



Puhallusmuovaussolun kehitysprojekti

Teemu Airaksinen

OPINNÄYTETYÖ
Kesäkuu 2022

Konetekniikan insinööri
Tuotantotekniikka ja teollisuustalous

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikan koulutusohjelma
Tuotantotekniikka ja teollisuustalous

AIRAKSINEN, TEEMU:
Puhallusmuovaussolun kehitysprojekti

Opinnäytetyö 41 sivua, joista liitteitä 10 sivua
Kesäkuu 2022

Opinnäytetyön tarkoituksena oli puhallusmuovauskonetta palvelevan robotisoidun solun layoutin suunnitteleminen olemassa olevan automatiikan rinnalle, sekä robotin alle tulevan korokepukin ja pneumatiikan avulla toimivan tarttujalaitteen suunnittelu. Opinnäytetyön tilaajana toimi Virtain Muovityö Oy.

Automatisoinnin tarkoituksena oli puhallusmuovauskoneen tahtiajan lyhentäminen sekä tahtiajan tasaaminen, joiden avulla laatuun vaikuttavat tekijät ovat paremmin säädettävissä ja hallittavissa. Lisäksi automatisointi mahdollistaa koneen jatkuvan käynnin ilman katkoja. Virtain Muovityö Oy on aiemminkin automatisoinut puhallusmuovaussoluja, ja niitä oli opinnäytetyön aikana käytössä kaksi kappaletta. Opinnäytetyön alkaessa Virtain Muovityölle oli juuri asennettu uusi puhallusmuovauskone, ja sitä palvelemaan tuleva robotti oli nostettu osittain turva-aidoitettuun puhallusmuovaussoluun.

Teoreettisissa tietoperustoissa on käsitelty layout-suunnittelua, standardeja ja pneumatiikan teoriaa. Opinnäytetyössä esitetään toimiva layout sekä muiden koneiden ja laitteiden suunnitteluprosessi ja niihin liittyviä yhdenmukaistettuja standardeja, jotka tuli suunnittelussa ottaa huomioon. Opinnäytetyön tuloksena saatiin aikaan toimiva layout, joka mahdollistaa katkeamattoman prosessin. Automatisoidun solun lisäksi tuloksena oli työssä suunniteltujen koneiden/osien valmistusohjeet ja piirustukset sekä näiden lujuuslaskelmat ja puhallusmuovaussolun riskiarvio.

Tulevaisuuden jatkokehitykseen kuuluvat pakkauksen automatisointi ja puhallusmuovaussolun käyttöohjeiden tekeminen.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Production and Industrial Economy Engineering

AIRAKSINEN, TEEMU:
Blow Molding Cell Development Project

Bachelor's thesis 41 pages, appendices 10 pages
June 2022

The purpose of this thesis was to design the layout of a robotic cell serving a blow molding machine, to design the platform that works under the robot, and a pneumatics gripper device. The thesis was commissioned by Virtain Muovityö Oy.

The purpose of the automation was to shorten the cycle time of the blow molding machine and to equalize the cycle time, through which the factors affecting the quality can be better adjusted and controlled. In addition, automation allows the machine to run continuously without interruptions. Virtain Muovityö Oy automated blow molding cells before and there were two of them in use during the thesis. At the beginning of the thesis, a new blow molding machine had just been installed on Virtain Muovityö Oy and the robot to serve it had been lifted in the partially safety-fenced blow molding cell.

Theoretical knowledge bases cover layout design, standards, and the theory of pneumatics. The thesis presents a functional layout and other machine and equipment design processes as well as related harmonized standards, which had to be considered in the design. The result of the thesis was to create a functional layout that enables an uninterrupted process. In addition to the automated cell, the result was the manufacturing instructions and drawings of the machines and parts designed for the work, as well as their strength calculations and the risk assessment of the blow molding cell.

Future developments include automating packaging and making instructions for the use of a blow molding cell.

Key words: layout, automatization, productivity

ALKUSANAT

Ensimmäisenä haluan kiittää Virtain Muovityö Oy:tä opinnäytetyömahdollisuudesta ja erikoisesti tuotantopäällikkö Erkki-Jussi Lahtista ja automaatio suunnittelija Jussi Somppia neuvoista ja vinkeistä opinnäytetyöhön liittyen.

TAMK:in henkilöstöstä kiitän Mikko Ukonahoa ja Juuso Huhtiniemeä opastuksesta hitsaussimuloinnin ihmeelliseen maailmaan ja viimeisenä mutta ei vähäisimpänä opinnäytetyön ohjaajaa Iina Niemistä lukemattomista neuvoista sekä kannustuksesta ja tsemppauksesta opinnäytetyön aikana. KIITOS!

Opinnäytetyö lähti käyntiin niin sanotusti hyppäämällä ”liikkuvaan junaan” ja vauhti oli kovaa. Tästä kuitenkin selvittiin hyvällä yhteistyöllä ja lukuisilla ajatusten vaihdoilla sekä paikan päällä Virroilla että Teamsin välityksellä etänä.

Opinnäytetyö oli hyvin mielenkiintoinen ja haastavakin useiden tekijälle uusien asioiden vaikutuksesta. Mieleenpainuvimpia olivat tuskastelut SolidWorks:lla tehtyjen hitsaussimulaatioiden ja opinnäytetyöraportin kanssa ilmenevä ”tyhjän paperin”- syndrooma. Näistä kuitenkin selvittiin edellä mainittujen henkilöiden avustuksella ja nyt pohdintaa kirjoittaessa tuntuu, että jotain jäi hatun alle tekijällekkin.

Onnistuneita automatisointiprojekteja tulevaisuudessakin Virtain Muovityölle.

7.6.2022

Teemu Airaksinen

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	OPINNÄYTETYÖN TAUSTAT JA ALOITUS	8
2.1	Automatisointiprosessin rakenne	8
2.2	Virtain Muovityö Oy	8
2.3	Puhallusmuovaus	9
2.4	Puhallusmuovaussolun lähtötilanne	10
3	LAITTEIDEN JA LAYOUTIN SUUNNITTELU	12
3.1	Koneasetus ja standardit	12
3.2	Layout suunnittelussa huomioitavat asiat	13
3.3	Layoutin suunnittelu	14
3.4	Korokepukki	15
3.4.1	Valmistukseen tarvittavat tiedot	16
3.4.2	Korokepukin koneistus ja lujuussimulointi	17
3.4.3	Korokepukin hitsaus	19
3.5	Repijätyökalu	20
3.5.1	Repijän lujuussimulointi ja hitsaus	21
3.5.2	Pneumatiikkasynterinin valinta	22
3.6	Runkorakenne	23
4	TULOKSET	25
4.1	Robottisulun layout ja soluun valmistetut osat	25
4.2	Riskien arviointi	27
5	POHDINTA	29
	LÄHTEET	30
	Liite 1. Standardit	32
	Liite 2. Riskienarviointi	35
	Liite 3. Korokepukin hitsauskuva	36
	Liite 4. Hitsausohje	37
	Liite 5. Synterikoon valintataulukko	39
	Liite 6. Repijän hitsauskuvat	40
	Liite 7. Rungon hitsauskuva	41

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella automatisoidun puhallusmuovaussolun layout, robotin korokepukki sekä pneumatiikalla toimiva repijätyökalu. Opinnäytetyön tilaajana toimi Virtain Muovityö Oy, joka valmistaa teknisiä muovituotteita puhallusmuovaus- ja ruiskuvalutekniikoita hyödyntäen.

Opinnäytetyön alkaessa puhallusmuovaussolun automatisointiprojekti oli jo käynnissä Virtain Muovityö Oy:ssa. Virtain Muovityössä ajatuksena oli, että puhallusmuovauskoneesta tulevan kappaleen jalostamisen ja jälkikäsittelyn automatisoinnilla saataisiin tahtiaika vakioitua ja tuotantokatkoksia vähennettyä. Automatisoinnin tavoitteena oli, että tulevaisuudessa koko tilattu kappalemäärä pystyttäisiin tekemään yhdellä kertaa ilman tuotantokatkoksia. Tämä vaatii, että puhallusmuovauskone voi olla käynnissä ympäri vuorokauden, pois lukien huoltoon kuluva aika. Vaikka tahtiajan nopeus on tärkeää, suurempana hyötynä katsottiin olevan tahtiajan vakioimisen mukanaan tuoma koneiden ja laitteiden, sekä materiaalin lämpötilavaihteluiden väheneminen, millä on suuri vaikutus puhallusmuovattujen kappaleen ulkomuotoon ja mitallisuuteen. Ennen projektia kappaleen jälkikäsittelystä ovat huolehtineet ihmiset kaksivuorotyönä, jolloin puhallusmuovauskone on ollut pysähdyksissä taukojen ja yövuorojen ajan, jolloin lämpötilat ovat muuttuneet koneissa ja laitteissa.

Opinnäytetyössä esitellään layoutsuunnittelun teoriaa ja perusteita sekä kerrotaan opinnäytetyön kulusta layoutsuunnittelun suhteen. Opinnäytetyössä käytettyjä yhdenmukaistettuja standardeja esitellään luvussa 3.1. Puhallusmuovaussolun automatisoinnilla pyrittiin pääsemään luvussa 3.2. esitettyyn jatkuvaan virtauksen periaatteisiin, joita ovat rajapintojen ja odotusaikojen vähentäminen, sekä muunneltavuus ja kerralla valmiiksi-periaate.

Luvussa 3.3 käsiteltävän layout-suunnittelun ensimmäinen tehtävä oli robotin lopusijotuspaikan valinta jo olemassa olevassa automaattiosolussa. Sijaintia suunnitellessa, simuloinnin ja sinne tulevien koneiden ja laitteiden sijoittelun yhteydessä kävi ilmi, että robotti olisi syytä asentaa lattiatasoa korkeammalle. Tästä syystä robotille suunniteltiin korokepukki. Korokepukin korkeuteen vaikutti ääri-

asentotilanne sekä mahdollisuus siirtää robotin asemointia hiukan irti puhallusmuovauskoneesta ja näin saada ulottumaa paremmaksi muuta solua ajatellen. Korokepukin suunnittelusta kerrotaan enemmän luvussa 3.4.

Lisäksi suunniteltiin liepeen poistoon tarkoitettu repijätyökalu. Repijän tuli olla kestävä, kevyt ja yksinkertainen valmistaa. Repijän valmistuksesta ja pneumaattikkasynterin valinnasta kerrotaan luvussa 3.5. Layout eli ja muokkaantui sitä mukaa, kun koneita lisättiin ja niitä kannatteleva teräsrunko muokkaantui. Runkorakenteen suunnittelusta kerrotaan enemmän luvussa 3.6.

2 OPINNÄYTETYÖN TAUSTAT JA ALOITUS

2.1 Automatisointiprosessin rakenne

Automaation tarkoituksena on yleisesti muun muassa tuotannon tehostaminen, joustavuus, palkkakustannuksien ja tilantarpeen vähentäminen sekä varaston ja tuotannon optimointi (Haapakoski 2021). Automatisointi parantaa tuotteen laatua ja yhdenmukaisuutta, kun manuaalinen työ ja inhimillisten virheiden määrä vähenee.

Automatisointiprosessiin kuuluu suunnittelu- ja toteutusvaihe. Suunnitteluvaihe voidaan jaotella kahteen määrittelyvaiheeseen. Esisuunnittelu, jossa tehdään järjestelmän käyttäjävaatimukset, alustava kelpuutussuunnitelma sekä arvioidaan hyödyt ja kustannukset investointipäätöksen tekemistä varten. (Haapakoski 2021).

Perussuunnittelussa kuvataan toiminnot sopimusta, tarkempaa toteutusta ja suunnittelua varten. Suunnitteluvaiheen lopuksi tarkennetaan aineistot järjestelmän toteutusta varten, jossa päätehtäviä ovat testaus-, toteutus- ja järjestelmäsuunnittelu (Haapakoski 2021).

Toteutusvaiheessa toimittaja valmistaa, kokoaa ja testaa järjestelmän. Tehdas-testien tultua hyväksytyksi päästään toimituslupa vaiheeseen, jossa asiakas ja toimittaja toteavat järjestelmän olevan valmis. (Haapakoski 2021)

Osana automatisointiprosessia opinnäytetyöhön kuului esisuunnittelua, perussuunnittelua ja hyväksymis- vaihetta.

2.2 Virtain Muovityö Oy

Virtain Muovityö Oy tuottaa sekä itse suunniteltuja että valmistussopimuksen mukaisesti ennalta suunniteltuja teknisiä muovituotteita. Virtain Muovityö Oy työllistää noin 20 henkilöä ja liikevaihto oli vuonna 2021 n. 2,7milj euroa. Virtain Muovityö Oy:n tuotantotilat sijaitsevat Virroilla. (Suomen Asiakastieto Oy n.d.).

Virtain Muovityö Oy:n palveluihin kuuluvat ruiskuvalu, tekninen puhallusmuovaus, insertit ja näiden yhdistelmät, protomallit, testaus, muottityökalut ja jigrit. Lisäksi palveluun kuuluu tarvittavien muiden osien hankinta, kokoonpanovaiheet, laadunvarmistus ja testaus, varastointi ja varaosat. Nämä kuuluvat kaikki osana muovituotteiden suunnitteluun ja tuotekehitykseen. Raaka-aineina käytetään valtamuovia, erilaisia teknisiä muoveja ja elastomeerejä. (AMT.fi. n.d.)

2.3 Puhallusmuovaus

Puhallusmuovaus on tehokas ja nopea tuotantomenetelmä onttojen ja ohutseinämäisten kestumuvituotteiden tekoon. Tuotteet ovat säiliömäisiä ja saumattomia. Puhallusmuovaustekniikka mahdollistaa myös ilmanohjaukseen tarkoitettujen monimuotoisten putkistorakenteiden ja kanavistojen valmistamisen. Yleisimpiä puhallusmuovaustekniikalla tehtäviä tuotteita ovat säiliömäiset kestumuvituotteet, vaativat tekniset muovikomponentit, pitkät ja suurikokoiset kanavat (ilmanohjaus) ja ontelomaiset rakenteet 0,2–400 l (Vmtplastic.n.d.).

Puhallusmuovausmenetelmässä lämmitetty putkimainen aihio suljetaan muottien sisään ja samalla aihion sisään puhalletaan ilmaa, jolloin aihio muotoutuu muottiontelon muotoiseksi. Kappaleeseen jää muottien yhteen puristumisen yhteydessä niin sanottu kuvassa 1 punaisella nuolella osoitettu lieve, joka täytyy myöhemmin poistaa jälkikäsittelyssä. Ennen muottien avaamista saksityyppinen tarttuja/leikkuri katkaisee aihion ja muottien avauduttua robotti käy hakemassa kappaleen jälkikäsittelyyn.



KUVA 1 Liepeellinen tuote

2.4 Puhallusmuovaussolun lähtötilanne

Opinnäytetyön käynnistyessä oli Virtain Muovityö Oy:lle juuri asennettu uusi *Full Shine Plastic Machinery*:n valmistama *FS-100(ISSO)* -puhallusmuovauskone (kuva 2). Koneen ulkomitat ovat 6,25 m x 2,2 m x 5,5 m.



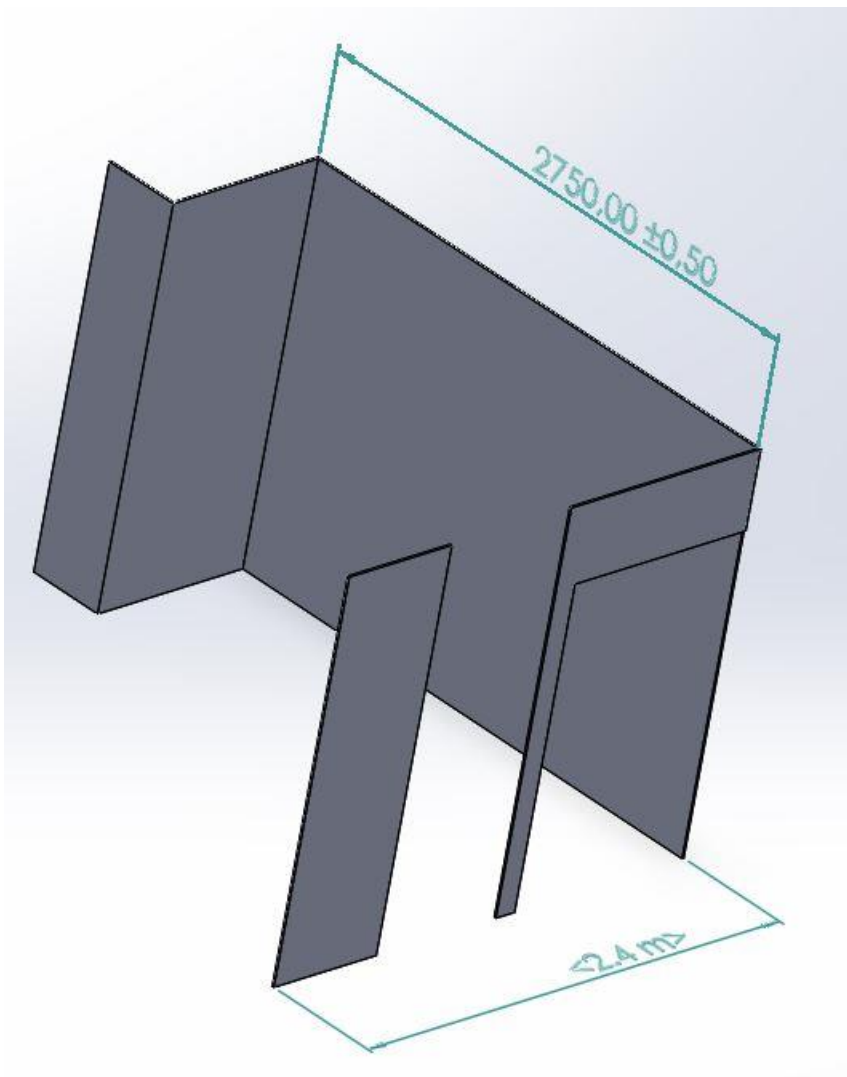
KUVA 2 Puhallusmuovauskone FS-100

Puhallusmuovauskoneen palvelemisesta vastuun oli ottamassa kuvassa 3 näkyvä ABB AB:n valmistama IRB 4600-60/2.05 kiertyvänivelinen robotti, jonka taa-kankäsittelykyky on 60 kg. Robotin tarkoituksena oli korvata ihmisen työpanos kappaleen jatkokäsittelyssä ja kappaleen ohjauksessa seuraavaa työvaihetta varten.



KUVA 3 IRB 4600-60/2.05 (IRB 4600, s1)

Puhallusmuovaussolu oli jo lähtötilanteessa rajattu turva-aidolla kahdelta sivulta ja tällä oli vaikutusta layout -suunnitteluun. Kuvassa 4 on näkyvillä robottisolun lähtötilanne aluekooltaan 2,4 m x 2,75 m.



KUVA 4 Solun lähtötilanne

3 LAITTEIDEN JA LAYOUTIN SUUNNITTELU

3.1 Koneasetus ja standardit

Opinnäytetyössä suunniteltujen koneiden ja koneyhdistelmien turvallisuutta määrittelee Koneasetus 400/2008. Koneasetus määrittelee koneiden ja laitteiden suunnitteluun vaikuttavat terveys- ja turvallisuusvaatimukset. Koneen turvallisen käytön takaamiseksi, koneen valmistajan on suoritettava riskien arviointia ottaen huomioon kaikki ennakoitavissa olevat terveys- ja turvallisuusriskit. (Rapinoja 2021)

Riskien arviointiin ja koneasetuksen vaatimusten toteutumisen täyttymiseksi on olemassa lukuisia yhdenmukaistettuja standardeja. Yhteensä opinnäytetyössä käytettyjä standardeja oli 19 kpl. Lisäksi oli lukuisia velvoittavia viittauksia. Seuraavassa on esitelty kolme standardia, jotka olivat keskeisiä opinnäytetyön toteutuksessa. Muut opinnäytetyössä käytetyt standardit löytyvät otsikoituina liitteestä 1.

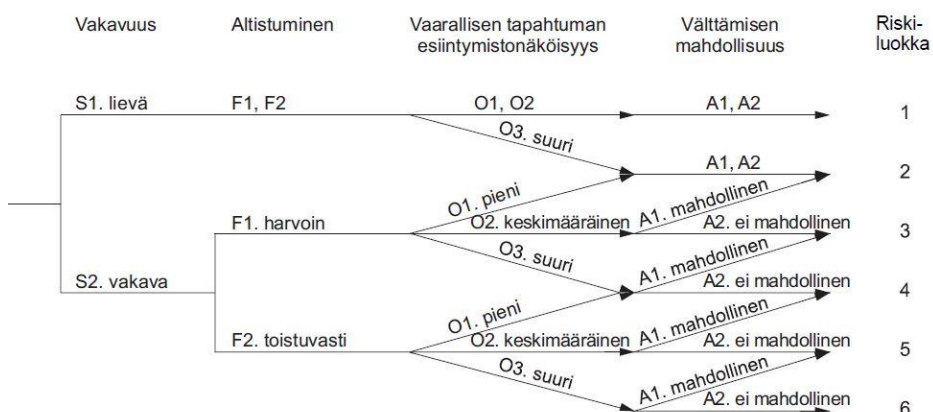
Solun turvallisuusvaatimukset

Standardi SFS-EN ISO 10218-2:2011 (Robotit ja robotiikkalaitteet). Turvallisuusvaatimukset. Osa 2; Robottijärjestelmät ja niiden yhdistelmät antavat tarvittavat tiedot teollisuusrobottijärjestelmän tai -solun suunnitteluun. Standardi esittelee robottijärjestelmien/-solujen tunnistettuja vaaroja ja keinoja näiden poistamiseksi tai pienentämiseksi. Opinnäytetyössä luvussa 4.2 ja taulukossa 3 käytettiin apuna ko. standardista löytyvää taulukkoa a1 Luettelo merkittävistä vaaroista (opastava), jonka mukaan mahdollisiin seurauksiin kuuluu puristus, leikkaus, viilto tai leikkautuminen, takertuminen, nieluun joutuminen, iskeytyminen, lävistäminen, hankautuminen, nesteen ja/tai kaasun purkautuminen.

Riskien arviointi

Riskien arviointiin (luku 4.2) käytettiin apuna Metstan sivustolta löytyvää valmista Excel- taulukkoa (Metsta 2020), joka on esillä liitteessä 2. Standardien SFS-EN ISO 12100 ja SFS-ISO/TR 14121-2 ohjeistusta sekä kuviossa 1 näkyvää ja SFS-

ISO/TR 14121-2:ssa olevaa riskigraafia tulee käyttää taulukon täyttämisessä. Riskigraafissa olevien vakavuus, altistuminen, vaarallisen tapahtuman esiintymistodennäköisyys, välttämisen mahdollisuus, muuttujien avulla saadaan selville standardissa SFS-EN ISO 10218-2:2011 mainittujen vaarojen riskiluokka.



KUVIO 1 Riskigraafi

Hitsausprosessin suositukset

Standardissa SFS-EN ISO 9692-1 (Hitsaus ja sen lähiprosessit). Railomuodot. Osa 1: Terästen puikko-, metallikaasukaari-, kaasuhitsaus, TIG- ja sädehitsaus oppaassa, esitellään railomuotoja piena- ja päittäishitseille, joita käytettiin koro-kepuhin hitsausohjeen ja tarttujan valmistuksessa (luvut 3.4.3 ja 3.5.1). Standardi kertoo suositellut railomuodot muun muassa seuraaviin hitsausprosesseihin, kaasuhitsaus, puikkohitsaus, mig/mag hitsaus, mig-umpilankahitsaus, mig-jauhetäytelankahitsaus, mig-metallitäytelankahitsaus, mag-umpilankahitsaus, mag-jauhetäytelankahitsaus, mag-metallitäytelankahitsaus.

3.2 Layout suunnittelussa huomioitavat asiat

Laajassa muodossa layout-suunnittelulla tarkoitetaan valmistusyksiköiden, varastojen ja kulkuväylien tilasuunnittelua. Suppeassa muodossa layout tarkoittaa koneiden ja laitteiden sijoittelua soluihin ja tiloihin. Puhallusmuovaussolun suunnittelussa käytettiin apuna jatkuvan virtauksen periaatteita, joita ovat rajapintojen

ja odotusaikojen vähentäminen sekä muunneltavuus ja kerralla valmiiksi -periaate (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 311).

Rajapintoja muodostuu, kun työ keskeytyy. On edullisinta asentaa prosessiin kuuluvat koneet linjaan siten että kappaleet etenevät yhtäjaksoisesti prosessin alusta saakka valmiiksi tuotteeksi. Pienet puskurivarastot prosessin eri vaiheiden välillä eivät haittaa, mutta jos jatkokäsittelyn on odotettava käsiteltävää tuotetta edelliseltä prosessilta, automaatioketjuun tulee katko. (Lapinleimu & ym 1997, 311). Opinnäytetyön kohteena olevan automatisoidun solun tarkoituksena oli poistaa odottelua ja katkoksia, joita ihmisen hoitaessa konetta väkisinkin ilmaantui. Odottelun väheneminen vaikuttaa positiivisesti tahtiaikaan, jonka ajaksi lasketaan kulunut aika prosessin alun ja lopun välillä. Tätä aikaa voidaan mitata esim. puhallusmuovaussolusta valmistuvien kappaleiden välisellä ajalla.

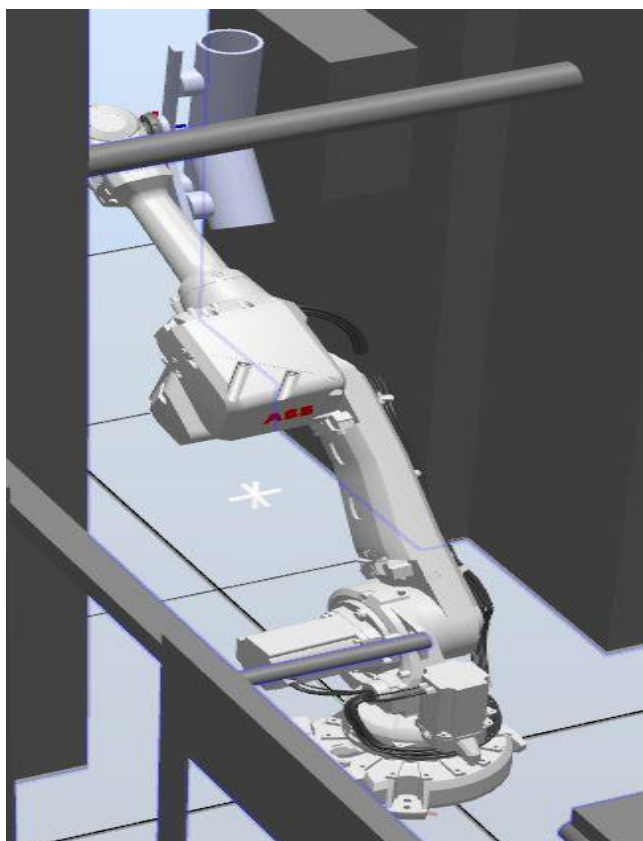
Puhallusmuovauskoneella tehtävien kappaleiden jälkikäsittelystä ja niiden järjestyksestä keskusteltiin tuotantopäällikkö Erkki-Jussi Lahtisen sekä automaatio-suunnittelija Jussi Sompin kanssa. Tavoitteena oli sijoittaa soluun tulevien koneiden ja laitteiden riippuvuussuhteet siten, että jatkokäsittelyprosessi olisi järjestelmällinen ja sujuva.

3.3 Layoutin suunnittelu

Layoutin suunnittelu alkoi jo valmiiksi turva-aidoitettun alueen määrittämisellä. Alueen ulkomitat ovat mitattuna koneesta soluun päin 2,4 m ja koneen suuntaisesti 2,75 m. Näiden mukaan mallinnettiin turva-aidoitus *SolidWorks student edition 2021/22* ohjelmalla. Turva-aidat valmistaneeseen yritykseen oltiin yhteydessä, jotta voitaisiin mahdollisesti hyödyntää heidän ohjelmistoaan turva-aitojen mallintamisessa. Koska useisiin yhteydenottoopyyntöihin ei saatu vastausta, mallinnettiin turva-aidoitus yksinkertaisina seinäelementteinä.

Seuraavana vaiheena oli puhallusmuovauskoneen karkea mallintaminen. Tässä tärkeää oli koneen suuaukon sijainnin mittaaminen suhteessa turva-aitaan. Robotin asemoimista ja *RobotStudio*:lla tapahtuvaa simulointia varten oli tärkeä mitata matka puhalluskoneen kyljestä suunniteltuun muotin keskiöön sekä korkeus-

että syvyys suunnassa. Seuraavaksi mallinnettiin karkeasti soluun tehtäväksi tuleva kappale ja tarttuja sekä puhallusmuovauskone ja turva-aita. 3D-mallit siirrettiin *RobotStudio*-ohjelmistoon STL-tiedostomuotoa käyttäen. Simuloinnin alkuvaiheessa huomattiin, että jos robotti sijoitetaan suoraan lattialle, voi ulottuvuuden kanssa tulla vaikeuksia. Puhallusmuovauskoneella tehtäviä muita kappaleita ei ollut opinnäytetyön aikana valittu ja kappaleen muodosta riippuen robotin hakupaikka saattaa muuttua muiden kappaleiden osalta, ja tähän haluttiin pelivaraa. Kuvassa 5 on esitetty robotti ääriasennossaan ilman korotusta.



KUVA 5 Robotti ääriasennossa

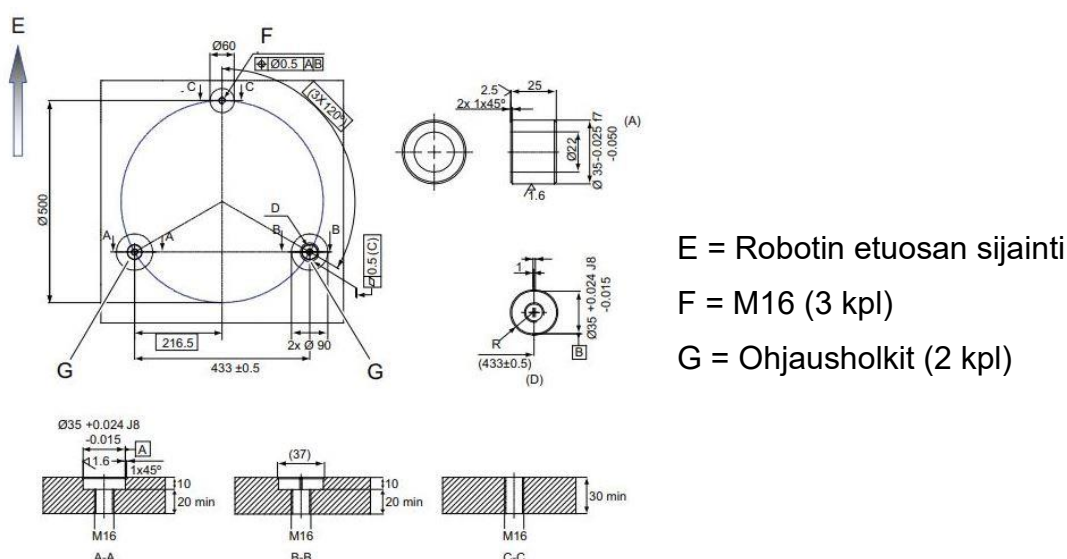
3.4 Korokepukki

Kuvan 5 tilanteen perusteella huomattiin, että robotti tulisi sijoittaa korkeammalle. Valmista korokepukkia tiedusteltiin mutta toimitusaikojen ollessa pitkiä korokepukki päätettiin valmistaa itse.

Seuraavissa luvuissa (3.4.1, 3.4.2, 3.4.3) esitellään korokepukin valmistuksen eri vaiheita. Ko. luvuissa tarkastellaan valmistukseen tarvittavia tietoja, kuten korokepukin kokoa ja valmistusmateriaalia sekä lujuussimulaatiota ja hitsausta.

3.4.1 Valmistukseen tarvittavat tiedot

Korokepukin korkeudeksi valikoitui RobotStudio-simuloinnin perusteella 500 mm. Korokepukin suunnittelu alkoi tutkimalla Virtain Muovityöllä jo käytössä olevia ro-bottikorokkeita ja niiden rakenteita. Robotin kiinnitykseen tarvittavien reikien ja ohjauskolojen sijainnit ja kokotiedot on esitetty kuviossa 2.



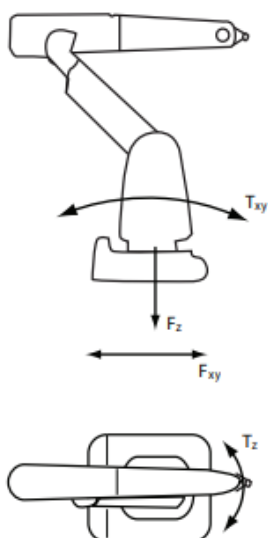
KUVIO 2 Robotinjalustan reikäjako (Product manual-IRB 4600. 2009–2021, 62)

SolidWorks:llä suoritettavaa korokepukin lujuussimulointia varten tarvittiin tieto robotin aiheuttamista voimista ja väännöistä. Vertaamalla taulukkoa 1 ja kuviota 3, nähdään maksimivoimat, vääntömomentit ja niiden suunnat. Robotin käsivarren aiheuttama vääntömomentti (Torque xy) jalustaan nähden on maksimissaan 14090 Nm. Robotin ja taakan paino aiheuttaa voiman (Force Z), joka on maksimissaan 10710 N. Robotin pyörimisestä aiheutuva vääntö (Torque Z) on maksimissaan 2960 Nm ja robotin liikkeistä aiheutuva maanpinnan suuntainen voima

(Force xy) on maksimissaan 7790 N. Nämä voimat ja väännöt on laskettu maksimikuormalla ja maksimiliikenopeudella ja aiheuttavat toteutuessaan hätäpysäytyksen.

Taulukko 1 Robotin aiheuttamat maksimi voimat ja väännöt (Product manual-IRB 4600. 2009–2021, 46)

Force	Endurance load (in operation)	Max. Load (Emergency stop)
Force xy	± 3940 N	± 7790 N
Force z	-4350 ± 2460 N	-4350 ± 6360 N
Torque xy	± 6850 Nm	± 14090 Nm
Torque z	± 1610 Nm	± 2960 Nm

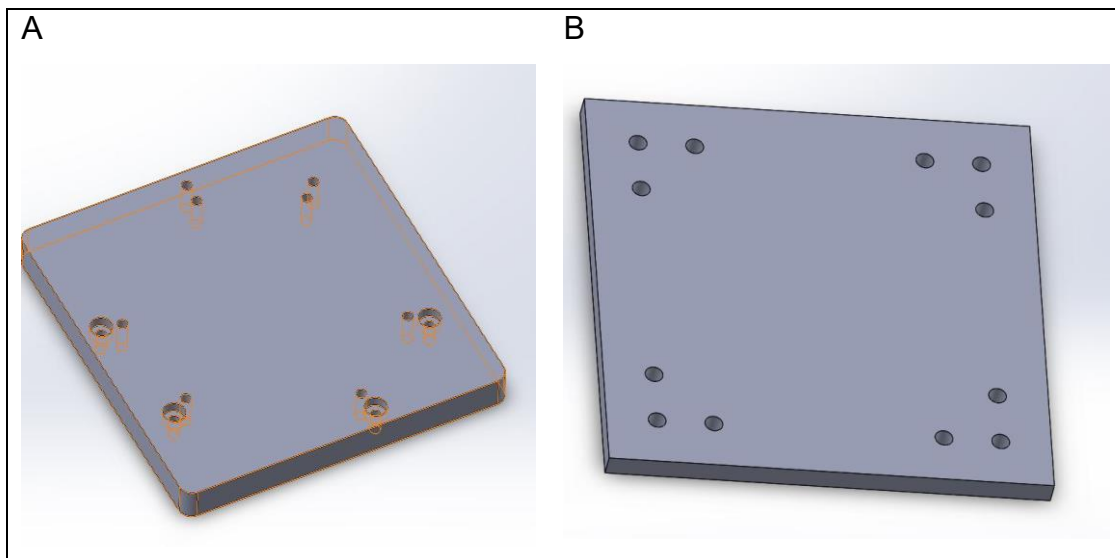


KUVIO 3 Robotin aiheuttamat voimat (Product manual-IRB 4600. 2009–2021,45)

3.4.2 Korokepukin koneistus ja lujuussimulointi

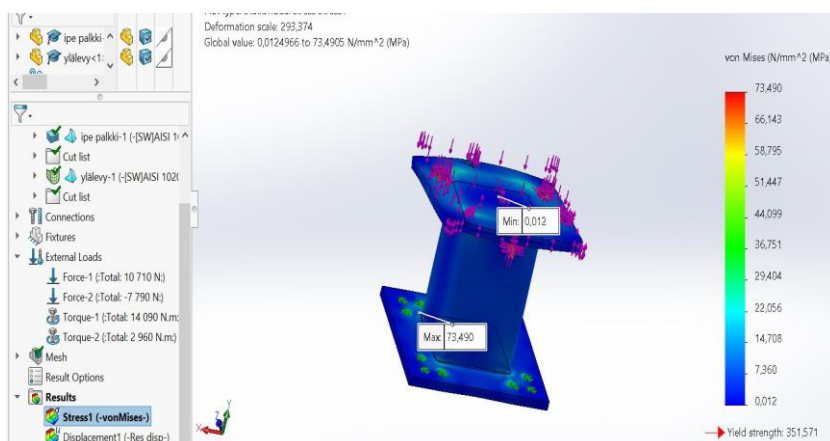
Korokepukin kannen ja pohjan koneistukseen mallinnettiin SolidWorks:llä Product manual-IRB 4600:sta saatujen tietojen pohjalta 3D-mallit, jotka ovat esillä kuvassa 6. Korokepukin ala- ja ylälevyjen työstöratojen ohjelmointiin käytettiin Autodeskin Powermill -ohjelmistoa. 3D-mallit lähetettiin step-tiedostona Virtain Muovityön laatu päällikkö Aarno Sutiselle, joka valmisti levyt. Kuvassa 6 ylälevy (A) päätettiin tehdä robotin tarvitsema reikäkuviot myös käännettynä 45°. Tämä

mahdollistaa robotin käännön ja näin ollen parantaa solun muunneltavuutta tulevaisuudessa.



KUVA 6 Korokepukin ylälevy (A) ja alalevy (B)

Tietojen pohjalta suunniteltuun korokepukkiin materiaaliksi valittiin aluksi rakeneteräs S355, jonka myötöraja on 355 N/mm^2 . Korokepukin lujuussimulointi suoritettiin SolidWorks ohjelmiston Simulation- työkalulla. S355-materiaalia ei kuitenkaan löytynyt materiaalikirjastosta ja simuloinnissa käytettiin lujuudeltaan hyvin lähelle olevaa materiaalia *Aisi 1020*. Tämän myötöraja on noin 351 N/mm^2 . Simuloinnin tuloksena kuvasta 7 voidaan tulkita, että maksimijännitys Von Mises-vertailujännityksen mukaan on tässä tapauksessa noin $73,5 \text{ N/mm}^2$ ja kohdistuu alalaipan kiinnitysreikiin. Käytetyt voimat ovat nähtävissä kuvan 7 vasemmassa reunassa ja taulukossa 1




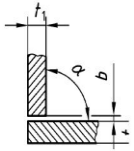
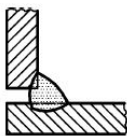
KUVA 7 Von Mises- vertailu jännitys

Tästä voidaan todeta, että varmuuskerroin on noin 4.7 joka tarkoittaa, että koro-
kepukki kestää 4,7 kertaiset voimat ilman pysyvää muodonmuutosta, mitä robotti
maksimissaan aiheuttaa ja sen todettiin riittävän. Varmuuskerroin tarkoittaa suu-
rimman kappaleessa vaikuttavan jännityksen suhdetta materiaalin murtorajaan
tai kuten tässä tapauksessa myötölujuuteen.

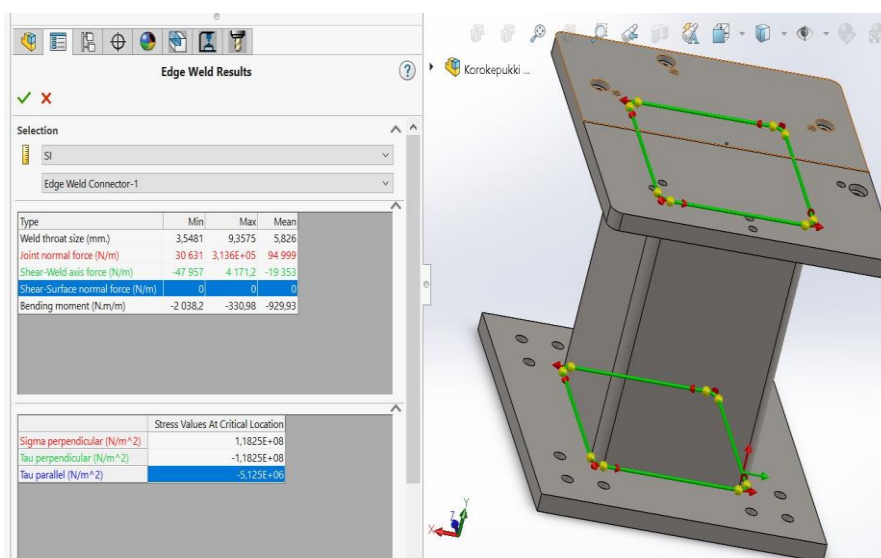
3.4.3 Korokepukin hitsaus

Korokepukille suositeltu hitsirailon muoto ja koko löytyvät standardista SFS-EN
ISO 9692-1 ja on nähtävissä taulukossa 2, josta voidaan todeta, että ainepaksuu-
den (t) ollessa yli 2 mm ilmaraon (b) tulisi olla pienempi tai yhtä suuri kuin 2 mm.
Taulukossa 2 on nähtävillä myös hitsausmerkki ja hitsin kuva.

Taulukko 2 Railomuoto (Taulukon kuvat SFS-EN ISO 9692-1)

Ai- neen- pak- suus t mm	Railo muoto	Hit- saus- merkki (ISO 2553(1) mukaan	Poikkileik- kaus	Mitta		Suosi- tellaan hitsaus- proses- seille ISO 4063(2) mukaan	Hitsin kuva
				Kulma α, β	Ilma- rako b mm		
$t_1 > 2$ $t_2 > 2$	I-railo			$70^\circ \leq \alpha$ $\leq 100^\circ$	≤ 2	3 111 13 141	

Hitsaussaumojen kestävyyttä simuloitiin SolidWorks-ohjelmistolla. Korokepukkia
rasitettiin taulukossa 1 näkyvillä voimilla. Simuloinnin tuloksena saatiin arvio, että
tarvittava hitsaussauman a-mitta tulee olla minimissään 3,5 mm ja maksimissaan
9,3 mm. Kuvassa 8 on esillä vihreällä merkitty simuloitu hitsaussauma.



KUVA 8 Hitsin simulointi

Korokepukin hitsauskuva on nähtävissä liitteessä 3, johon hitsaussimuloinnin Max. 9.3575 mm a-mittaa on pyöristetty 10 mm:iin. Merkissä oleva ympyrä tarkoittaa, että hitsataan kappaleen ympäri. Korokepukin hitsaukseen tehtiin ohje, joka on nähtävissä liitteenä 4. Ohjeessa olevia lisäainelangan ja suojakaasun valmistajia on useita ja tässä työssä tiedot on haettu ESAB:in tuotekuvastosta (ESAB 2022). Hitsausohjeessa olevista hitsauspalkojen määrästä ja sijoittelusta A-mitan ollessa 10 mm palkojen määrän tulisi olla 3 kpl (Lepola & Makkonen 2005, 144,148).

3.5 Repijätyökalu

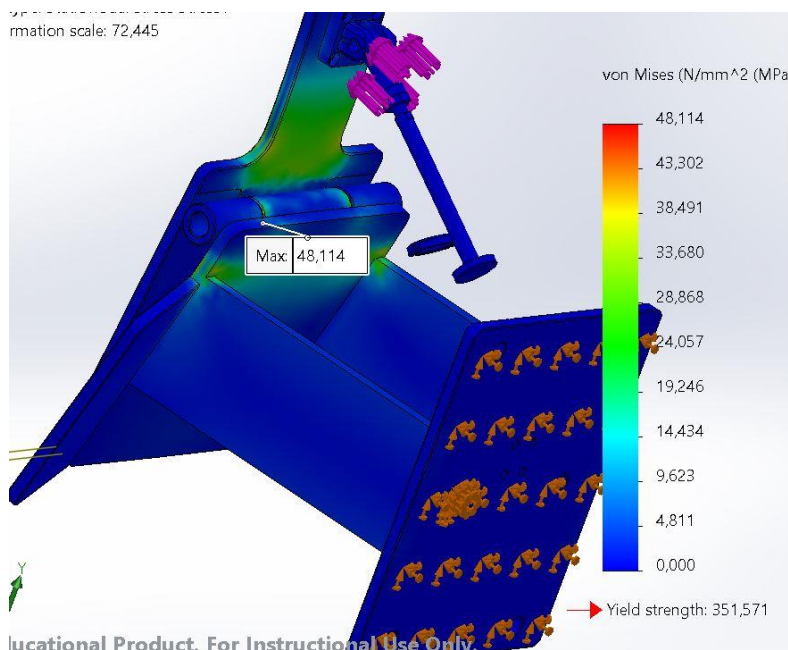
Suunniteltavassa solussa on tarkoitus jatkokäsitellä puhallusmuovattua kappaletta. Ensimmäinen jatkokäsittelytoimenpide on liepeen irrottaminen kappaleesta. Tätä varten suunniteltiin ja valmistettiin sopiva repijätyökalu.

Liepeen poistoon tarkoitetun repijän suunnittelu alkoi poistettavien liepeiden arvioinnilla. Arvioinnin tuloksena tarttujan leukojen avautumisen tuli olla noin 100 mm ja saranan kohdalla noin 30 mm. Tarvittavaksi puristusvoimaksi arvioitiin noin 500 N, jonka arveltiin riittävän liepeen poistamiseen. Materiaaliksi valittiin 10 mm paksu rakenneteräs S355.

3.5.1 Repijän lujuussimulointi ja hitsaus

Lujuussimulointi

Repijään kohdistuvia voimia simuloitiin SolidWorks-ohjelmistolla (kuva 9). Simuloinnin perusteella suurin jännitys on $48,1 \text{ N/mm}^2$. Tätä tietoa tarvittiin hitsausparametrien laadintaan. Simulointivaiheessa kappaleesta jouduttiin poistamaan pneumatiikkasyylinteri, koska simulointia ei saatu suoritettua sylinterin ollessa paikallaan.



KUVA 9 Repijätyökaluun kohdistuvan maksimijännityksen simulointi

Hitsaus

Repijään tulevien hitsausseamojen laskemiseen on olemassa kaksi erilaista tapaa, komponenttimenetelmä ja yksinkertaistettu laskentatapa. Tässä työssä käytettiin yksinkertaistettua tapaa repijän tapauksessa. Hitsausliitosten suunnittelua ja mitoitusta määritellään standardissa SFS-EN 1993-1-8. Standardi ei sovi liian pienien hitsien tekemiseen ja tästä syystä a-mitan alarajaksi on asetettu $a \geq 3 \text{ mm}$. Myöskään lyhyet pienahitsit eivät ole hyviä. Hitsien pituutta, l , koskeekin sääntö $l \geq 6a$ tai $l \geq 30 \text{ mm}$, josta standardi määrää käytettäväksi jälkimmäistä vaihtoehtoa. Yksinkertaistetussa laskennassa nimellijännitys σ_w oletetaan olevan leikkausjännityksen τ_w luonteista ja tästä tuloksena

$$\sigma_w = \tau_w = \frac{F}{a_l}, \quad (1)$$

jossa F on voima ja a on a -mitta. Mitoitusehto on tässä tapauksessa.

$$\tau_w = \frac{F}{a_l} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3 \cdot \gamma_{m2} \cdot \beta_w}} \quad (2)$$

jossa f_u on murtoraja, γ_{m2} on osavarmuusluku ja β_w on pienahitsien korrelaatiokerroin. Osavarmuusluku ja korrelaatiokerroin ovat määritettävissä standardista löytyvistä taulukoista 2.1 ja 4.1. Kaavasta 2 voidaan ratkaista hitsin a -mitta seuraavasti.

$$a = \frac{\sqrt{3 \cdot \gamma_{m2} \cdot \beta_w}}{l \cdot f_u} * F \quad (3)$$

(Björk, Hautala, Huhtala, Kivioja, Kleimola, Lavi, Martikka, Miettinen, Ranta, Rinken & Salonen. 2014, 167–173.)

Repijän hitsisaumojen kestävyyttä tarkasteltiin kaavalla 3. Kun γ_{m2} on 1,25, β_w on 0,9, f_u on 510 MPa ja l :ksi otetaan minimi 30 mm ja voima F on saranan kohdalla noin 1000N:

$$a = \frac{\sqrt{3 \cdot 1.25 \cdot 0.9}}{30mm \cdot 510MPa} * 1000N = 0.13mm$$

Tästä voidaan todeta, että tarvittava lujuus saavutetaan käytännössä millä tahansa a -mitalla ja hitsin pituudella.

3.5.2 Pneumatiikkasynterin valinta

Pneumatiikkasynterin tuottaman voiman laskemiseksi on olemassa kaava.

$$p = \frac{F}{A} \quad (4)$$

jossa F on voima (N), P on paine (MPa) ja A on pinta-ala (mm^2). Pinta-ala saadaan selville kaavasta.

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (5)$$

jossa d on sylinterin halkaisija (mm) . (Mäkelä, Soininen, Tuomola & Öistämö. 2017, 99.)

Pneumatiikkasynterinin valintaan vaikutti haluttu 500 N puristusvoima sekä repijään halutun liikemäärän toteutumiseksi vaadittava pneumatiikkasynterinin liikematka. Synterinin vaadittava 50 mm liikematka saatiin selville repijän 3D-mallien auki- ja kiinnitilanteita vertaamalla. Tarvittavan voiman ja liikematkan omaavan pneumatiikkasynterinin valitsemiseksi oltiin yhteydessä SMC Automationissa teknisenä myyjänä toimivaan Jari Lehtoseen. Häneltä saatiin taulukko (Lehtonen 2022), joka perustuu kaavaan 4 ja jonka mukaan voidaan todeta mikä on pneumatiikkasynterinin halkaisijakoon ja sitä liikuttavan verkostopaineen suhde, jotta vaadittu puristusvoima voitaisiin saavuttaa. Taulukko on liitteessä 5.

Virtain Muovityöllä verkostopaine on yleensä välillä $0,7 - 0,8 \text{ MPa} = 7 - 8 \text{ Bar}$ Liitteen 5 taulukon mukaan tarvittava puristusvoima saavutetaan 32 mm nimellishalkaisijalla olevalla synterillä. Samantapainen mutta hieman karkeampi taulukko on esitetty kirjassa Automaatiojärjestelmien hydraulikka ja pneumatiikka (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 93).

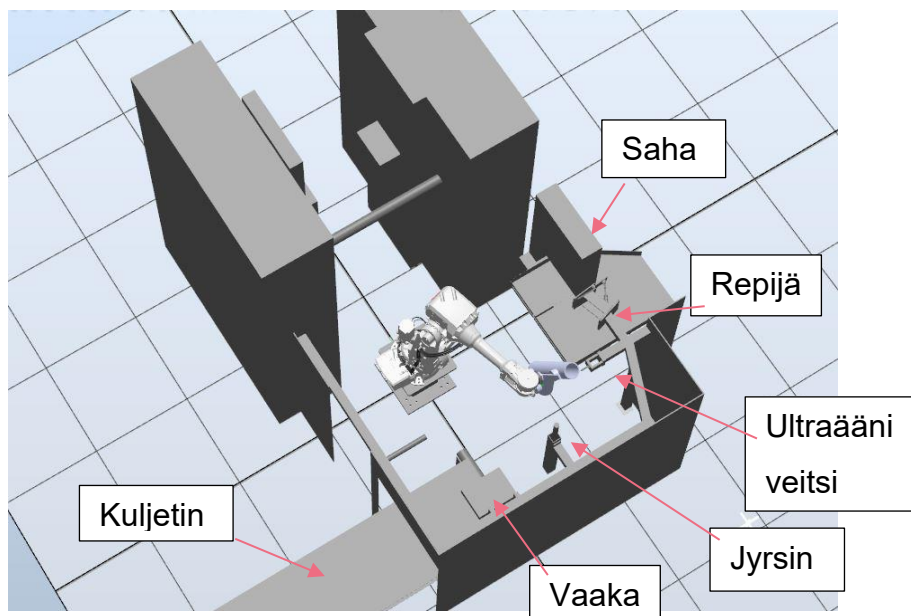
3.6 Runkorakenne

Repijän lisäksi puhallusmuovaussoluun tuleville ultraääniveitselle, jyrsimelle ja vaa'alle täytyi suunnitella runkorakenne, mihin laitteet kiinnitetään. Rungon materiaaliksi valittiin neliöputkipalkki S355 koossa 80 mm * 80 mm * 6 m ja seinämävahvuudella 4 mm. Materiaalin etuina on helppo hitsattavuus, edullisuus ja nopea saatavuus. Rungon ja samalla layoutin suunnittelu eteni portaittain lisäämällä siihen tarvittavia koneita ja laitteita siinä järjestyksessä, joissa ne tulivat solussa esiintymään. Esiintymisjärjestys oli saha, repijä, ultraääniveitsi, jyrsin ja vaaka.

Suunnittelua tehtiin mallintamalla koneet ensin SolidWorks:lla ja sen jälkeen siirtämällä mallit RobotStudioon.

Kappale tullaan viemään ulos solusta hihnakuljetinta pitkin, jonka suunnittelu oli rajattu opinnäytetyön ulkopuolelle. Hihnakuljetin tulee sijoittumaan noin 1 m pituudelta solun sisäpuolelle ja sen korkeus tulee olemaan 900 mm. Robotin ulottuma varmistettiin myös kuljettimen osalta. Sahan paikkaa muutettiin aivan suunnittelun lopuksi ja näin ollen rungonkin muoto muovautui lopulliseen muotoonsa.

Robotin ulottuma tarkistettiin jokaiselle kuvassa 10 mainitulle laitteelle. Tarkistuksella haluttiin varmistua, että robotti ulottuu joka laitteelle.



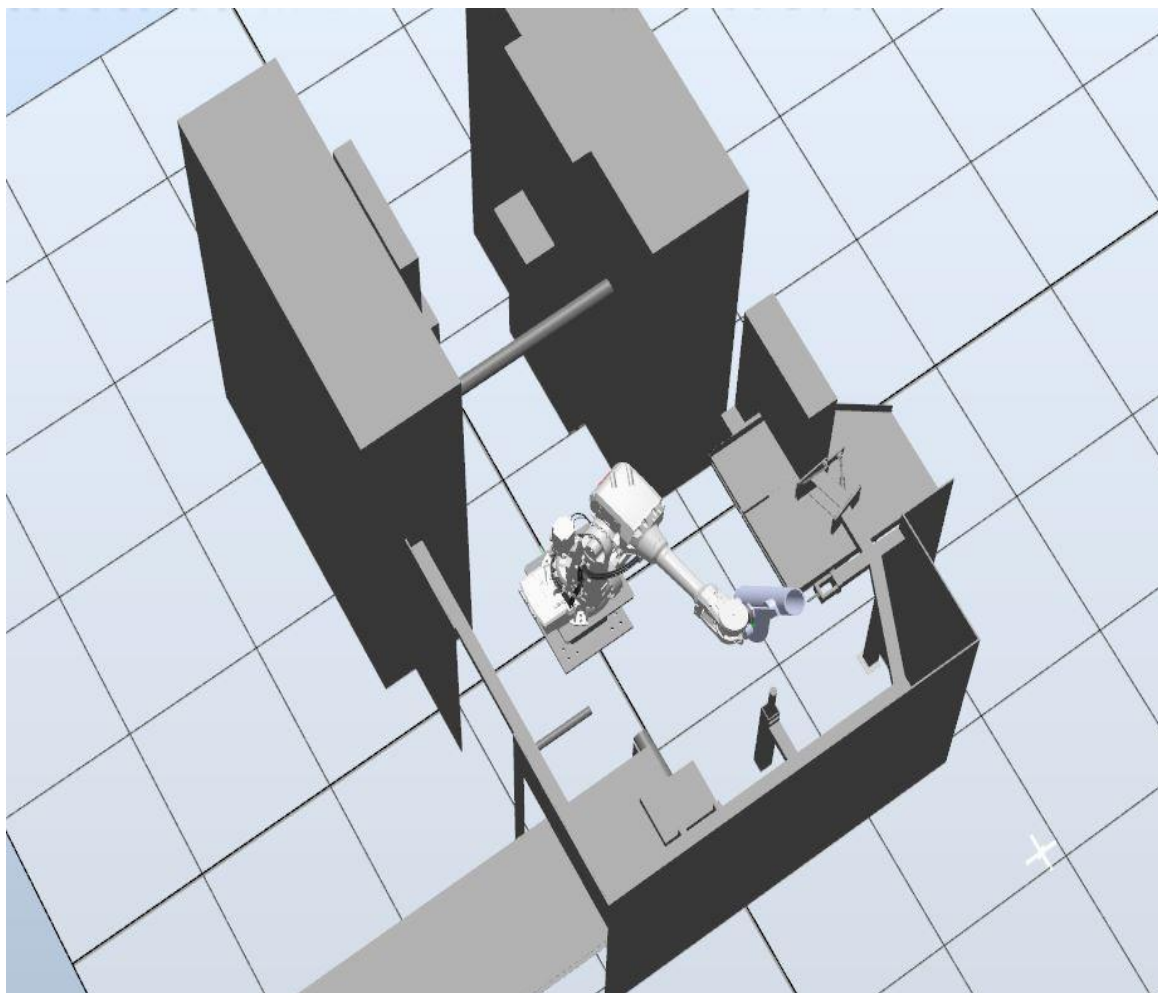
KUVA 10 Robotin ulottuman tarkastelu robottisolun laitteille

4 TULOKSET

4.1 Robottisolun layout ja soluun valmistetut osat

Layout

Opinnäytetyön tuloksena valmistui toimiva layout. Robottisolu saatiin käyttöön otettua opinnäytetyön aikana. Automatisoitu puhallusmuovaussolu mahdollistaa kerralla valmiiksi periaatteen sekä tahtiajan lyhenemisen aiemmasta 320 s -> 90 s. Kuvassa 11 on nähtävissä puhallusmuovaussolun SolidWorks-mallinnus valmiista toiminnassa olevasta solun rakenteesta.



KUVA 11 Layout

Korokepukki

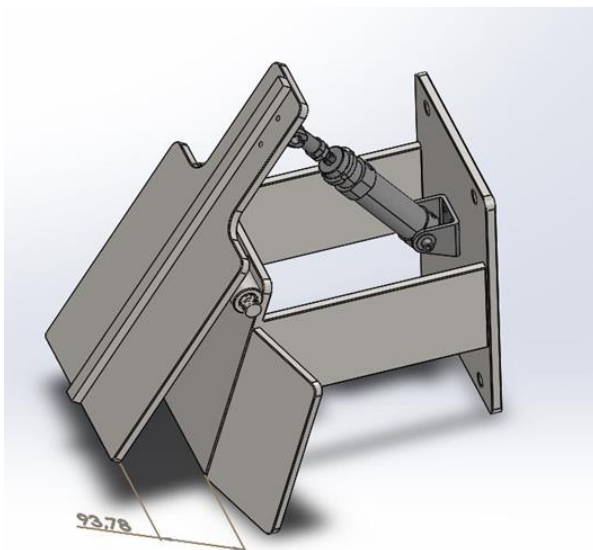
Kuvassa 12 on esillä valmis korokepukki. Korokepukin ainevahvuudet ovat ylä- ja alalaipoissa 30 mm ja väliin tulevassa neliöputkipalkissa 20 mm. Korokepukin hitsauskuva on katsottavissa liitteessä 3.



KUVA 12 Valmis korokepukki

Repijä työkalu

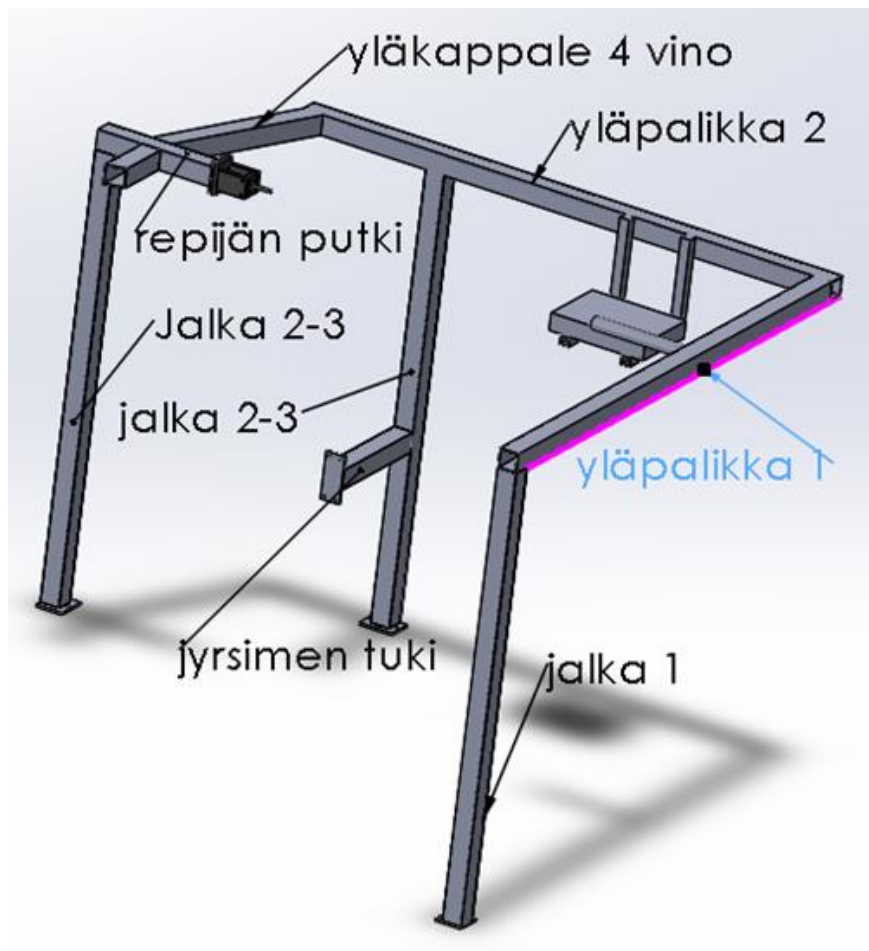
Kuvassa 13 on esillä 3-D malli valmiista repijä työkalusta. Repijän hitsauskuvat ovat esillä liitteessä 6. Pneumatiikkasyylinteriksi valittiin SMC:n toimittama mallimerkiltään C(D)76, Air Cylinder, Double Acting, Single Rod CD76F32-50-B-M9PWVS oleva pneumatiikkasyylinteri.



KUVA 13 Valmis repijätyökalu

Runkorakenne

Kuvassa 14 on esillä puhallusmuovaussoluun suunniteltu runkorakenne. Runkorakenteeseen ei tule kohdistumaan suuria voimia, joten lujuussimulointi jätettiin tekemättä. Rungon hitsauskuvat ovat nähtävissä liitteessä 7. Solun muokattavuutta otettiin huomioon suunnittelemalla työkalujen kiinnitykset pulttikiinnityksillä. Tämä mahdollistaa koneiden helpon vaihdon, jos tarvetta ilmenee.



KUVA 14 Valmis runkorakenne

4.2 Riskien arviointi

Tuotantopäällikkö Erkki-Jussi Lahtisen kanssa pohdittiin mahdollisia solussa esiintyviä vaaratilanteita jokaisen laitteen kohdalta erikseen. Taulukossa 3 on näkyvillä käsiteltyjä vaaratilanteita ja ratkaisuja niiden poistamiseksi. Tiedot kirjattiin luvussa 3.1 esitettyyn Riskienarviointilomakkeen Excel-taulukkoon. Vaaroja ja

niiden esiintymistiheyttä arvioitiin luvuilla 1–3 Excel taulukossa olevaan riskigraa-fitaulukkoon. Tämä määritti suoraan tuloksen riskiluokasta.

Arviot riskeistä on esitelty liitteessä 2. Riskiarvioinnista voidaan todeta, että riskejä on kyllä olemassa ja ne voivat olla vaarallisia, mutta esiintymistiheys ja toimenpiteet riskien pienentämiseksi pudottavat riskiluokan vähäiseen.

Taulukko 3 Riskien arviointi

Työvaihe	Vaara	Vaarallinen tapahtuma	Suosittelavat toimenpiteet
Vikatila, työnvaihto, huolto, kunnossapito, puhdistus, ohjelmointi	Puristuminen (robotti/puhalluskone)	Ennakoimaton käynnistyminen/kone käynnissä. Liukastuminen, ajattelemattomuus	Muiden kun käsiteltävän koneen käynnistyminen on estettävä. Soluun pääsy estettävä ilman käsiohj.
Vikatila, Työnvaihto, Huolto, Kunnossapito, Puhdistus, Ohjelmointi	Viiltyminen tai irti leikkautuminen. (Veitsi/saha/jyrsin)	Ennakoimaton käynnistyminen/kone käynnissä. Liukastuminen, ajattelemattomuus	Vaarallisten koneiden terät ovat suojattava, kun ihminen on solussa. Ohjeistus ja koulutus. Soluun pääsy estettävä ilma käsiohj. Johdotukset koteloitava tai nostettava pois lattialta.
Vikatila, Työnvaihto, Huolto, Pakkaus/purku, Esittelyt	Nieluun joutuminen/takertuminen (Kuljetin)	Ennakoimaton käynnistyminen/kone käynnissä. Liukastuminen, ajattelemattomuus	Kuljetin koteloitava ja käynti estettävä, jos henkilö solussa. Aukoihin valoverho tai ovi.

5 POHDINTA

Opinnäytetyön tuloksena soluun suunniteltiin toimiva layout tarvittavine osineen ja laitteineen, joka mahdollistaa katkeamattoman prosessin. Automatisoidun solun lisäksi työn tuloksina on suunniteltujen koneiden ja osien valmistusohjeet, lujuslaskelmat ja puhallusmuovaussolun riskiarvio. Opinnäytetyön tuloksena valmistui edellä mainittujen koneiden ja laitteiden valmistuspiirustukset, ja kuvaus puhallusmuovaussolun automatisointiprosessista opinnäytetyöraportin muodossa. Opinnäytetyö oli osaltaan avustamassa automatisoidun puhallusmuovaussolun valmistumisessa, joka mahdollistaa katkeamattoman prosessin sekä kerralla valmiiksi periaatteen.

Opinnäytetyötä voidaan pitää onnistuneena koska opinnäytetyöraporttia kirjoittaessa puhallusmuovaussolu oli toiminnassa. Tosin hienosäätöä vielä tarvittiin. Solun layout ratkaisu on myös monistettavissa muille yrityksen tuotantokoneille. Opinnäytetyötä voidaan pitää myös luetettavana koska tietoa lujuussimulointiin ja hitsauksen on haettu Tamkin opettajilta ja teräsrakentamista käsittelevistä kirjoista ja lukuisista näihin liittyvistä standardeista. Opinnäytetyön tuloksina saatuja valmistuspiirustuksia ja -ohjeita voidaan käyttää sellaisenaan tai jalostamalla uusiin automatisointiprosesseihin, joista nyt on saatu positiivisia tuloksia esim. tah-
tiaikojen paranemisena.

Tulevaisuuden kehitysasioihin kuuluu puhallusmuovaussolun osalta kuljettimen hankkiminen, jotta valmiit kappaleet saadaan ulos solusta oikeassa asennossa. Tuotteet täytyy pakata kuljetusta varten ja tähänkin automatisoinnista olisi apua.

Automatisointi tuo mukanaan myös haasteita. Henkilökuntaa tulisi kouluttaa niin, että puhallusmuovaussolua pystyisi ajamaan useampi henkilö. Lisäksi solun toiminnasta ja käytöstä olisi hyvä tehdä mahdollisimman järjestelmällinen, helppo ja yksityiskohtainen käyttöohje. Kaikkia koneen häiriötilanteita on vaikea ennakoita, joten ohjeistusta on suositeltavaa päivittää kokemuksen kautta. Häiriötilanteista ja kuinka niistä selvittää, olisi myös hyvä pitää kirjaa jo aivan alusta asti. Tämä kuuluu oleellisena osana riskien hallintaan ja tulee maksamaan itsensä takaisin tulevaisuudessa.

LÄHTEET

AMT.fi. n.d. Helsinki. Verkkosivu. Viitattu 28.2.2022

<https://amt-dev.amt.fi/fi/publication/11/companies/334162/virtain-muovityo-oy-vmt-plastic>

Björk, T. Hautala, P. Huhtala, K. Kivioja, S. Kleimola, M. Lavi, M. Martikka, H. Miettinen, J. Ranta, A. Rinkinen, J & Salonen, P. 2014. Koneenosien suunnittelu. 6 painos. Helsinki. WSOY.

ESAB. 2022. OK AUTROD 12.51. Tuotekuvasto. Verkkosivu. Viitattu 30.4.2022.

<https://www.esab.fi/fi/fi/products/filler-metals/mig-mag-wires-gmaw/mild-steel-wires/ok-autrod-12-51.cfm>

Haapakoski, T. 2021. Robottijärjestelmän hankintaprosessi. Kurssimateriaali. Robotit konepajatuotannossa-opintojakso.1.9.2021-20.11.2021. Tampereen ammattikorkeakoulu. TAMK.

IRB 4600. data sheet. n.d. Verkkosivu. Viitattu 1.6.2022.

https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=ROB0109EN_G&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch

Keinänen, T. & Kärkkäinen, P. 2005. Automaatiojärjestelmien hydraulikka ja pneumatiikka. 1 painos. Helsinki. WSOY.

Lapinleimu, I. Kauppinen, V & Torvinen, S. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. 1 Painos. Porvoo. WSOY.

Lehtonen, J. Tekninen myyjä. SMC Automation. Pneumatiikkasylinlerin taulukoidut arvot. Sähköpostiviesti 5.3.2022.

Lepola, P. Makkonen, M. 2005. Hitsaustekniikat ja teräsrakenteet. 1 painos. WSOY.

Metsta. 2020. Riskienarviointilomake 2017-05-04.Helsinki. Viitattu 7.4.2022

<https://metsta.fi/koneturvallisuuden-standardit-metsta/riskinarviointityokalu/>

Product manual-IRB 4600. 2009-2021. ABB AB. Viitattu 21.4.2022

<https://abb.sluzba.cz/Pages/Public/IRC5RoboticsDocumentationRW6/Robots/Articulated%20Robots/IRB%204600/en/3HAC033453-001.pdf>

SFS-EN ISO 12100. 2011. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 22.3.2022. Vaatii käyttöoikeuden.

<https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>
<https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/164706.html.stx>

SFS-EN ISO 10218-2. 2011. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 22.3.2022. Vaatii käyttöoikeuden.

<https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>
<https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/540732.html.stx>

SFS-ISO/TR 14121-2. 2013. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 21.3.2022. Vaatii käyttöoikeuden.

<https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>
<https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/ISO/ID2/1/204610.html.stx>

SFS-EN ISO 9692-1. 2013. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 27.3.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>
<https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/9/238953.html.stx>
Suomen asiakastieto Oy. n.d. Helsinki. Viitattu 28.2.2022.
<https://www.asiakastieto.fi/yritykset/fi/virtain-muovityo-oy/04019171/taloustiedot>

Mäkelä, M. Soininen, L. Tuomola, S. & Öistämö, J. 2017. Tekniikan kaavasto. 17.painos. Tammertekniikka / amk-kustannus Oy

Rapinoja, J-P. 2021. Metsta. Koneturvallisuuden standardointi. Teams-luento pdf. 11.3.2022. Viitattu 21.3.2022
<https://metsta.fi/wp-content/uploads/2021/10/Koneturvallisuuden-standardit-2021-10.pdf>

Virtain Muovityö Oy. n.d. Puhallusmuovaus. Viitattu 24.3.2022
<https://vmtplastic.fi/muoviratkaisut/puhallusmuovaus/>

Vmtplastic.fi. n.d. Yhteystiedot. Viitattu 28.2.2022.
<https://vmtplastic.fi/>

LIITTEET

Liite 1. Standardit

1(3)

Standardi SFS-EN ISO 10218-2:2011 (Robotit ja robotiikkalaitteet. Turvallisuusvaatimukset. Osa 2; Robottijärjestelmät ja niiden yhdistelmät) antaa tarvittavat tiedot teollisuusrobottijärjestelmän tai -solun suunnitteluun. Standardi esittelee robottijärjestelmien/-solujen tunnistettuja vaaroja ja keinoja näiden poistamiseksi tai pienentämiseksi.

Standardissa SFS-EN ISO 9692-1 (Hitsaus ja sen lähiprosessit. Railomuodot. Osa 1: Terästen puikko-, metallikaasukaari-, kaasuhitsaus, TIG- ja sädehitsaus) esitellään railomuotoja piena- ja päittäishitseille, joita käytettiin korokepukin ja tarttujan valmistuksessa.

Standardi SFS-EN ISO 12100 (Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskien arviointi ja riskin pienentäminen) määrittelee periaatteet turvallisen koneen suunnittelemiseksi, sekä riskien arvioinnin ja riskien pienentämisen periaatteet.

Tekninen raportti SFS-ISO/TR 14121-2 (Koneturvallisuus. Riskien arviointi. Osa 2: Käytännön opastus ja esimerkkejä menetelmistä) antaa opastusta koneiden riskien arviointiin ja esittelee työkaluja ja menetelmiä koneiden turvallistamiseen varmistamiseksi.

Standardi SFS-EN ISO 10218-1 (Robotit ja robotiikkalaitteet. Turvallisuusvaatimukset. Osa 1; Teollisuusrobotit) ohjeistaa teollisuusrobottien turvallisen suunnittelun sekä käsittelee robotteihin liittyviä perusvaaroja ja keinoja näiden poistamiseksi.

Tekninen raportti SFS-ISO/TR 14121-2 (Koneturvallisuus. Riskien arviointi. Osa 2: Käytännön opastus ja esimerkkejä menetelmistä) antaa opastusta koneiden riskien arviointiin ja esittelee työkaluja ja menetelmiä koneiden turvallistamiseen varmistamiseksi.

2(3)

Standardi SFS-EN ISO 1993-1-8 esitellään pääasiassa staattisesti kuormitettujen liitosten mitoitusmenetelmiä teräslajeille s235, s275, s355 tai s460.

SFS-EN ISO 13850 (Koneturvallisuus. Hätäpysäytys. Suunnitteluperiaatteet) standardissa esitetään koneen hätäpysäytystoimintoa koskevat vaatimukset sekä suunnitteluperiaatteet.

Standardissa SFS-EN ISO 13855 (Koneturvallisuus. Suojausteknisten laitteiden sijoitus ottaen huomioon kehon osien lähestymisnopeudet) esitellään kehonosien lähestymisnopeuksien arvoihin perustuvat muuttujat ja määritellään suojausteknisten- ja hallintalaitteiden vähimmäisetäisyys vaaravyöhykkeestä.

Standardi SFS-EN ISO 14118:2018 (Koneturvallisuus. Odottamattoman käynnistymisen estäminen) esittää vaatimukset rakenteellisille keinoille, jotka on tarkoitettu koneen odottamattoman käynnistymisen estämiseen, jotta henkilöiden pääsy vaaravyöhykkeelle olisi turvallista.

Standardi SFS-EN ISO 13857 (Koneturvallisuus. Turvaetäisyydet yläraajojen ja alaraajojen ulottumisen estämiseksi vaaravyöhykkeelle) esittää turvaetäisyyksien mitat koneiden vaaravyöhykkeelle ulottumisen estämiseksi.

Standardi SFS-EN ISO 14119 (Koneturvallisuus. Suojusten kytkentä koneen toimintaan. Suunnittelu ja valinta) esittelee suojuksiin yhteydessä olevien toimintaankytkentälaitteiden suunnittelun ja valinnan periaatteet.

Tätä Standardi SFS-EN 60204-1:2018 (Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 1: Yleiset vaatimukset) osaa sovelletaan koneiden sähköisiin, elektronisiin ja ohjelmoitaviin laitteisiin ja järjestelmiin, joita ei kanneta kädessä toiminnan aikana, mukaan lukien koneryhmät, jotka toimivat yhdessä.

Standardi SFS-EN ISO 14120 (Koneturvallisuus. Suojukset. Kiinteiden ja avattavien suojusten suunnittelun ja rakenteiden yleiset periaatteet) esittää henkilöitä mekaanisilta vaaroilta suojaamaan tarkoitettujen suojusten suunnittelun, rakenteen ja valinnan yleiset periaatteet.

3(3)

Standardi SFS-EN ISO 4414 (Pneumaattinen tehonsiirto. Järjestelmiä sekä niiden komponentteja koskevat yleiset periaatteet ja turvallisuusvaatimukset) esittää yleiset säännöt ja vaatimukset, koneissa käytettävien pneumaattisten tehonsiirtojärjestelmien vaarojen välttämiseksi.

Standardissa SFS-EN ISO 6947:2019 määritellään hitsausasennot piena- ja päitäishitseille.

Standardi SFS-EN 1011-1 annetaan suosituksia metallien sulahitsaukseen.

Standardi SFS-EN ISO 2553:2019 määrittelee piirustuksissa esitettävien hitsausliitosten piirustusmerkintöjä koskevat säännöt.

Standardissa SFS-EN ISO 15609-1:2019 esitetään kaarihitsausohjeen vaatimukset.

Liite 2. Riskienarviointi

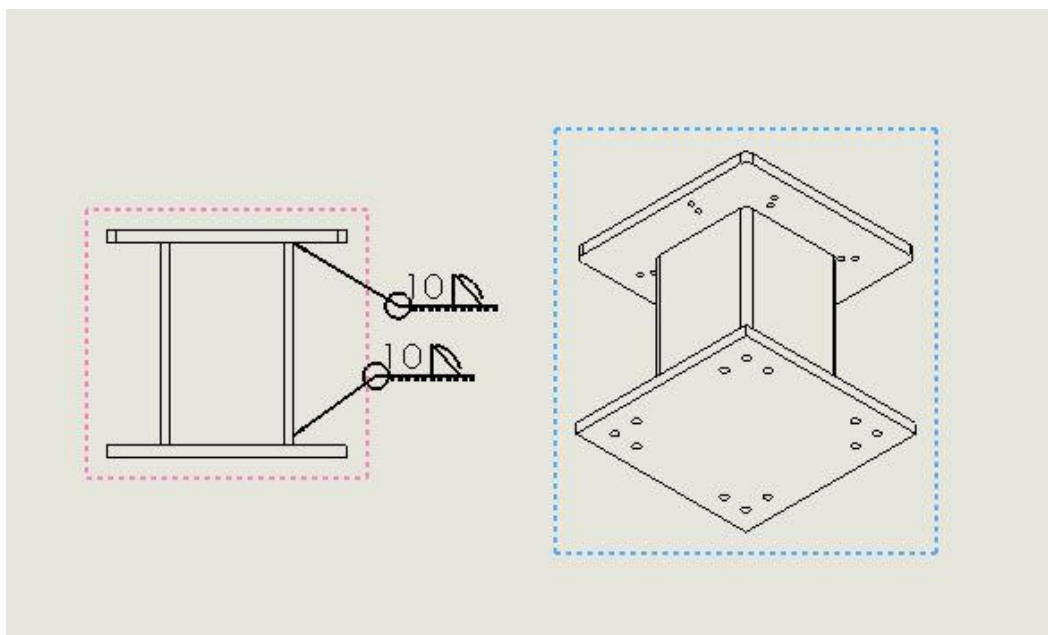
Vaaravyöhyke Hazardous area	Työvaihe Working phase	Vaara Hazard	Vaarallinen tilanne Hazardous situation	Vaarallinen tapahtuma Hazardous event	S	F	O	A	Riskiluokka; Risk Index	Riskin suuruus; Estimated risk	Su Re
Robotti solu	Vikaktila, Työnvaihto, Huolto, Kunnossapito, Puhdistus, Ohjelmointi	Puristuminen (robotti/puhalluskone)	Henkilö solussa	Ennakoimaton käynnistyminen/ kone käynnissä. Liukastuminen, ajattelemattomuus	2	1	2	1	2	Vähäinen	Mu kor est est
Robotti solu	Vikaktila, Työnvaihto, Huolto, Kunnossapito, Puhdistus, Ohjelmointi	Viiltyminen tai irtileikkautuminen. (Veitsi/saha/jyrsin)	Henkilö solussa	Ennakoimaton käynnistyminen/ kone käynnissä. Liukastuminen, ajattelemattomuus	2	1	2	1	2	Vähäinen	Va suksa n p Joht nos
Robotti solu	Vikaktila, Työnvaihto, Huolto, pakkaus/purku, esittelyt	Nieluun joutuminen/takertuminen (Kuljetin)	Henkilö solussa tai ulkona kuljettimen lähellä	Ennakoimaton käynnistyminen/ kone käynnissä. Liukastuminen, ajattelemattomuus	2	1	1	1	2	Vähäinen	Kul est Aul

KUVA 15 Riskienarviointi 1

Suosittelut toimenpiteet; Recommended actions	Toteutettu suojaustoimenpide; Realized protective action	S	F	O	A	Jäännösriskin luokka; Residual Risk Index	Jäännösriskin suuruus; Estimated residual risk	Jää Re
Muitten kun käsiteltävän koneen käynnistyminen on estettävä. Soluun pääsy estettävä ilman käsiohj.	????????????????????	2	1	1	1	2	Vähäinen	
Vaarallisten koneiden terät on suojattava kun ihminen on solussa Ohjeistus ja koulutus. Soluun pääsy estettävä ilman käsiohj. Johdotukset koteloitava tai nostettava pois lattialta.	????????????????	2	1	1	1	2	Vähäinen	
Kuljetin koteloitava ja käynti estettävä jos henkilö solussa. Aukkoihin valoverho tai ovi.	????????????????	2	1	1	1	2	Vähäinen	

KUVA 16 Riskienarviointi 2

Liite 3. Korokepukin hitsauskuva



KUVA 17 Korokepukin hitsauskuva

Liite 4. Hitsausohje

1(2)

Hitsausohje (WPS)

Hitsausohje: Korokepukki

WPQR-nro:

Valmistaja:

Aineensiirtymismuodot: Lyhytkaari

Liitosmuoto ja hitsilaji: I-railo, 13

a-mitta (mm)²: 10 mm

Hitsattu hitsiaine:

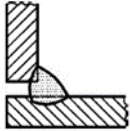
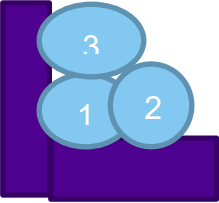
Railon valmistusmenetelmä ja puhdistus: Mekaaninen

Perusaineen merkinnät: S355

Ainepaksuudet (mm): 20 mm ja 30 mm

Putken ulkohalkaisija (mm):

Hitsausasento: jalko

Liitoksen kuva	Hitsausjärjestys
	

Liitoksen kuva (SFS-EN ISO 9692-1)

2(2)

Hitsauksen suoritusarvot

Palko	Hitsaus- prosessi	Lisäaineen- koko	Virta A	Jännite V	Virtalaji/ napaisuus	Langansyöttö- nopeus	Kuljetusnop- eus	Lämmöntuonti
	135	1.2	120-380	18-35		2.5-15 m/mm		

Lisäaineenluokittelu ja kauppanimi: Esim. OK Autorod 12.51

Lisäaineen käsittely:

Kaasu/jauheen merkintä:

-Suojakaasu:M20, M21, C1

-Juurituki:

Muu informaatio esim.:

Sivuttaisliike (palon enimmäisleveys)

Kaasun virtausnopeus:

-Suojakaasu:

-juurituki

Vaaputus, amplitudi, taajuus, reunapysähdysaika

Pulssihitsauksen yksityiskohdat:

Wolframielektrodin tyyppi/koko:

Suutinetäisyys: 12 mm

Juuren avauksen/ juurituen yksityiskohdat:

Plasmahitsauksen yksityiskohdat:

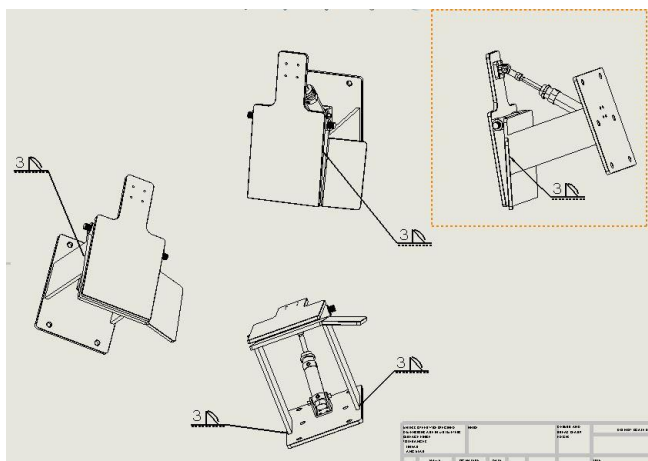
Esikuumennuslämpötila:

Hitsauspistoolin/ hitsaimen kulma:

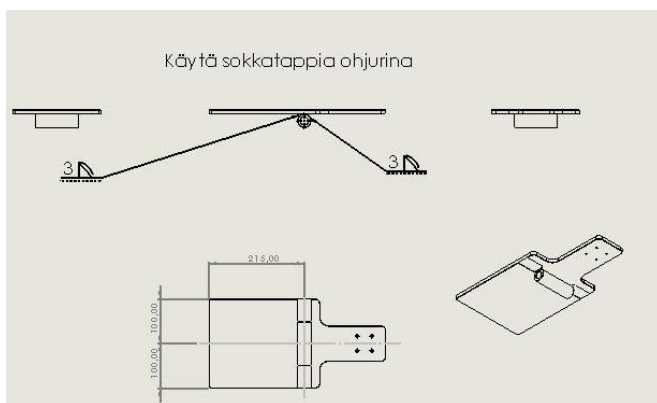
Liite 5. Sylinterikoon valintataulukko

Sylinterin Nimel- lishalkai- sija (mm)	Männän- varren halkai- sija (mm)	Liike	Männän tehollinen pinta-ala (cm) ²	Paine (MPa), sylinterinvoima Newtonina (N)								
				0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
6	3	+	0.28	6	8	11	14	17	20			
		-	0.21	4	6	8	11	13	15			
10	4	+	0.79	16	24	31	39	47	55			
		-	0.66	13	20	26	33	40	46			
12	6	+	1.13	23	34	45	57	68	79	90	102	113
		-	0.85	17	25	34	42	51	59	68	76	85
16	6	+	2.01	40	60	80	101	121	141	161	181	201
		-	1.73	35	52	69	86	104	121	138	155	173
20	8	+	3.14	63	94	126	157	188	220	251	283	314
		-	2.64	53	79	106	132	158	185	211	238	264
25	20	+	4.91	98	147	196	245	295	344	393	442	491
		-	4.12	82	124	165	206	247	289	330	371	412
32	12	+	8.04	161	241	322	402	483	563	643	724	804
		-	6.91	138	207	276	346	415	484	553	622	691
40	16	+	12.57	251	377	503	628	754	880	1005	1131	1257
		-	10.56	211	317	422	528	633	739	844	960	1056
50	20	+	19.63	393	589	785	982	1178	1374	1571	1767	1963
		-	16.49	330	495	660	825	990	1155	1319	1484	1649
63	20	+	31.17	623	935	1247	1559	1870	2182	2494	2806	3117
		-	28.03	561	841	1121	1402	1682	1962	2242	2523	2803
80	25	+	50.27	1006	1508	2011	2514	3016	3519	4022	4522	5027
		-	45.36	907	1361	1814	2268	2722	3175	3629	4082	4536
100	30	+	78.53	1571	2356	3141	3927	4712	5497	6282	7068	7853
		-	71.47	1429	2144	2859	3574	4288	5003	5718	6432	7147

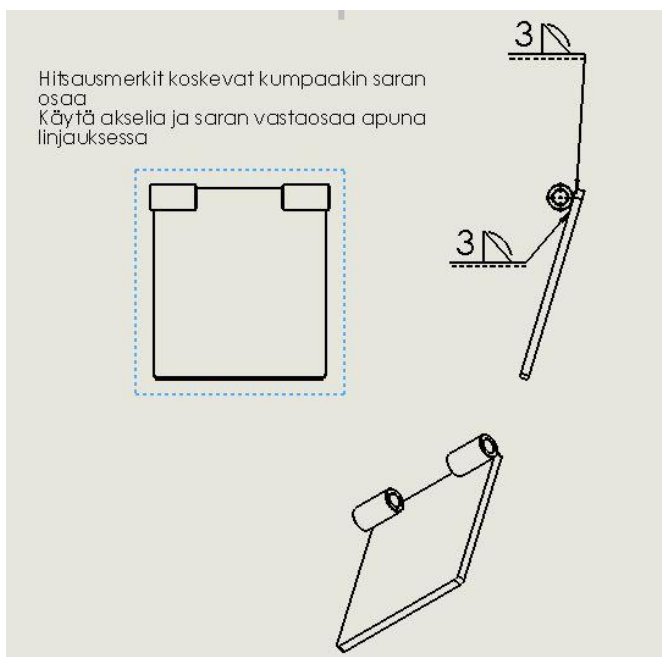
Liite 6. Repijän hitsauskuvat



KUVA 18 Repijän hitsauskuva 1



KUVA 19 Repijän hitsauskuva 2



KUVA 20 Repijän hitsauskuva 3

KUVA 22 Rungon hitsauskuva 2