

EPÄKESKOPURISTIMEN MITTAVASTEEN KEHITTÄMI- NEN

Kauppi Miikka

Opinnäytetyö
Konetekniikka
Insinööri (AMK)

2022

Konetekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Miikka Kauppi	Vuosi	2022
Ohjaaja	Ins. (YAMK) Arto Jäntti		
Toimeksiantaja	Aluteräs Oy Toimitusjohtaja Janne Liedes		
Työn nimi	Epäkeskopuristimen mittavasteen kehittäminen		
Sivu- ja liitesivumäärä	33		

Tämä opinnäytetyö tehtiin Aluteräs Oy:n toimeksiantona. Työn tehtävänä oli kehittää tehtaalla olevaa epäkeskopuristimen mittavastepöytää sekä tehdä siitä käyttäjäystävällisempi. Epäkeskopuristimella tehdään alumiiniprofiileihin lukko-reikiä sekä saranalle loveuksia.

Ongelmia mittavastepöydässä ja epäkeskopuristimessa oli puutteellinen koneen ja pöydän kiinnitys, välys koneen ja työkalun välissä, välykset vasteissa, vasteen mittaamisen epätarkkuus ja epävarmuus ja vasteiden ylös ja alas liikuttaminen käsin. Nämä ongelmat aiheuttavat muun muassa ylimääräistä kurottelua, työstöjen käsisyyden sekoittamista ja mittavirheitä.

Työssä tutkittiin mittavastepöydälle erilaisia vaihtoehtoja, joita markkinoilla oli tarjolla. Kun tultiin tulokseen, että sopivaa valmista pöytää ei löydy, päätettiin suunnitella vastepöytä uudestaan ja samalla minimoida koneesta johtuvat välykset ja rakentaa vasteille ohjaus helpottamaan käyttämistä.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin suunniteltua uudet vasteet hyödyntäen alkupe-
räistä runkoa. Vasteiden ohjausenergiaksi valittiin pneumatiikka. Vasteita ohja-
taan käsiviputoimisilla suuntaventtiileillä, jotka on sijoitettu käyttäjän edustalle.

Avainsanat

tuotekehitys, mittalaitteet, lineaarijohteet. mittavaste-
pöytä

Mechanical Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Miikka Kauppi	Year	2022
Supervisor	Arto Jäntti, MEng		
Commissioned by	Aluteräs Oy Janne Liedes, Managing director		
Subject of thesis	Development of Eccentric Press Scale Response		
Number of pages	33		

This thesis was commissioned by Aluteräs Oy. The task of the work was to develop an eccentric press scale response at the factory and to make it more user-friendly. The eccentric press is used to make lock holes in the aluminum profiles and notches in the hinge.

Problems with the scale response and eccentric press were insufficient attachment of the machine and the table, clearance between the machine and the tool, clearances in the stops, inaccuracy and uncertainty in measuring the response and moving the stops up and down by hand. These problems cause, among other things, extra stretching, mixing of the handedness of the machining, and dimensional errors.

Different alternatives that were available on the market were explored in the thesis to the scale that was available on the market. When it was concluded that a suitable ready-made table could not be found, it was decided to redesign the scale response and at the same time minimize the gaps caused by the machine and build a control for the consoles to facilitate use.

As a result of the thesis, new responses were designed using the original body. Pneumatics was chosen as the control energy for the responses. The responses are controlled by manually operated directional valves located in front of the user.

Key words product development, measuring instruments, linear conductors, scale response

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
1.1 Tavoitteet	5
1.2 Työn rajaus	5
2 ALUTERÄS OY	6
3 TUOTEKEHITYSPROSESSI	8
4 MITTAUSTEKNIikka	11
5 SUUNNITTELUPROSESSI	13
5.1 Lähtökohta	13
5.2 Vaatimukset ja tavoitteet	15
5.3 Ratkaisuvaihtoehtoja	15
5.3.1 Välyksen minimointi	16
5.3.2 Mittalaitteet	17
5.3.3 Lineaarijohde	19
5.3.4 Virheiden minimointi	22
6 TOTEUTUS	23
6.1 Komponenttivalinnat	23
6.2 Keskimäiset vasteet	25
6.3 Reunavasteet	26
6.4 Kokoonpano	29
6.5 Pneumatiikka ja työturvallisuus	29
7 POHDINTA	32
LÄHTEET	33

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on kehittää kohdeyrityksessä olevaa epäkeskopuristimessa olevaa mittavastepöytää ja siinä olevia vasteita paremmaksi. Opinnäytetyössä olisi tarkoitus suunnitella vastepöytä ja vasteet uusiksi, luoda tekniset piirustukset ja valmistaa tuote valmiiksi. Epäkeskopuristimella tehdään alumiini-profiileihin oven saranoiden koloja ja lukkoreikiä. Ongelmana on mittavastepöydän epätarkkuus, jonka vuoksi vasteiden asettelu on hidasta. Pöytiä on kaksi kappaletta, puristimen molemmilla puolilla yksi. Vasteita pöydässä on jokaisella puolella kolme kappaletta, ja niiden käyttö riippuu siitä, onko kyseessä vasen- vai oikeakätinen ovi, johon alumiiniprofiili tehdään.

1.1 Tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää nykyistä mittavastepöytää paremmaksi, helpommaksi käyttää ja tarkaksi. Vasteita ohjataan manuaalisesti käsin nostamalla ne ylös riippuen profiilista ja oven kätisyydestä. Tässä vaiheessa tapahtuu jonkin verran virheitä, jotka johtavat reklamaatioihin ja lisäävät ylimääräistä työtä ja kustannuksia. Työ sisältää kehittämisen, suunnittelun, piirustukset ja suunnitelman mukaisen pöydän valmistamisen. Tavoitteena on valmistaa tarkemmin toimiva tuote, joka hieman nopeuttaa ja helpottaa työskentelyä.

1.2 Työn rajaus

Opinnäytetyössä keskitytään epäkeskopuristimella tapahtuvaan työskentelyyn, laitteen välyksien minimointiin sekä mittavasteiden kehittämiseen.

2 ALUTERÄS OY

Aluteräs Oy on Oulun seudulla sijaitseva yritys, joka on perustettu vuonna 1988 kuuden henkilön toimesta. Yrityksen omistus vaihtui vuonna 2016, mutta tänä päivänä yrityksessä edelleen työskentelee kaksi alkuperäistä perustajaa. Kuva 1 on yrityksen uudistettu logo. (Aluteräs Oy 2022.)

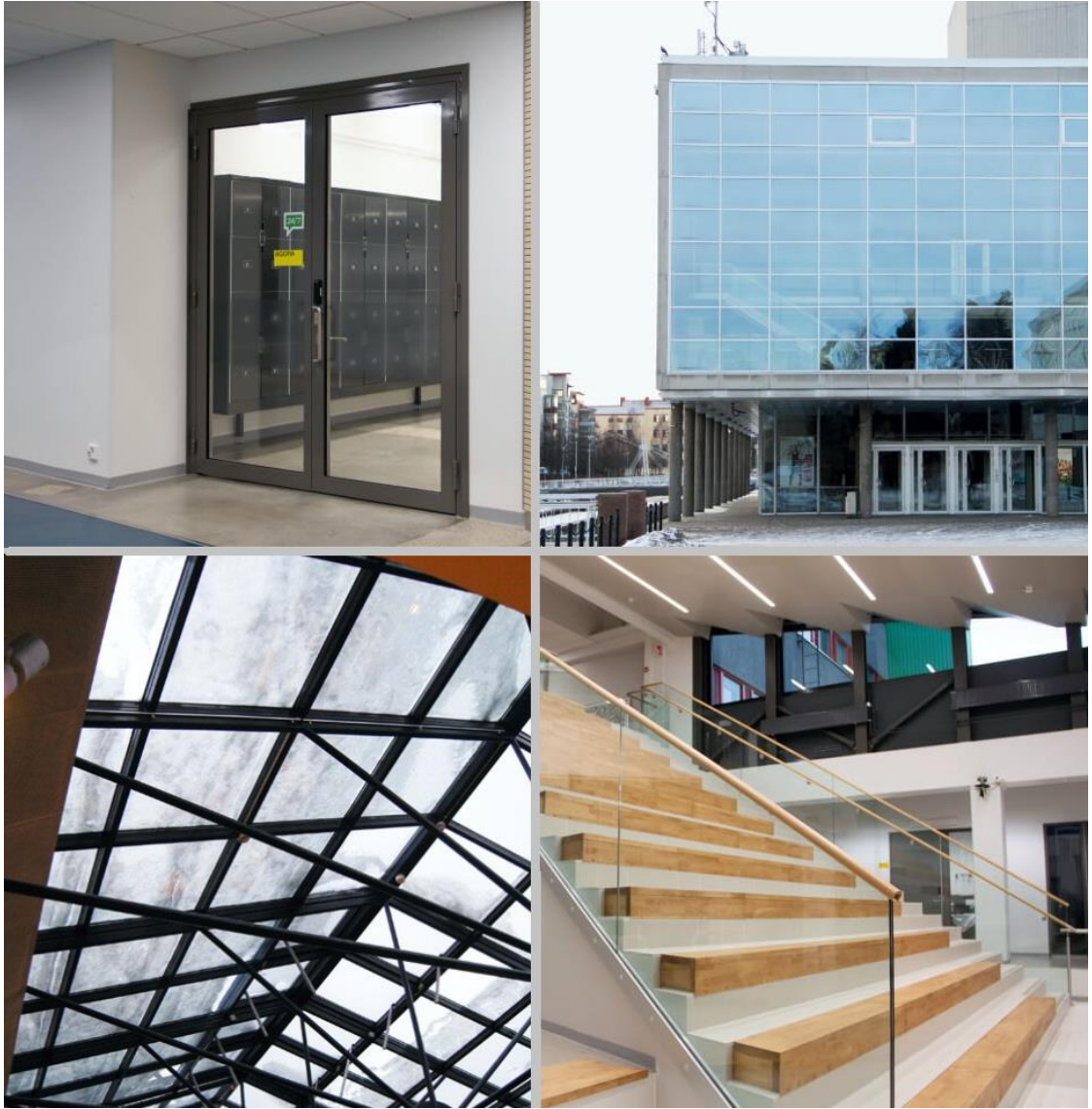


Kuva 1. Aluteräs Oy:n logo (Aluteräs Oy 2022)

Kesällä 2021 valmistui yrityksen uusi toimipiste, joka sijaitsee Haukiputaalla. Yritys työllistää noin 15 henkilöä, joista suurin osa työskentelee toimipisteellä ja muutama asennuksella. Aluteräs Oy toimii koko Suomen alueella. (Aluteräs Oy 2022.)

Aluteräs Oy on erikoistunut metalli- ja lasirakenteiden tuotantoon sekä asennuksiin. Tuotteita ovat alumiini- ja teräsrakenteiset ovet, julkisivut, valokatot, palo-ovet ja -ikkunat sekä porras- ja parvekekaiteet. Kuva 2 on esitelty teräspariovi, Oulun kaupungin teatterin saneerauskohte, lasikatto sekä lasikaide. Tuotteet suunnitellaan asiakkaan tarpeiden mukaiseksi, valmistetaan tehtaalla ja toimitetaan työmaalle tarvittaessa asennettuna. (Aluteräs Oy 2022.)

Epäkeskopuristimen käyttö yrityksessä on alkanut 2021 kesällä, kun yritys alkoi valmistamaan alihankintana toiselle yritykselle alumiiniprofiileja ja alumiiniovia. Alumiiniprofiilit tulevat puuoven ulkopuolelle julkipinnaksi. Profiilit sahataan määrittämään, työstetään sarananlovet ja lukkoreiät, asennetaan tiivisteet, pakataan ja merkitään ovikohtaisesti valmistuspapereiden mukaisesti.



Kuva 2. Aluteräs Oy:n valmistettavia tuotteita (Aluteräs Oy 2022)

3 TUOTEKEHITYSPROSESSI

Tuotekehitys on lähes jokaisen yrityksen menestyksen edellytys. Yrityksen tuotteita täytyy kehittää jatkuvasti, jotta tuote tai palvelu on markkinoilla ajan tasalla eikä jää kilpailijoiden jalkoihin. Tuotekehitys sisältää monivaiheisen prosessin, kuten tuoteidean löytämisen, kehitysnäkymien, markkinoiden ja muiden tuotekehityshankkeen käynnistämiseen tarvittavien tietojen selvittämisen, tuotteen luonnostelun, tarkemman suunnittelun, optimoinnin, piirustusten valmistuksen, käyttöohjeet ja tuotantomenetelmien kehittämisen. (Jokinen 2001, 9.)

Tuotekehityksessä on aina lähtökohtaisesti jokin tarve ja sille annetut tavoitteet, joiden mukaan lähdetään tuotetta tai palvelua kehittämään niin, että tavoitteet täyttyvät mahdollisimman hyvin teknisesti ja taloudellisesti. Tuotekehitystä tehdään lähes kaikkialla ja siinä tarvitaan hyvää luonnontiedon tuntemusta sekä kykyä luovaan työhön. (Jokinen 2001, 9.)

Tuotekehitys on toimintaa, jossa pyritään kehittämään täysin uusi tuote tai parantelemaan jo valmista tuotetta. Tuotetta voidaan kehittää muuttamalla teknisesti jotain osa-aluetta, jolloin tuotteen valmistus on edullisempaa ja/tai käytettävyys parantuu. (Jokinen 2001, 10.)

Tuotekehitys voidaan jaotella neljään eriin vaiheeseen, joita ovat tuotekehityksen käynnistäminen, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. Eri vaiheet on esitetty Kuva 3. Tuotekehitysprojektin toimintavaiheet (Jokinen 2001, 14.)

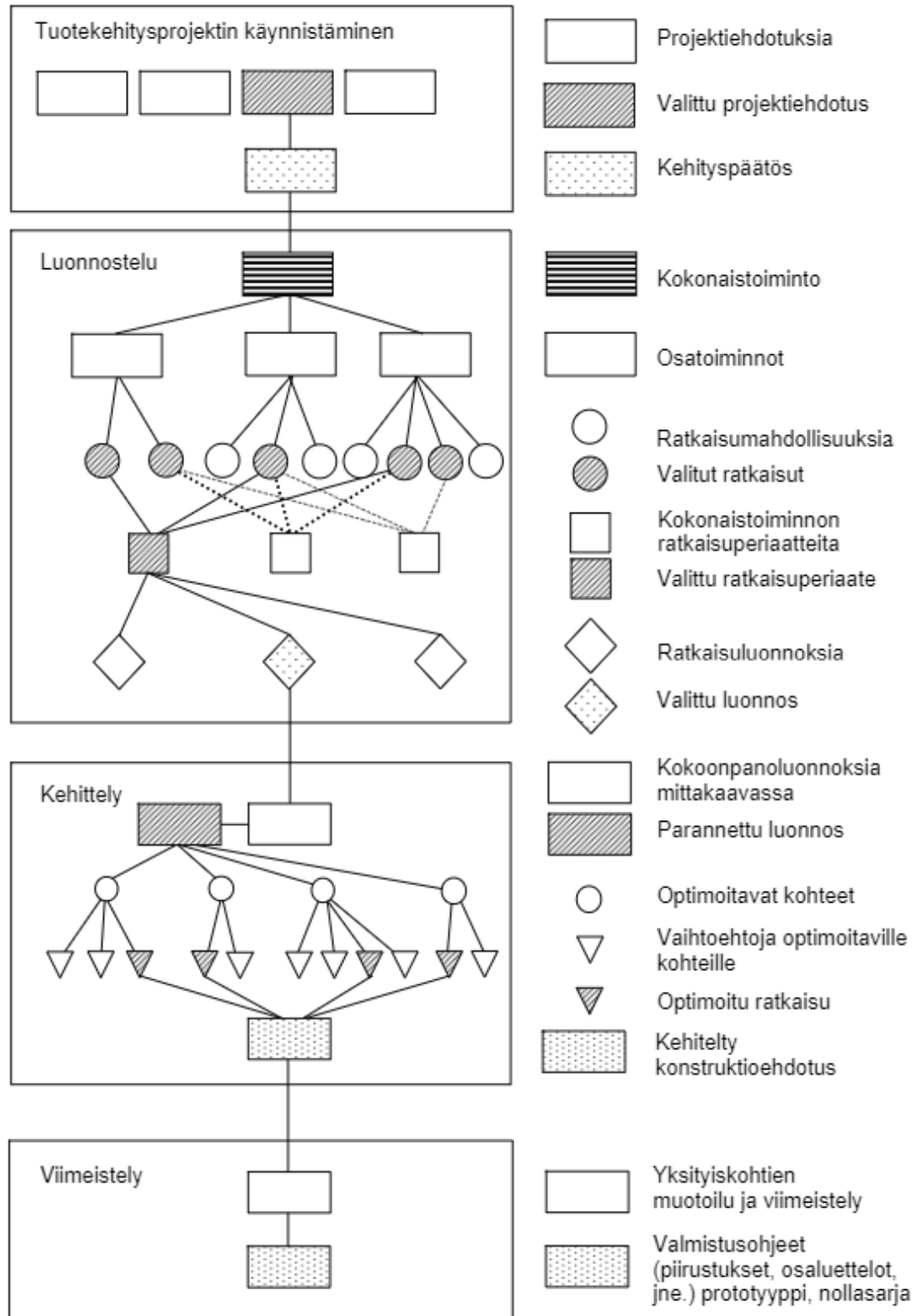
Tuotekehityksen käynnistämistä edeltää selvitystyö, jossa selvitetään tuotteen kehittämiskustannukset, markkinointi, hyödyt ja työterveydelliset ja ympäristösuojelulliset asiat. Yleensä tuotekehityksen käynnistymisen jälkeen käynnistetään analysointi, koska tekijöinä voivat olla eri henkilöt kuin ne, jotka ovat alun perin suunnitelleet tuotekehityksen käynnistämisen. Luonnosteluvaiheessa tuotteelle asetetaan vaatimukset sekä tavoitteet, minkä jälkeen etsitään erilaisia mahdollisia ratkaisumalleja. Tämä vaihe on tärkeä mahdollisten uusien seikkojen ilmaantumisen vuoksi, joita ei ole otettu huomioon kehityspäätöstä tehtäessä (Jokinen 2001, 14.)

Vaatimusten ja tavoitteiden tiedostamisen jälkeen pyritään etsimään erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja tuotteelle. Jotta päästään irti mahdollisista ennakkokäsityksistä, joita on saattanut syntyä tähän mennessä, jatketaan tehtävän yleistämisellä. Tällä tarkoitetaan, että katsotaan asiaa hieman laajemmasta kuvakulmasta. Esimerkiksi pakkauskoneen suunnittelussa ratkaisuja etsitään varastoinnista ja tuotteen lähettämisestä asiakkaalle hyvin pakattuna. Tässä vaiheessa selvitetään myös olennaiset ongelmat sekä kokonaistoiminto. (Jokinen 2001, 14–15.)

Kokonaistoiminto jaetaan osatoimintoihin, joille etsitään ratkaisuja ideointimenetelmillä. Osatoiminnoista etsitään parhaimmat ratkaisut ja yhdistetään niistä kokonaistoiminnon ratkaisuja. Vaihtoehtoja voi olla useita ja niitä arvioidaan vaatimuksien ja toiveiden pohjalta, parhaista ratkaisuista tehdään luonnokset. Luonnoksista valitaan yksi tuote, joka kehitetään loppuun asti. (Jokinen 2001, 15.)

Kehittelytyö aloitetaan kokoonpanoluonnoksella valitusta ratkaisusta. Tässä työvaiheessa yleensä havaitaan mahdollisia teknisiä ja taloudellisia heikkoja kohtia, jotka pyritään sulkemaan pois. Mikäli tuote on merkittävässä osassa yrityksen toiminnassa, tuotteeseen optimoidaan osat, jotka ovat teknisesti ja kustannuksien kannalta parhaat. (Jokinen 2001, 15.)

Viimeistelyvaihe on tuotekehityksen viimeinen prosessiosuus ja siinä kehitetystä tuotteesta valmistetaan työpiirustukset sekä muodostetaan osaluettelot, käyttö- ja huolto-ohjeet. Osat saavat viimeisimmät muodot ja mahdollisuuksien mukaan valmistetaan prototyypit tarvittavista osista. (Jokinen 2001, 17.)



Kuva 3. Tuotekehitysprojektin toimintavaiheet (Jokinen 2001, 16)

4 MITTAUSTEKNIikka

Tämän opinnäytetyön yksi keskeisimmistä ongelmista liittyy mittatarkkuuteen. Mittaustekniikan tuotantotekniset mittaukset liittyvät lähes aina pituuden mittaamiseen ja sen johdannaisiin mittauksiin. Keskeisimpiä tehtäviä mittaustekniikalla tuotantotekniikassa on selvittää työkalun tai työstökoneen asetuksia työkappaleita mittaamalla ja valmiiden kappaleiden mittaamista, jotta havaittaisiin toleranssiylitykset. Myös työkoneita ja työkaluja mitataan sekä tehdään lopputarkastuksia valmiille työkappaleille. (Andersson & Tikka 1997, 11–12.)

Toleranssilla tarkoitetaan suurinta sallittua poikkeamaa piirustuksessa olevasta valmistusmitasta. Täysin tarkkaa mitoitusta on lähes mahdoton valmistaa, minkä vuoksi yleensä aina annetaan jokin toleranssi. Liian pienellä toleranssilla olevia kappaleita on haastavampaa valmistaa, minkä vuoksi valmistuskustannukset nousevat. Tämän vuoksi toleranssi kannattaa aina mitoittaa juuri niin löysäksi kuin vain mahdollista. (Keinänen & Kärkkäinen 2004, 89)

Opinnäytetyön epäkeskopuristimella valmistetaan parvekeovien lukko- ja saranatyöstöjä, joiden toleranssit ovat valmistuspiirustusten mukaan + 0.5 mm tai - 0,5 mm työstökohdasta riippuen. Mikäli työstökohdat poikkeavat näistä, ovesa olevat saranat eivät osu kolojen kohdalle eikä valmistettua tuotetta voi käyttää.

Puristin sijaitsee lämmitetyssä hallissa, jossa talvilämpötila on keskimäärin 17–19 celsiusastetta ja kesällä 22–25 celsiusastetta. Lämpölaajenemisesta johtuvat mittavirheet ovat pieniä, minkä vuoksi siitä ei tule suurta ongelmaa, kun yleensä suurimmat mitat kuin pääsääntöisesti koneessa käytetään, ovat maksimissaan 1200 mm:n luokkaa. Esimerkiksi talven ja kesän lämpötila ero maksimissaan on noin kahdeksan celsiusastetta, jolloin vaikutus vasteen maksimi kahden metrin mitalla olisi teräkselle 0,23 mm ja alumiinille 0,37 mm kaavalla 1 laskettuna. Nykypäivän digitaalisilla mittalaitteita voidaan kalibroida helposti sekä kompensoida mittavirheitä.

$$\Delta l = \alpha \times \Delta T \times l \quad (1)$$

missä

Δl	on	Pituuden muutos
α	on	Aineen lämpölaajenemiskerroin
ΔT	on	Lämpötilan muutos
l	on	Kappaleen alkuperäinen pituus

Valmistettavien tuotteiden toleranssien vuoksi ja koneen kaikki mitaan vaikuttavat tekijät huomioiden mittaamisesta johtuva toleranssin tulisi olla vähintään ± 0.25 mm, jotta saavutetaan riittävä työstötarkkuus. Magneettinauha toiminen digitaalinen mittalaite saavuttaa jopa 0,01 mm:n tarkkuuden. Vaihtoehtoisesti vertailuna rullamitan toleranssi on $\pm 0,5$ mm. Tässä opinnäytetyön aiheessa mittatarkkuudeksi riittää noin 0,1 mm, jolloin koneen välyksille, lämpömuutoksille ja pienille mittavirheille jää tilaa.

5 SUUNNITTELUPROSESSI

5.1 Lähtökohta

Epäkeskopuristimella valmistetaan oven alumiiniprofiileihin lukkoreikiä ja saranatyöstöjä. Puristimessa on koneen kummallakin puolella 2300 mm pitkä 90x45 mm:n alumiiniprofiili tukijalkoineen. Profiiliin on valmistettu pois kääntyvät vasteet, nivelenä toimii ainoastaan M8-pultti. Ongelmaksi muodostuu vasteen väly: pulttia kiristämällä vasteen liike takertelee ja löysäämällä pulttia vasteessa on 1–2 mm:n väly. Välystä on myös epäkeskopuristimen ja puristimen työkalun välillä.

Vasteita on yhdellä puolella kolme kappaletta, joista uloimmainen vaste on ainut, jota pitää liikuttaa sivuttaisessa suunnassa työstettävän profiilin mitan muuttuessa. Lähtötilanteessa liikuttaminen tapahtuu löysäämällä kiinnitysvivulla vaste 45x90 mm:n alumiiniprofiilista. Profiilin päällä on kulunut mitta, josta katsotaan vaste kohdalleen vasteen ollessa käyttöasennossa. Konetta eikä vastepöydän jalkoja ei ole pultattu lattiaan, jolloin pienikin pöydän liikahtus saa mitan näyttämään väärin.

Vasteen säätäminen tapahtuu laskemalla työstettävän profiilin keskikohta. Vaste siirretään pöydästä katsomalla oikeaan mittaan, jonka jälkeen profiili asetetaan työkaluun ja siirretään vasteeseen kiinni. Mittanauhalla erikseen mitataan vasteen mitta työkaluun ja profiilin toisesta päästä työkalun toiseen reunaan ja katsotaan erotus, joka yritetään korjata vastetta siirtämällä uudestaan. Tämän jälkeen mittaus tehdään vielä kerran ja varmistetaan paikkaansa pitävyys. Tämä mittaaminen koskee saranatyöstöä.

Lukkotyöstön asetus tehdään katsomalla työpaperista mitta, joka on profiilin päästä painike reiän keskelle. Työkalussa painikereikä sijaitsee työkalun keskeltä 39 mm sivussa. Paperissa olevaan mittaa lisätään kyseinen luku ja tämä luku asetetaan vasteen mitaksi. Lopuksi mitta tarkistetaan mittanauhalla.

Vasteiden käyttö saranatyöstöissä vaihtelee sen mukaan, kumman kätinen ovi on työstettävänä, onko saranoita kolme vai neljä kappaletta sekä onko työstettävä profiili oven vai karmin profiili. Oikealla puolella olevaa vastetta käytetään vasenkätiseen ovilehtiprofiiliin ja oikeakätisen karmiprofiiliin.

Vasemmanpuoleista käytetään oikeakätisen ovilehtiprofiiliin ja vasenkätisen karmiprofiiliin. Tämä aiheuttaa jonkin verran vääränlaisia työstöjä. Kuva 4. Epäkeskopuristimen vasemmanpuoleinen mittapöytä on esitetty vastepöytä, jossa käytettävät vasteet on käännetty ala-asentoon.

Keskimmäisissä vasteissa on pallokantaiset pultit, koska ovilehden saranatyöstö eroaa karmien työstöstä 5,5 mm. Pultin avulla saadaan tehtyä saranatyöstöt kumpaankin profiiliin liikuttamatta keskimmäisiä vasteita. Koska pultti on pallokantainen ja hyvin pieni, työntekijän täytyy olla erittäin tarkkana, jotta profiili osuu juuri pultin kantaan. Jos työstö epäonnistuu, täytyy tehdä kokonaan uusi osa.



Kuva 4. Epäkeskopuristimen vasemmanpuoleinen mittapöytä.

5.2 Vaatimukset ja tavoitteet

Epäkeskopuristimen käytössä on yksi suurin ongelmakohta, joka on koneen epätarkkuus. Valmistettavien tuotteiden toleranssi on -0,5 mm tai +0,5 mm. Seuraavassa on listattuna vaatimuksia valmiille tuotteelle.

1. Epäkeskopuristimen ja vastepöydän lattiaan kiinnitys
2. Välykset minimoitu vasteista
3. Välykset minimoitu epäkeskopuristimen ja työkalun välillä
4. Reunimmaisten vasteiden liikuttaminen helpommaksi ja tarkemmaksi
5. Inhimillisten virheiden minimointi

5.3 Ratkaisuvaihtoehtoja

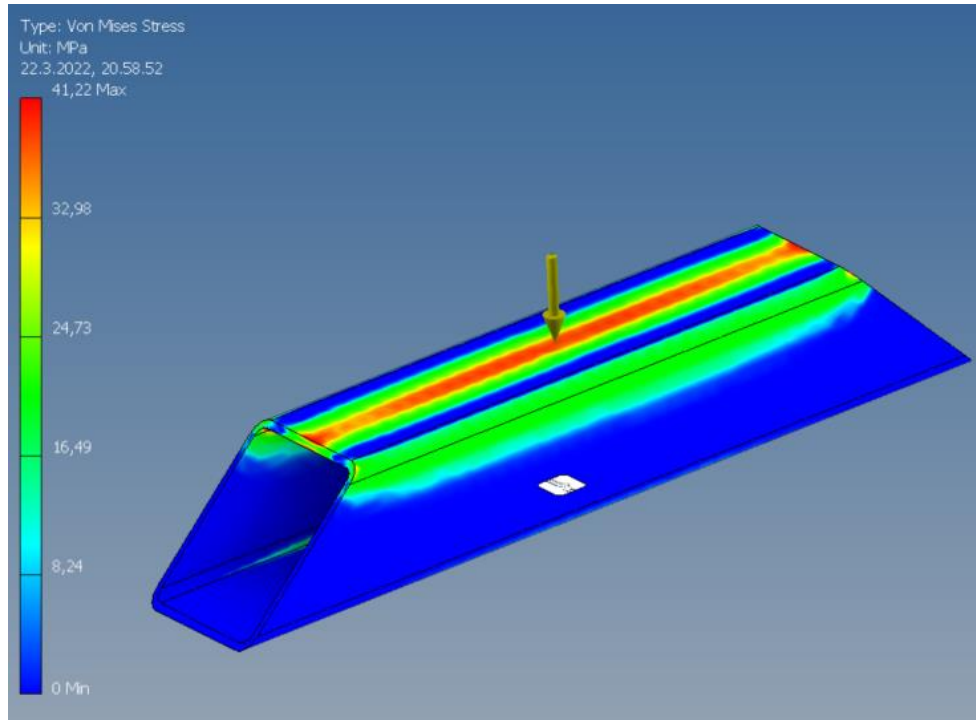
Epäkeskopuristimen ja vastepöytien lattiaan kiinnittäminen on tärkeä ensimmäinen tehtävä, jotta koneen tai pöytien liikkumisista johtuvat mittavirheet voidaan poissulkea. Tämänhetkiset kahdesta 50x100 mm:n kokoisesta puusta kummallekin puolelle valmistetut korokejalustat vaihdetaan kahteen 100x100x4 mm:n RHS-neliöputkeen, jonka materiaalina on s355j2h. Tyyppikilven ilmoittama paino on 1200 kg ja yhdelle jalustalle kohdistuu painoa 600 kg. Lujuuatta tarkastellessa materiaaliin kohdistuva voima ilmoitetaan Newtonneissa, tämä saadaan laskettua kaavalla 2.

$$F = ma \quad (2)$$

missä

F	on	Voima [N]
m	on	Massa [Kg]
a	on	Kiihtyvyys [m/s ²]

Voiman tuloksi saadaan 5886N, kun massa on 600 kg ja maapallon aiheuttama kiihtyvyyys on 9,81 m/s². Autodesk Inventor-ohjelmalla lujuutta tarkastellessa maksimirasitukseksi saadaan 41 MPa ja turvakertoimeksi 8,6. Korokejalat kiinnitetään epäkeskopuristimen pohjassa oleviin reikiin M10-pulteilla ja jalat lattiaan M10 kiila-ankkurilla. Kuva 5 voidaan havaita palkkiin kohdistuvat rasituskohdat.



Kuva 5. Rasitustesti RHS-Neliöputkelle

5.3.1 Välyksen minimointi

Välyksen minimointi on tärkeää etenkin reunimmaisiiin vasteisiin, koska näitä vasteita liikutetaan jatkuvasti eri kohtaan. Vasteisiin ei kuitenkaan tarvita täysin välyksetöntä niveltä, koska työstettävällä profiililla työnnetään vasteesta ylimääräinen välykset pois. Vasteissa on oltava jonkinlainen nivelmekanismi, jotta vasteet voidaan kääntää käyttöasentoon takkuilematta sekä siitä pois saadakseen muutkin työstöt tehtyä. Epäkeskopuristimen pöydän ja työkalun välinen sivuttainen välykset minimoidaan säätämällä sivuttaisia tukia hieman tiukemmalle niin, että työkalu saadaan sujuvasti paikoilleen ja paikoiltaan pois.

5.3.2 Mittalaitteet

Mittalaitteita tutkiessa ja erilaisia vaihtoehtoja kartoittaessa vastaan tuli muutamia erilaisia vaihtoehtoja vasteiden aktiiviseen paikoittamiseen.

Mittanauha kiinnitetään profiilin pintaan ja liikuteltavaan kelkkaan mittanauhan kohdalle lisätään mitan lukupää tai suurentava lasi, jossa on poikkiviiva mitoituksen paikoitukseen. Mittanauha on edullinen ja helppo ratkaisu kelkan paikoitukseen. Kuva 6 on esitetty Profican Oy:n myymä mittanauha, jonka saa maksimipituudeltaan 3000 mm pitkänä. Huonona puolena mittanauhassa on mahdollista asettaa epähuomiossa vaste väärään mittaan.



Kuva 6. Mittanauha (Profican Oy 2022a)

Digitaalisia mittalaitteita löytyi muutama erilainen maksimi pituuden vaihdellessa 300 millimetristä useisiin kymmeneen metriin. Vaihtoehtoina oli mittatikkutyyppejä mittalaitteita ja magneettinauhasta paikoitustiedon lukeva mittalaite. Kuva 7. Digitaalinen mittasauva (Utec Oy 2022) on esitetty maksimissaan 500 mm pitkä mittatikkutyylinen mittalaite, vaihtoehtona tämä on edullinen, mutta mitan maksimipituuden vuoksi tähän tarkoitukseen sopimaton.



Kuva 7. Digitaalinen mittasauva (Utec Oy 2022)

Magneettinauhasta anturilla lukeva mitta digitaalisella näytöllä on hieman kalliimpi vaihtoehto mittalaitteeksi, mutta mittalaitteen pituus on mahdollista räätälöidä jopa 30 metrin mittaan saakka. Mittalaite on mahdollista saada $\pm 0,01$ mm:n tarkkuudella ja laite on helppo asentaa, magneettinauha liimataan kiinni ja anturille kiinnitetään ruuveille mitattavaan esineeseen lähelle magneettinauhaa. Kuva 8. Giwi Misure merkinen mittalaite (Linna Trade Oy 2022)



Kuva 8. Giwi Misure merkinen mittalaite (Linna Trade Oy 2022)

Mitta- ja paikoitustietoja voidaan saada myös servomoottoreilla tai pulssiantureilla, mutta nämä vaativat logiikan lisäämisen. Servomoottorilla voisi toteuttaa

liikkeet liikkuvan vasteen liikkeen ja samalla saada paikoituksen selville. Pulssi-anturin lisääminen vasteeseen vaatisi jonkinlaisen hinnan tai hammastuksen, joka pyörittää pulssi-anturia sitä mukaan, kun vastetta liikutetaan. Logiikka lukee anturilta tulevaa tietoa ja aina logiikan uudelleen käynnistäessä täytyisi suorittaa referenssiajon, jolloin logiikka tietää missä sijainnissa vaste sijaitsee. Kumpikin näistä edellä mainituista vaihtoehdoista vaatisi logiikan lisäämisen, jonka vuoksi kustannukset ovat paljon suuremmat kuin muilla mittalaitteilla. (OEM Finland Oy 2022.)

5.3.3 Lineaarijohde

Reunimmaisista vasteista liikutetaan joka kerta eri kohtaan, kun profiilin mitta muuttuu valmistettavassa ovessa. Jotta vaste saadaan liikkumaan sujuvasti ja kevyesti, vasteen olisi hyvä olla kiinni jonkinlaisessa kelkassa tai laakerissa. Markkinoilta löytyy jonkin verran erilaisia vastepöytäratkaisuja tai vaihtoehtoisesti lineaarisia kelkkoja tai laakereita.

Stope merkkinen elektroninen mittavaste liikuttaa vastetta moottorin avulla oikeaan paikkaan sen mukaan, mitä käyttäjä kirjoittaa käyttöpaneelin kautta. Stopen mittavasteessa on nopeus noin 30 m/minuutissa ja tarkkuus 0,2 mm, vastepöytää on saatavilla 1000 mm:n – 7000 mm:n pituudessa. Stopessa vaste liikkuu ainoastaan lineaarisesti sivusuunnassa, jolloin vastetta ei voida nostaa ylös pois edestä muita vasteita käytettäessä. Kuva 9 on esitetty yksi saataville oleva malli Stopen mittavasteesta. (Stope 2022.)



Kuva 9. Stope elektroninen mittavaste (Stope Oy 2022)

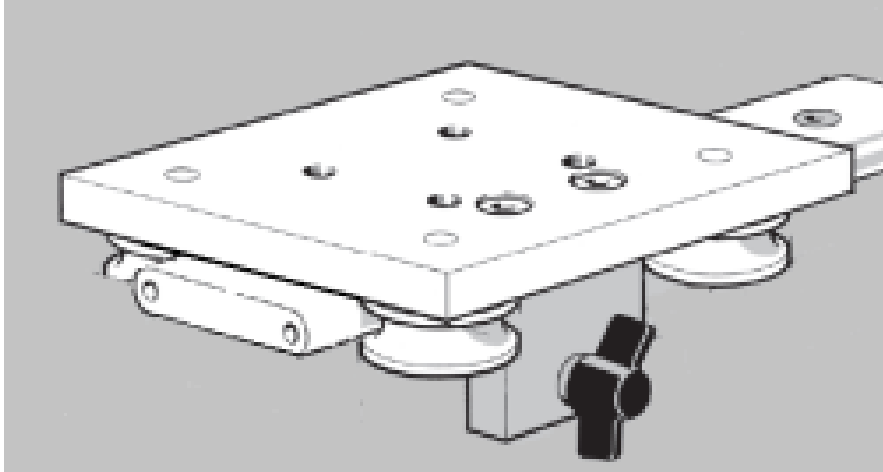
Bernardo Is 3 digitaalinen mittavaste on tarkoitettu erilaisten rullaratojen kylkeen kiinnitettäväksi. Vaste on käsin liikutettava ja mittalaitteen tekniikka perustuu magneettinauhaan ja lukuanturiin. Vasteen mittatarkkuus on $\pm 0,1$ mm/m ja vaste

on saatavilla 3000 mm:n pituuteen saakka (Bernardo 2022). Vaste on myös mahdollista kääntää ylös, jolloin se ei ole profiilin edessä, mikäli pitää saada profiili vastetta pidemmälle. Kuva 10 on mittavaste liitettynä rullarataan (Bernardo 2018).



Kuva 10. Bernardo Is 3 mittavaste rullaradassa kiinni. (Bernardo 2018)

Liikerata voidaan toteuttaa lineaarisella vaunulla, joka kulkee alumiiniprofiilia myöten ja jossa johde voidaan kiinnittää mittalaitteen runkoon pulttikiinnityksellä ja kelkka kulkee johdetta pitkin. Norcan profiilijärjestelmällä on Kuva 11 näkyvä lineaarinen vaunu tarjolla. Vaunussa on valmiina ruuvilukitusvarustus, sekä välyksen poisto tapahtuu epäkeskoakselia säätämällä. Vaunu on helppo asentaa sekä riittävän tarkka ja sisältää lukituksen, mutta vaunu nousee korkealle.



Kuva 11. Lineaarinen vaunu (Profican Oy 2022b)

Lineaarinen kuulajohdesarja sisältää teräsjohteen sekä laakeriyksikön. Yleinen käyttökohde on erilaiset työstökoneet ja automaatiolinjastojen lineaariliikkeiden johteina. Ominaisuuksiltaan kuulajohdesarja on erittäin tarkka ja kestää erilaisia voimia hyvin. Esimerkiksi HGH20CA laakeriyksikkö kestää dynaamista voimaa 27,1kN ja staattista momenttia 0,2kN/m-0,27kN/m. Lineaarinen kuulajohde on mahdollista saada mittalaite integroituna. Mittalaite toimii magneettinauhan ja anturin avulla, johteeseen on jyrstetty ura magneettinauhaa vasten ja anturi tulee kiinnitetyksi laakeriyksikköön. Kuva 12 on malli, johon saa kahdenlaista magneettinauhaa. Suurin ero näiden nauhojen välillä on mittatarkkuus. 1 mm:n jaksolla olevalla nauhalla päästään 1 μ m:n tarkkuuteen kun 5 mm:n magneettijaksolla päästään 10 μ m:n tarkkuuteen. (Movetec Oy 2022).



Kuva 12. Hiwin lineaarijohde mittalaitteella. (Movetec Oy 2022)

5.3.4 Virheiden minimointi

Epäkeskopuristimella tapahtuu muutamia erilaisia inhimillisiä virheitä: käyttäjä siirtää reunimmaisen vasteen väärään kohtaan, jolloin profiilin keskimäinen saranatyöstö on virheellisessä kohdassa. Käyttäjä tekee profiiliin väärän käden saranatyöstön. Esimerkiksi oikeakätisessä ovenssa on saranat oven oikealla puolella, mutta valmistusvaiheessa ovilehtialumiini tehdään oikeanpuolimmaisilla vasteilla ja karmi alumiini vasemmanpuolimmaisilla vasteilla. Suurin osa virheistä tapahtuu, kun kätisyydet menevät sekaisin.

Digitaalinen mitta poistaisi suurimman osan mittauksiin liittyvistä virheistä. Koska näytöltä on helpompi katsoa oikea luku kuin mittanauhamaisesta mitasta. Kätisyyden virheisiin voisi lisätä automatiikka, jolloin tiettyä nappia painamalla nousisi oikeat vasteet ylös. Automatiikka voisi olla pneumatiikkaa tai logiikalla eli elektronisesti toimivaa.

6 TOTEUTUS

Ennen osapiirustuksien tekoa täytyy valita parhaimmat vaihtoehdot eri standardituotteille, joita käyttämällä saadaan rakennettua kokoonpanosta vaatimuksien mukainen edullisesti. Markkinoilta ei löydy sopivaa pöytään valmista mittavasetta, jota olisi helppo jalostaa epäkeskopuristimen käyttöön, jonka vuoksi vasteet täytyy suunnitella uudestaan.

Alkuperäisesti runkona toimii 45 x 90 mm:n alumiiniprofiili, johon on kiinnitetty osat ruuvi kiinnitteisesti. Runko on täysin ehjä ja siihen on helppo suunnitella uudet mittalaitteet ja vasteet, joten runko päätettiin jättää paikalleen. Mallien suunnittelu aloitetaan mallintamalla epäkeskopuristimen pöytä, vasteisiin vaikuttavat osat ja mittapöydän alumiiniprofiilit

Epäkeskopuristimen ja työkalun välinen välys täytyy minimoida, välys näissä työkalusta riippuen vaihtelee 0,5 mm:n ja 1 mm:n välillä. Koska jokaisessa on hieman erilainen välys, tehdään jokaiseen työkaluun pienet hitsaukset, joiden tarkoitus on lisätä materiaalia välyksen poistoa varten. Hitsit viilataan ja hiotaan niin, että välys on noin 0,2–0,3 mm, jolloin välys on riittävä työkalun paikalleen laittamiseksi.

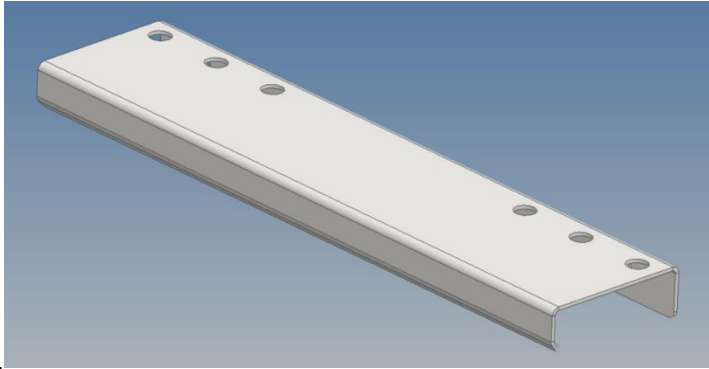
6.1 Komponenttivalinnat

Vasteiden ylös ja alas liikuttamiseen valittiin pneumatiikalla toimivat toimilaitteet. Epäkeskopuristin toimii osittain pneumatiikan avulla, joten pneumatiikka on helposti otettavissa vierestä sekä linjastossa on aina paine, kun konetta käytetään. Vaihtoehtona tälle olisi ollut solenoidilla toteutetut liikkeet. Liikkuvien reunavasteiden lukitus tulee toimimaan pneumatiikkasynterillä voimakkaamman voiman vuoksi, jolloin muidenkin osien liikkeet ovat luontevaa suunnitella pneumaattisesti toimiviksi.

Vasteiden toimintaa ohjataan käsikäyttöisillä viputoimisilla suuntaventtiileillä, joille suunnitellaan Kuva 13 näkyvä käyttöpöytä puristimen edustalle, jotta vasteita voidaan ohjata helposti ja nopeasti. Venttiileiksi valittiin käsiohjattu 5/2-suuntaventtiili eli käsivipuventtiili 5/2 1/8 90 VIPU/VIPU, jossa 5/2 tarkoittaa viisi letkuliitäntää ja kaksi erilaista asentoa venttiilillä. 1/8 tarkoittaa letkuliitinten kokoa, 90

tarkoittaa, että käyttövipu on 90 asteen kulmassa venttiiliin nähden sekä vipu/vipu tarkoittaa, että venttiili jää siihen asentoon johon vivun kääntää.

Käsi­käyttöiset hallintaelimet sijoitetaan niin, että ne ovat käyttäjän käytettävissä normaalissa työskentelyasennossa. Käyttäjän ei tarvitse tehdä isoja liikkeitä käyttä­kseen ohjaimia, eivätkä ne haittaa muuta työskentelyä eikä altista vaaroille (SFS-EN ISO 4414 2014. 36.)



Kuva 13. Suuntaventtiilien käyttöpöytä.

Reunimmaisten vasteiden lineaarinen liike piti saada välyksettömäksi ja helposti liikutettavaksi. Vaihtoehtoina oli muutama erilainen markkinoilta löytyvä valmis vastepaketti, mutta näiden liittäminen koneeseen on haastava profiilin korkeuden vuoksi sekä keskimmäiset vasteet täytyisi saada myös kiinni runkoon. 45 x 90 mm:n kokoiseen profiiliin oli saatavilla Kuva 11 mukainen kelkka, joka olisi toiminut muuten, mutta vaunun korkein kohta sijoittui liian korkealle, jolloin työstettävä profiili olisi osunut kelkkaan viimeisiä työstöjä tehtäessä.

Linearijohde saadaan helposti kiinnitettyä profiilin sivuun, jolloin korkeus ei muodostu ongelmaksi Laakeripukissa on ruuvien reiät valmiiksi, jotta siihen saadaan kiinnitettyä vasteen runko.

Mittalaitteiksi valikoitui kiinteästi kiinnitettävä mittanauhamainen mitta, josta saadaan mitoitettua keskimmäiset vasteet oikeaan kohtaan. Mittanauha toimii myös varamittana, mikäli digitaalinen mitta hajoaa jostain syystä, eikä sitä voisi enää hyödyntää. Digitaaliseksi mitaksi valikoitui Kuva 12 mukainen Hiwin linearijoh­teeseen integroitu mittalaite. Tämä mitta toimii paristoilla, jolloin ei tarvitse erikseen ulkoisia virtalähteitä eikä ylimääräisiä logiikka laitteita. Magneettinauha on

johteeseen jyrstetty, joten se on hyvin suojassa. Magneettinauhaksi tähän valikoitui 5 mm:n jaksolla oleva, jolla saavutetaan 0,1 mm:n tarkkuus.

Vasteet liikkuvat x-akselin ympäri pöytään nähden, jonka vuoksi vaste tarvitsee nivelen. Erilaisia vaihtoehtoja niveleksi ovat laippamallinen laakeriyksikkö, painelaakereiden hyödyntäminen vasteissa, pneumaattinen kääntöyksikkö tai kaupallinen nivel. Keskimmäiset vasteet sijaitsevat epäkeskopuristimen pöydän kohdalla, jolloin tilan käyttö tulee ongelmaksi laippamallisen laakeriyksikön, kääntöyksikön ja kaupallisten nivelten kanssa.

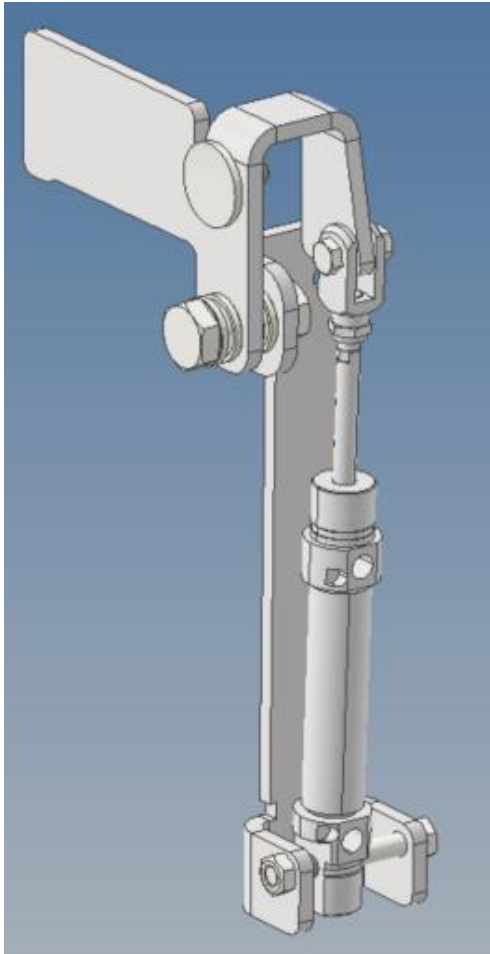
Valinnaksi muodostui painelaakerit niiden edullisuuden vuoksi ja siksi, että vasteet voidaan suunnitella niiden ympärille eikä tilankäytöstä tule ongelmia. Pöydän runkoon suunniteltiin kiinnike, johon kiinnitetään vaste pulttiliitoksella. Kiinnikkeen ja vasteen väliin laitetaan 10x24x9 kokoinen painelaakeri. Myös vasteen ja pultin väliin tulee laakeri. Laakerointi mahdollistaa pulttiliitoksen kiristämisen riittävään tiukkuuteen, jolla saavutetaan välyksetön vaste ilman liikkeen takertelua.

6.2 Keskimmäiset vasteet

Keskimmäiset vasteet suunniteltiin 6 mm vahvasta s355 teräksestä, johon kantataan olake. Olakkeeseen kiinnitetään pneumatiikkasynterinin haarukkakiinnike. Liikerata vasteilla on noin 110 astetta, jotta vasteet saadaan riittävän kauas työstettävästä profiilista, kun vaste ohitetaan. Käyttösynteriksi tähän valikoitui kaksitoiminen 20x50 mini ISO6432 synteri.

Vasteen suunnittelun ja synteri valinnan jälkeen suunnitellaan vasteen kiinnike loppuun niin, että synteri saadaan siihen kiinni alapäästä. Kiinnike on 6 mm vahvaa s355 terästä, johon on kantattu olakkeet. Kiinnike tulee kahdella M8 pultilla kiinni alumiiniprofiiliin.

Näistä osista saadaan muodostettua keskimmäisten vasteiden kokoonpanot, joka havaitaan Kuva 14. Vasteeseen on myös suunniteltu offsetpala, jolla saadaan aikaiseksi tarvittava 5,5 mm:n ero. Ovilehden saranatyöstöt täytyy tehdä offsetpalaa käyttämällä, kun taas karmissa käytetään vain vastepintaa.



Kuva 14. Kiinteä vastekokoonpano

Kuva 14 on oikeanpuoleisen vasteen kokoonpano. Vasemmalle puolelle tulee myös samanlaiset vasteet mutta peilikuvana oikeanpuoleisesta. Tämä saatiin tehtyä Autodesk Inventorista löytyvällä Mirror-toiminnolla, jolla voidaan peilata yksi osa tai koko kokoonpano jonkin ennalta määrätyn pinnan suhteen.

6.3 Reunavasteet

Reunimmaisille vasteille on muutama vaatimus: vaste täytyy saada liikutettua mahdollisimman lähelle nolapistettä, lukitus ja vasteen ylös- ja alasajo toimii paineilmatoisesti, sekä sen täytyy olla helposti liikutettavissa ainakin toisen vasteen yli erikoistapauksia vasten.

Koska keskimmäiset vasteet ovat kiinteitä eikä niitä ole tarkoitus irrottaa jatkuvasti, niiden täytyy sijaita hieman kauempana kuin itse kelkka, koska kelkan liike loppuu toiseen vasteeseen kohdatessa. Vasteeseen suunnitellaan offset-

kierretanko. Vasteen sijaintia on hyvä voida hienosäätää tarvittaessa, tanko tehtiin M14-kierre tangosta, josta jyrsitään 2 mm kierrettä pois. Lovi estää vasteen pyörähtämisen itse vasteen rungossa, kun vasteen rungossa on muotoon leikattu reikä.

Kuulalaakerikelkan ja lukituksen välinen runko on 6 mm vahvaa s355 terästä ja vasteen linkku rungot ovat 3 mm:stä s355 terästä. Vasteen lukitusta varten runkoon on tehty reiät sylinteriä varten. Sylinteriksi valittiin 32x10 kompaktisylinteri, sylinterillä saadaan aikaan 484N vetovoima 7 barin paineella, kun lasketaan kaavalla 3.

$$F = \pi * p \frac{d_m^2 - d_v^2}{4} \quad (3)$$

missä

F	on	Voima [N]
p	on	Paine [pa]
d_m^2	on	Sylinterin männän halkaisija[m]
d_v^2	on	Männän varren halkaisija [m]

Puristus voiman ollessa 483 newtonia vaste vaatisi 294 newtonin voiman, jotta vaste lähtisi liikkumaan, kun huomioidaan kappaleiden lepokitkakerroin, joka on 0,61 (engineering library 2022). Liikkeeseen vaadittava voima saadaan laskettua kaavalla 4. Kilogrammoina voima vastaisi 30 kilogramman työntöä.

$$F_l = F_g * \mu \quad (4)$$

missä

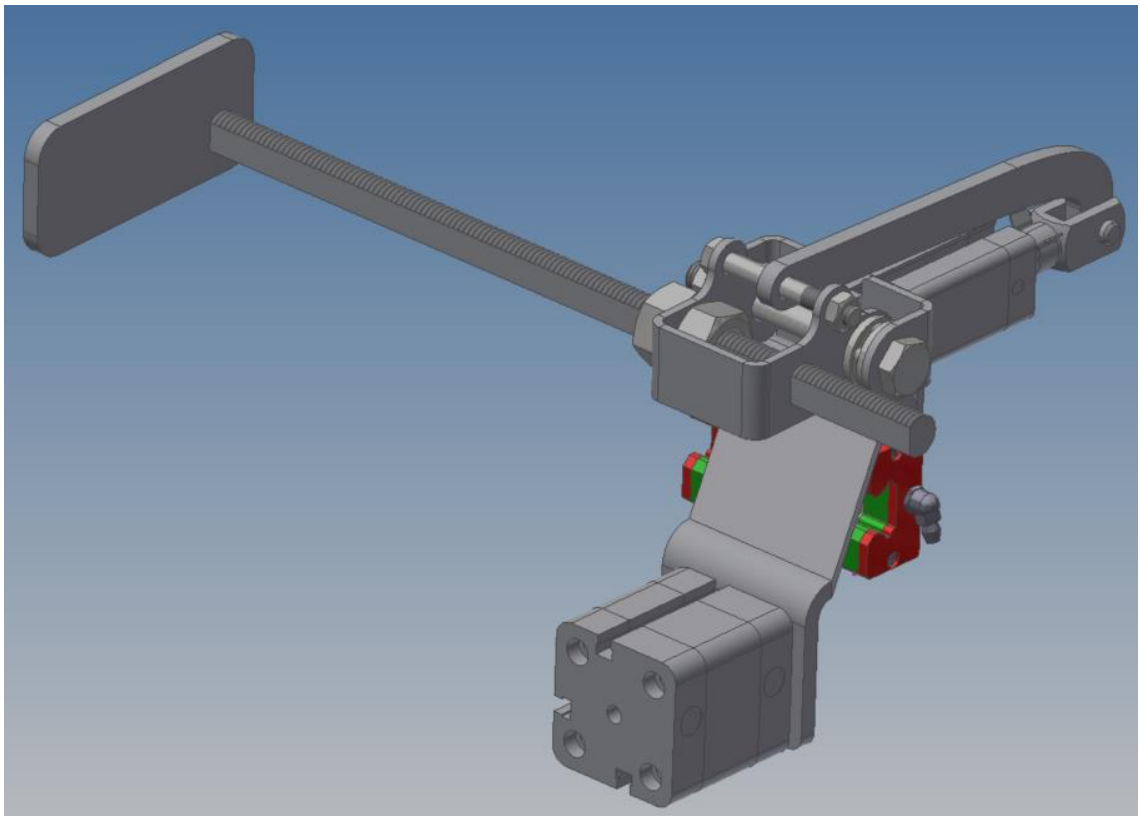
F_l	on	Liikkeeseen vaadittava voima [N]
F_g	on	puristus voima [N]
μ	on	Lepokitkakerroin

Vasteen kääntömekanismi on toteutettu kolmesta eri osasta: runko-osa, joka tulee laakerikelkkaan kiinni, toinen runko-osa johon vasteen offset-kierretanko

kiinnittyy ja itse runko kiinnittyy toiseen runkoon pulttikiinnityksellä, niin, että runkojen väliin tulee painelaakerit, mahdollistaen välyksettömän ja sujuvan liikkeen. Kolmas osa on linkun ja sylinterin välinen tanko.

Tilankäytön vuoksi sylinteriksi piti valita mahdollisimman lyhytiskuinen 16–30 2-toiminen kompaktisylinteri ja se piti sijoittaa osoittamaan taaksepäin horisontaalisessa asennossa. Digitaalimitan nollaamisen vuoksi vaste pitää pystyä liikuttamaan lähes kokonaan kiinni epäkeskopuristimen runkoon, minkä vuoksi tilankäyttö pitää ottaa huomioon.

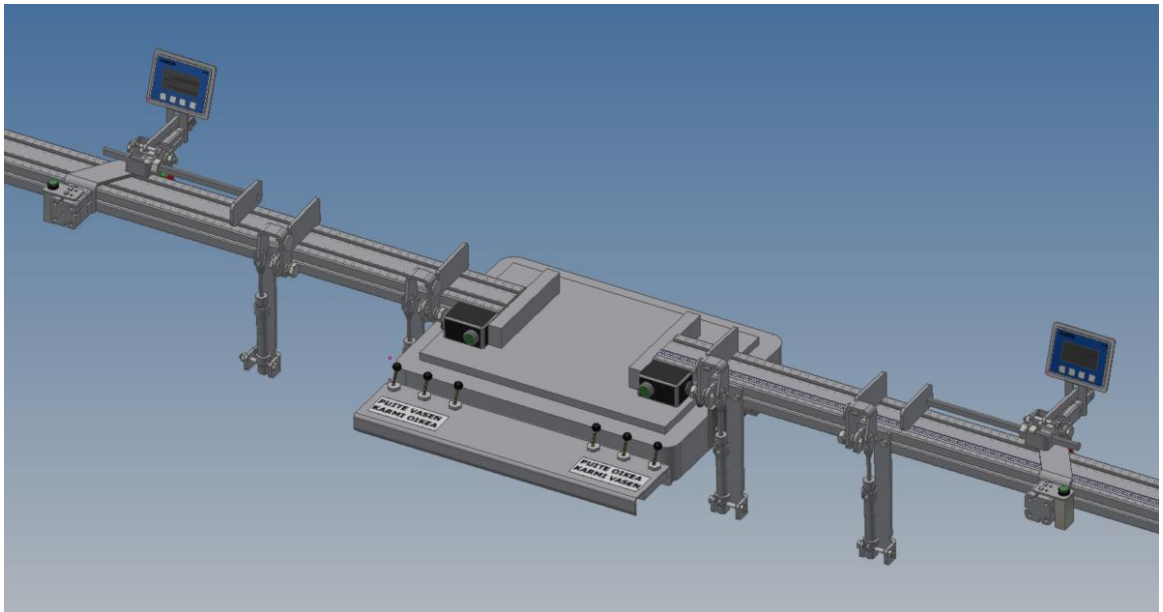
Kun kaikki osat kasataan kokoonpanoksi, saadaan Kuva 15 mukainen vastekokoonpano. Kyseinen vaste on oikeanpuoleiselle pöydälle. Vasemmalle puolelle saadaan kokoonpano, kun peilataan ainoastaan sylinterin ja laakerin välinen runko osa.



Kuva 15. Liikkuvan pään vaste.

6.4 Kokoonpano

Osakokoonpanoista kootaan pääkokoonpano, josta voidaan helposti havainnoida, että kaikki osat ovat oikeanlaiset ja niiden pitäisi toimia suunnitelmien mukaisesti. Liikkeiden täytyy olla riittävät, jotta työstettävä profiili ei törmää vasteisiin silloin kun ne ovat yläasennossa. Kuva 16 on suunniteltu kokoonpano.



Kuva 16. Pääkokoonpano

Kaikki levystä valmistettavat osat ovat suunniteltu niin, että ne leikkautetaan laserleikkauslaitteella levityskuvien mukaisesti ja kantataan piirustuskuvien mukaisesti. Kun osat ovat kantattu muotoon, menevät ne seuraavana sähkösinkitykseen, jotta ne saavat kestävä pinnoitteen. Maalaus olisi toiminut kaikissa muissa osissa paitsi vasteosissa, johon kohdistuu jatkuvasti rasitusta profiilin osuessa vasteeseen, minkä vuoksi päätettiin viedä sähkösinkitykseen kaikki osat.

6.5 Pneumatiikka ja työturvallisuus

Pneumatiikka on sähkö- tai polttomoottorin kehittämää pneumaattista energiaa eli paineilmaa. Paineilma kehitetään kompressorin avulla ja säilötään painesäiliöön, josta sitä viedään eteenpäin putkia tai letkuja pitkin. Pneumatiikkaa voidaan käyttää sylintereissä, joilla saadaan aikaiseksi esimerkiksi nostoliikkeitä tai

kiinnittymisiä, pyörivien liikkeiden aikaan saamista, esimerkiksi paineilmapora tai hiomakoneen käyttö. Paineilmaa voidaan käyttää myös suoraan sellaisenaan esimerkiksi hiekkapuhalluksessa tai maalauksessa. (Keinänen & kärkkäinen 2004, 258)

Pneumatiikka laitteita, kuten esimerkiksi sylinteriä voidaan liikuttaa edestakaisin suuntaventtiileillä ja niiden käyttöä ohjataan mekaanisesti, sähköisesti tai pneumaattisesti. Toimilaitteen nopeutta säädellään vastusvastaventtiilillä, joka kuristaa toimilaitteesta poistuvaa ilmaa. Sylintereiden vauhti pysyy vakiona, vaikka sitä rasitetaan raskaammalla kuormalla. Voimaa säädetään paineensäätöventtiileillä tarpeen mukaan, lähtökohtaisesti niin pienellä paineella kuin mahdollista.

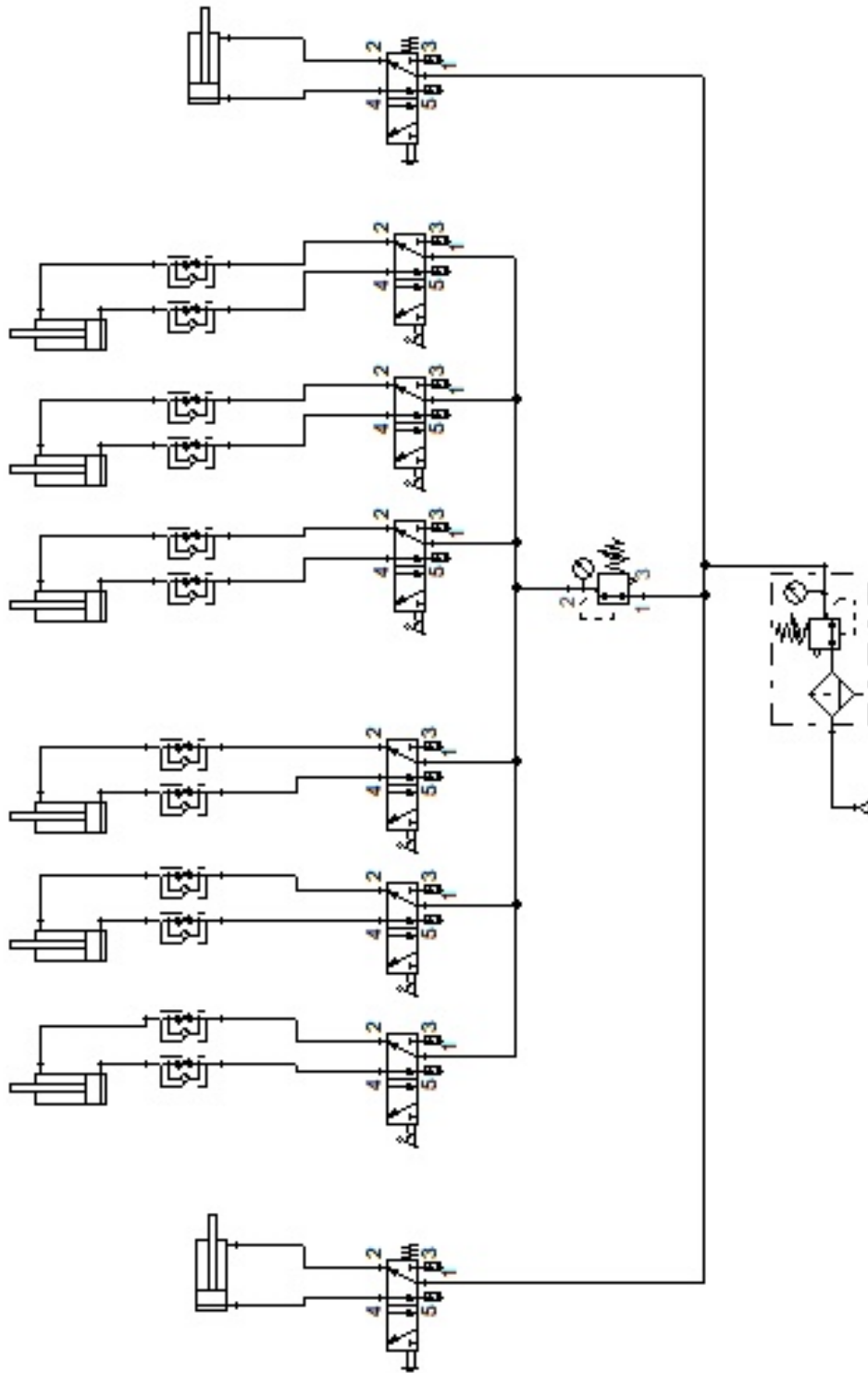
Vasteiden ohjaukseen valittiin käsikäyttöiset viputoimiset suuntaventtiilit, koska venttiilit olivat helposti sijoitettavissa epäkeskopuristimen edustalle, minkä vuoksi sähkökäyttöistä tai pneumaattisia venttiileitä ei ollut syytä käyttää.

Kaikki sylinterit ovat toimintatavaltaan samantyyllisiä, yksivartisia ja kaksitoimisia, eli sylinterit voidaan ajaa ulos ja sisään paineilmalla. Sylinteri valinnat tehtiin fyysisen koon ja iskupituuden perusteella. Voimaa sylintereiltä ei vaadita paljoa, koska vasteet ovat laakeroituja eikä niissä ole suuria massoja. Suurinta voimaa tarvitsee reunimmaisten vasteiden lukitukseen, johon valittiin 32 mm männällä oleva sylinteri. Sylinterillä saavutetaan 483N voima 7 barin paineella.

Epäkeskopuristin tarvitsee paineilmaa toimiakseen, joten paineilma saadaan samasta linjasta. Pneumatiikkajärjestelmä on voitava eristää tarvittaessa energia lähteestä (SFS-EN ISO 4414 2014, 16). Epäkeskopuristimen paineilmalinjastossa on sulkuventtiili sekä paineensäädin. Järjestelmä liitetään näiden jälkeiseen letkuun, jolloin vaatimus täyttyy.

Linjan ensimmäinen osa on kolmella liitännällä oleva jakotukki, jonka liittimestä paine menee suoraan reunavasteiden lukitusta ohjaavalle suuntaventtiilille ja siitä sylintereille. Jäljelle jäävästä linjasta paine viedään kuusi lähtöiselle jakotukille, mutta välille sijoitetaan paineensäätöventtiili. Tukilta letkut menevät käsikäyttöisille suuntaventtiileille. Jokaisesta suuntaventtiilistä lähtee kaksi letkua kutakin sylinteriä kohden ja sylintereillä on vastusvastaventtiilit, johon liitetään letkut.

Epäkeskopuristimen pneumatiikkakytkennät esitetään Kuva 17 on pneumatiikka-
kaavio.



Kuva 17. Pneumatiikkakaavio

7 POHDINTA

Opinnäytetyön aiheena oli kehittää Aluteräs Oy:n tehtaalla olevaa epäkeskopuristimen mittavastepöytää. Mittapöydän keskeisimmät ongelmat olivat vasteiden epätarkkuus, luotto mittavarmuuteen sekä vasteiden manuaalinen ohjaaminen. Mittaepätarkkuuden johdosta koneen säätämiseen kului turhaa aikaa. Vasteiden käsin ohjaaminen aiheuttaa käyttäjälle ylimääräistä kurottelua sekä virheellisiä työstöjä huonojen ohjeiden vuoksi.

Opinnäytetyössä tutkittiin erilaisia valmiita vastepöytiä, joita olisi voinut hyödyntää uuden pöydän suunnittelussa, mutta sopivaa pöytää ei ollut tarjolla. Tämän vuoksi päätettiin suunnitella vasteet uudestaan ja sisällyttää reunimmaiseen liikkuvaan vasteeseen digitaalimitta. Vasteet suunniteltiin niin, että ne ovat laakeroituja, jolloin niiden ohjaamiseen ei tarvita suurta voimaa ja niiden x- suuntainen vällys olisi minimaalinen.

Käyttäjää ajatellen vasteisiin lisättiin pneumatiikkasyliinterit, joita käyttäjä pystyy ohjaamaan vipukäyttöisillä suuntaventtiileillä istumapaikaltaan. Venttiileiden edustalle tulostetaan tarrat, joissa on selkeästi ohjeet mitkä vivut väännetään milloinkin, jolloin kätisyys virheet pitäisi pienentyä.

Opinnäytetyössä iso osa ajasta kului erilaisten komponenttien hakemiseen ja vertailuun. Erilaisia mittapöytiä ja mittalaitteita on markkinoilla todella paljon eri käyttötarkoitukseen. Myös pneumatiikkajärjestelmän komponenttien etsiminen ja soveltaminen vastepöytään työllisti paljon, koska yhdeltä toimittajalta ei saanut kaikkia osia kerralla.

Opinnäytetyössä onnistuttiin suunnittelemaan vastepöytä, jossa ratkaistiin keskeisimmät ongelmat. Komponenttien pitkien toimitusaikojen vuoksi tuotetta ei ehditty testaamaan opinnäytetyön aikataulun puitteissa, mutta osien saavuttua vastepöytä on tarkoitus kasata ja testata suunnitelmien mukaisesti. Työ oli mielenkiintoinen toteuttaa ja se opetti paljon uusia asioita mittaustekniikasta ja pneumatiikasta.

LÄHTEET

Aluteräs Oy. 2022. Aluteräs Oy. viitattu 26.4.2022. www.aluteräs.fi

Andersson, P. & Tikka, H. 1997. viitattu 25.4.2022. Mittaus- ja laatutekniikat. Helsinki: WSOY.

Bernardo. 2018. LS 3 mallille RB 10–3000. Viitattu 11.4.2022. <https://www.bernardo.at/fi/ls-3-fuer-rb-10-3000.html>

Engineering Library. 2022. Coefficient of Friction. Viitattu 18.4.2022. <https://engineeringlibrary.org/reference/coefficient-of-friction>

Jokinen, T. 2001. Viitattu 10.3.2022 Tuotekehitys. 6. korj. p. Helsinki: Otatieto.

Keinänen, T. & Kärkkäinen, P. 2004. Viitattu 25.4.2022. Konetekniikan perusteet. 2.–4. painos. Helsinki. WSOY

Linna Trade. 2022. Digitaaliset näyttölaitteet. Viitattu 10.4.2022. <https://linnatrade.fi/digitaaliset-nayttolaitteet-2/>

Movetec Oy. 2022. Kuulajohteet. Viitattu 11.4.2022. <https://movetec.fi/tuote/kuulajohteet/>

Mäkelä, M., Soininen, L., Tuomala, S., Öistämö, J. & Kulmala, M. 2005 Tekniikan kaavasto. 13. painos. Tampere: Amk-Kustannus Oy Tammertekniikka.

OEM Finland Oy. 2022. Pulssianturien teoriaa. Viitattu 10.4.2022 https://www.oem.fi/tuotteet/anturi/pulssianturit/inkrementtianturit_-426721/pulssianturien-teoriaa_-164972

Profican Oy. 2022a. Mittanauha 3m oikealle. Tuotteet. Viitattu 22.03.2022. <https://profican.fi/tuote/mittavasteet/mittanauha-3m-oikealle/>

Profican Oy.2022b. Nap57 vaunu 4-pyörä lukitsimella. Viitattu 11.4.2022. <https://profican.fi/tuote/lineaariakselien-osat/nap57-vaunu-4-pyora-lukitsimella/>

SFS-EN ISO 4414 2014 Pneumattinen tehonsiirto. Järjestelmiä sekä niiden komponentteja koskevat yleiset periaatteet ja turvallisuusvaatimukset. SFS: Helsinki.

Stope Oy. 2022. Tuotteemme. Viitattu 11.4.2022 <https://stope.fi/>

Utec Oy. 2022. Digitaalinen mittasauva 100-500 mm. Viitattu 22.03.2022. <https://koneita.com/fi/mittalaitteet/1526-digitaalinen-mittasauva-100-500-mm-vaaka.html>