 2 männän halkaisija on 25 mm ja iskun pituus on 100 mm. Varrenpään kierre on M10x1,25 ja sen pituus on 22 mm. Maksimi työpaine 10 bar. Sylinterinrunгон kiinnitys suunnitelmassa tapahtuu jalkakiinnikkeellä 20/25mm. Jalkakiinnike kiinnitetään osa 7:n ja sylinterinrunkoon. Sylinterin varteen on suunnitelmassa kierretty erillinen haarakiinnike 25/32mm, joka kiinnitetään sulkulevyyn. Suunnitelmassa on mietitty lämpötilan mittaamiseen käytettävän Jumo PT-100 lämpötila-anturia. Lämpötila-anturin koettimen pituus on 50 mm ja halkaisija 6 mm. Prosessiliitännän koko on G1/2, joka kierretään osa 4:ssä olevaan lämpötila-anturin varaukseen. (IKH 2024, Hydraulikkakauppa 2024, JUMO 2024).

6.4.1 Materiaalit ja komponentit

Versio 3 materiaaleina käytetään 3 mm vahvuista teräslevyä, RHS-neliöputkea, jonka koko on 100x100x3mm ja RHS-suorakaideputkesta, jonka koko on 100x50x3mm. Osat 3, 4, 5, 8, 9, näyttekauha ja sulkulevy ovat teräslevystä tehtyjä osia leikkaamalla, hitsaamalla ja poraamalla. Osat 2 ja 6 ovat RHS-neliöputkesta tehtyjä osia, joihin on lisätty hitsaamalla tarvittavat osat ja porattu tarvittavat reiät. Osa 5 on RHS-suorakaideputkesta tehty osa, johon on lisätty tarvittavat osat hitsaamalla ja porattu neliölaippoihin tarvittavat reiät. Osat liitetään toisiinsa pulttiliitoksilla. Versio 3:ssa tarvittavat komponentit ovat 2 kpl pneumaattista sylinteriä ja PT-100 lämpötila-anturi. Sylinterien koot ovat 40/500mm ja 25/100mm. Lämpötila-anturin koettimen pituus on 50 mm ja sen halkaisija on 6 mm. Teräsosien materiaalin ei tarvitse olla ruostumatonta terästä paitsi näyttekauhan osalta.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä tehtävät kuvat on tehty Autodesk Inventor 2024 -suunnitteluohjelmalla. Mallintamiset ovat 3D kuvia ja ne ovat kokoonpantu kyseisellä ohjelmalla. Toimintaa on myös testattu liikerata toiminnolla suunnitteluohjelmalla.

Kanavaan suunniteltua osaa voidaan käyttää kaikissa kolmessa versioissa. Osassa kuluu materiaaleja maltillisesti ja se on helppo toteuttaa sekä kokoonpanna. Jos suunnitelma toteutetaan, on otettava tarkat mitat vanhasta kanavasta sekä seinämän vahvuus tarkistettava. Vanhassa kanavassa ei ole suorat sivut vaan kaltevat, alhaalta ylös levenevät. Osan alapuolen mitat ovat mitattuja. Materiaalina kanava osassa käytetään suunnitelmassa teräslevyä, ei tarvitse olla ruostumatonta. Tällä saadaan kustannuksia alemmaksi. Suunniteltuun osaa on tarkoitus liittää liitettävä versio pulttiliitoksella, mikä tuo huollettavuutta ja se takaa pitempää käyttöikä.

Versio 1:n runko on helppo toteuttaa ja materiaaleja kuluu vähän sekä työn määrä on suhteellisen alhainen. Lämpötilanmittaus suunnitelmassa toteutetaan infrapunalämpömittarilla sivuputken yläosasta. Luonnoskuvassa (liite 1) lämpötilanmittaus olisi ollut näyteastiassa, mutta se olisi ollut vaikea toteuttaa ja olisi ollut herkkä vioittumaan liikkeessä. Versiossa sylinterin toiminta tapahtuu paineilman perusteella. Pneumaattisen sylinterin asennus onnistuu suhteellisen helposti niille tarkoitetuilla kiinnikkeillä. Sylinteri liikuttaa näyteastiaa tuotevirran, sivuputken ja purkuputken välillä, mikä voi tuoda haasteita. Näyteastia on pohjaton ja kanneton, mikä vaatii sylinteriltä nopeaa liikettä tuotevirrasta sivuputkeen. Paineilmaa tarvitaan sylinterin lisäksi antamaan paineilma sysäyksiä kotelon yläosasta, kun näyteastia on purkuputken kohdalla. Kaiken kaikkiaan versio 1 on rungon ja komponenttien osalta helppo toteuttaa. Haasteita tuo sylinterin asemointi ja miten paljon näyteastia saa tuotua näytettä kerralla sylinterin avustuksella.

Versio 2:n runko on suhteellisen helppo toteuttaa ja materiaaleja kuluu kohtalaisesti. Lämpötilanmittaus suunnitelmassa toteutetaan PT-100 lämpötila-anturilla pystyputken sivusta sulkulevyn yläpuolelta. Versiossa sylintereiden toiminta tapahtuu paineilmalla. Sylinteri 1 asennus onnistuu suhteellisen helposti niille tarkoitetuilla kiinnikkeillä ja sylinteri 2 asennus onnistuu helposti sille tarkoitetuille kiinnikkeillä. Sylinteri 1 liikuttaa näyteastiaa tuotevirran ja pystyputken välillä, mikä on helppo toteuttaa. Näyteastia on pohjaton ja kanneton, mikä vaatii sylinteriltä nopeaa liikettä tuotevirrasta sivuputkeen, mikä voi tuoda haasteita näytteen saatavuuteen. Sylinteri 2 liikuttaa sulkulevyä kiinni - auki välillä, mikä on helppo toteuttaa. Paineilmaa tarvitaan sylinterin lisäksi antamaan paineilma sysäyksiä kotelon yläosasta, kun näyteastia on purkuputken kohdalla. Kaiken kaikkiaan versio 2 on rungon ja komponenttien osalta kohtalaisen helppo toteuttaa. Haasteita versiossa tuo, miten paljon näyteastia saa tuotua näytettä kerralla sylinterin avustuksella.

Versio 3:n runko on toteutukseltaan kohtalainen toteuttaa ja materiaaleja kuluu kohtalaisesti. Lämpötilanmittaus suunnitelmassa toteutetaan PT-100 lämpötila-anturilla pystyputken sivusta sulkulevyn yläpuolelta. Versiossa sylintereiden toiminta tapahtuu paineilmalla. Sylinteri 1 asennus onnistuu suhteellisen helposti niille tarkoitetuilla kiinnikkeillä ja sylinteri 2 asennus onnistuu helposti sille tarkoitetuille kiinnikkeillä. Sylinteri 1 liikuttaa näytekauhaa tuotevirran ja pystyveitsen välillä, mikä on helppo toteuttaa. Näytekauhalla näytteen saaminen on varmaa ja näytteen pudottaminen pystyputken pystyveitsen avulla on helppo toteuttaa. Pystyveitsi voidaan tarvittaessa vaihtaa, jos se kuluu liikaa.

Sylinteri 2 liikuttaa sulkulevyä kiinni - auki välillä, mikä onnistuu helposti. Kaiken kaikkiaan versio 3 on rungon ja komponenttien osalta kohtalaine toteuttaa. Huollettavuus on hyvä ja laite pystytään puhdistamaan tarkastusluukun kautta, jos pystyveitsen ohi virtaa likaa sivuputken takaosaan. Tässä versiossa suurimmat haasteet ovat sen koko ja kustannukset.

Yhteenvetona kaikista versiosta voidaan sanoa, että kaikki ovat toteutus kelpoisia. Versio 1 on rungon osalta helppo toteuttaa, mutta pneumaattisen sylinterin automaatio-ohjaus voi olla haastava. Toinen haaste on näytteenoton onnistuminen pohjattomalla ja kannettomalla näyteastialla. Versio 2 runko on työläämpi toteuttaa kuin versio 1:ssä. Versio 2 on erillinen lämmönmittauslaite, mikä tuo vaihtoehdon lämpötilan mittaamiseen. Versio 2:ssa on sama haaste näytteenoton kohdalla ja kustannukset nousevat versio 1:n nähden. Versio 3 runko on kaikista versioista työläin toteuttaa, mutta toimintavarmin näytteenoton suhteen. Versio 3:ssa on näytekauha, mikä takaa näytteenoton onnistumisen. Versio 3:ssa haasteita on sen koon suhteen ja se kaikista kallein toteuttaa. Versioissa 2 ja 3 on sama lämpötilanmittauslaite, erona on näytteenotto tapa.

Yhteenvetona voidaan todeta versio 3:n olevan toimintavarmin ja luotettavin tapa toteuttaa rehupellettien lämpötilamittaus A-Rehun Varkauden tehtaalla. Vaikka kustannukset ovat korkeampia kuin versioissa 1 ja 2, niin näytteenoton varmuus versio 3:ssa on huomattavasti varmempi.

8 POHDINTA

Opinnäytetyön tekeminen on ollut opettavaista, mielekästä ja samalla haastavaa. Opinnäytetyössä joutui perehtymään rehupellettien valmistusprosessiin, mikä oli hyvin mielenkiintoista. Suurin osa rehupellettien valmistusprosessin teoriasta oli englanninkielisiä aineistoja, mikä toi haasteita tekemiseen. Rehupellettien lämpötilanmittauksen seuranta manuaalisesti auttoi ymmärtämään automaattisen lämpötilanmittauksen tarpeen. Rehupellettien käyttöturvallisuus vaatii tietyn lämpötilan valmistusprosessissa, mikä vaatii valvontaa. Lämmönmittauksen kehittäminen rehupelletin valmistusprosessissa on tarpeellista ja se tuo prosessin lämpötilan seuraamiseen selkeyttä sekä elintarviketurvallisuutta.

Lämmönmittauslaitteen suunnitteluun sai hyvät lähtötiedot ja opastusta toimeksiantajalta. Suunnittelun lähtökohtana oli suunnitella laite, joka liitetään vanhaan tuotekanavaan. Toimeksiantajalla oli antaa alustava luonnoskuva laitteesta ja toimintatavasta. Luonnoskuva antoi paljon apua laitteen suunnitteluun ja pohdintaan, miten lähteä viemään suunnitteluprosessia eteenpäin.

Tutustumalla paikan päällä ja luonnoskuvan pohjalta, lähdimme suunnittelemaan lämmönmittauslaitetta. Suunnittelun alku vaiheessa tulimme siihen tulokseen, että tehdään useampi vaihtoehto laitteesta. Versioita tuli lopulta kolme, joista voi lähteä miettimään ratkaisua rehupellettien lämpötilanmittaamiseen. Versioissa on paljon samankaltaisuutta toisiinsa nähden. Ensimmäisessä versiossa lähdettiin suunnittelemaan luonnoskuvan mukaista laitetta, jota muutettiin lämpötilamittarin sijainnilla. Paikka muutettiin kiinteään osaan. Toisessa versiossa haettiin edelliseen versioon verrattuna varmempaa lämpötilanmittausta erillisen mittaus tavan myötä. Tässä päädyttiin kehittämään erillinen lämmönmittausputki, jossa tapahtuu lämpötilanmittaus. Kolmannessa versiossa käytettiin samaa lämmönmittausputkea ja näytteenotto tapa on erilainen toisiin versioihin nähden.

Kaikissa versioissa on hyvät ja huono puolet, mutta versioista parhaaksi henkilökohtaisesti muodostui versio 3. Versio 3:ssa on toimiva näytteenotto tapa, mikä tuo varmuutta toimintaan. Versiossa 1 ja 2 näytteenoton varmuus on epävarmaa, johtuen kannettomasta ja pohjattomasta näyteastiasta. Versio 3 on versioista iso kokoisin ja kallein toteuttaa, mutta koko ei ole ongelma tilan puolesta. Tilaa on asennuspaikalla riittävästi versio 3:n asennukseen ja kunnossapitoon.

Versioiden suunnittelu oli mielenkiintoista ja opettavaista. Suunnittelun lähtökohtana oli toimintavarmuus. Lämpötila-anturien valinnassa eri versioissa joutui miettimään niiden sijoitusta ja toimintatapaa sekä niiden luotettavuutta. Versio 1 suunnitelmassa lämpötilan mittaamiseen käytetään infrapunalämpömittaria ja versioissa 2 ja 3 lämpötila-anturia PT-100. Sylintereiden valinnat menivät laitteen koon mukaan suunnitelmassa ja niiden kiinnitykseen voidaan käyttää niille tarkoitettuja kiinnikkeitä. Automaatio-järjestelmien ohjauksia tässä opinnäytetyössä ei suunnitella vaan ne jäävät toimeksiantajan ratkaistavaksi, jos jotain näistä versioista lähdetään toteuttamaan käytäntöön.

Kokonaisuudessa opinnäytetyön työstäminen on ollut mielekästä, mutta samalla haastavaa. Opinnäytetyö antaa hyvät valmiudet lähteä viemään jotain näistä versioita eteenpäin lämpötilanmittaukseen A-Rehu Varkauden tehtaalla. Toki opinnäytetyössä suunnitellut versiot vaativat vielä tarkastelua toimeksiantajalta ja muilta tahoilta, jotta niitä voi lähteä viemään käytäntöön.

Versioiden toimintaa opinnäytetyössä ei päässyt testaamaan muulla kuin Autodesk Inventor-suunnitteluohjelmistolla. Suunnitteluohjelmalla tehdyt liikeratatarkastelut toimivat moitteettomasti.

Suunnitteluohjelman käyttö onnistui hyvin, alussa tarvitsi muistella ja kerrata, miten Autodesk Inventor-ohjelmistoa käytetään. Tähän sai tukea ohjaavalta opettajalta hyvin. Suunnitteluohjelmalla tehtiin 3D-kuvat osista, jonka jälkeen ne yhdistettiin kokoonpano toiminnolla. 3D-kuvista tehtiin konepiirustukset.

Lämmönmittauslaitteen kehittäminen ja suunnittelu on ollut opettavaista. Tämä johtuu siitä, että miten paljon asioita joutuu miettimään monelta eri kannalta ja miten laitteen saa toimimaan käytännössä. Käytännön toimintaa tässä opinnäytetyössä ei ollut, mikä on hieman harmillista. Toivottavasti jotain versioista lähdetään toteuttamaan, niin pääsisi näkemään toimiiko laite käytännössä.

Opinnäytetyön tulokset ovat olleet hyviä ja niillä pääsee jatkamaan kehitystyötä eteenpäin. Toki parannettavaakin on monessa suhteessa. Jälkikäteen ajateltuna opinnäytetyön tekeminen olisi pitänyt aloittaa hyvissä ajoin, jolloin olisi voinut olla mukana käytännön toteutuksessa ja samalla nähnyt miten laite lopulta toimii tuotannossa. Opinnäytetyö tekeminen on antanut paremmat lähtökohdat työelämään suunnittelun osalta ja projekti luontoiseen työskentelyyn sekä antaa paremman mahdollisuuden työllistyä insinöörin töihin.

LÄHTEET

A-Tuottajat 2024. Verkkosivusto. <https://www.atriatuottajat.fi/tuotannonkehitys/nautasuomi/rehustusjaruokinta/>. Viitattu 15.2.2024

Andritz 2018. Pdf-tiedosto. <https://www.andritz.com/resource/blob/19108/5331101f5c5977cc69db96d2bb02e141/1200-gb-pellet-mills-animal-feed-brochure-feed-biofuel-data.pdf>. Viitattu 10.2.2024

Antonié Franco 2023. All About Feed. Verkkosivusto. <https://www.allaboutfeed.net/animal-feed/feed-processing/reviewing-the-pelleting-process-to-ensure-quality/> Viitattu 6.2.2024

Atria 2004. Verkkosivusto. <https://www.atria.com/tietoa-atriasta/historia/>. Viitattu 20.3.2024

Benison Media 2018. Verkkosivusto. <https://benisonmedia.com/cooling-a-critical-process-for-pellet-durability-index-feed-hygiene/>. Viitattu 13.2.2024

Benison Media 2018. Verkkosivusto. <https://benisonmedia.com/key-steps-in-feed-pelleting/> Viitattu 11.2.2024

Borregaard julkaisuaika tuntematon. Verkkosivusto. https://www.borregaard.com/markets/animal-feed/applications/pelleting-aids/more-on-pelleting/your-guide-to-pelleting/#floating-toc_5whatispelletqualityandhowdoyoumeasureit. Viitattu 7.2.2024

CPM 2022. Pdf-tiedosto. <https://www.cpm.net/downloads/Animal%20Feed%20Pelleting.pdf>. Viitattu 6.2.2024

Elfadistelec 2024. PDF-tiedosto. https://media.distrelec.com/Web/Downloads/_t/ds/CATCSLT15SFCB3K_eng_tds.pdf. Viitattu 14.3.2024

Hydrauliikkakauppa 2024. Verkkosivusto. <https://www.hydrauliikkakauppa.fi/tuote/metal-work-paineilmasylinteri-32-400mm/>. Viitattu 14.3.2024

IKH 2024. Verkkosivusto. <https://www.ikh.fi/fi/paineilmasylinteri-25x100-mini-iso6432-2-toim-mwp11225100>. Viitattu 15.3.2024

Jessen 2021. Danish Feed Tech Solutions. Verkkosivusto. <https://danishfeedtech.com/knowning-the-core-temperature-of-feed-pellets-during-production-improves-both-the-economy-and-the-overall-co2-emission/>. Viitattu 16.2.2024

JUMO 2024. PDF-tiedosto. <https://docs.rs-online.com/7b55/A700000006800782.pdf>. Viitattu 15.3.2024

Maa- ja metsätalousministeriön asetus rehualan toiminnanharjoittamisesta 548/2012. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2012/20120548#Pdm46651396461728>. Viitattu 12.2.2024

Rouchouse 2019. Phileo by Lesaffre. Verkkosivusto. <https://phileo-lesaffre.com/en/study-of-temperature-in-the-pelleting-of-thermo-sensitive-products-changes-in-temperature-during-the-pelleting-process/>. Viitattu 16.2.2024

Phileo by Lesaffre. The effect of conditioning on pellet quality. Verkkosivusto. <https://phileo-lesaffre.com/en/the-effect-of-conditioning-on-pellet-quality/>. Viitattu 8.2.2024

Selko 2023. Verkkosivusto. <https://www.selko.com/en/content/challenges/feed-safety-processing-quality/?tab=657067>. Viitattu 13.2.2024

Van Aarsen julkaisuaika tuntematon. Verkkosivusto. <https://www.aarsen.com/en/process-overview-animal-feed/mixing/>. Viitattu 8.2.2024

Varkauden Aluelämpö 2018. Verkkosivusto. <https://www.varkaudenaluelampo.fi/fi/ajankohtaista/kotimaista-uusiutuvaa-energiaa-saadaan-nyt-kaurasta/>. Viitattu 14.2.2024

LIITE 1: LUONOSKUVA

Näytteenotto rakeistimelta putoavasta tuotevirrasta.

1. tuotevirta
2. esim sylinterillä liikuttettava näytekippo, jossa esim pt100 lämpötila-anturi
- näytekippo pohjaton & kanneton, työnnetään sylinterillä tuotevirtaan, ja vedetään takaisin keskiasentoon, jossa pidetään mittauksen ajan.
3. Kun lämpötila mitattu, sylinteri vedetään pohja-asentoon jolloin näyte tippuu putkeapitkin jäähdyttimeen. Tarvittaessa näyteen irtoamista mittakiposta voi avustaa paineilmalla.

