

Eetu Pulkkinen

Testioven suunnittelu, valmistaminen ja käyttöönotto



Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Syksy 2019



**KAMK • University
of Applied Sciences**

Tiivistelmä

Tekijä(t): Pulkkinen Eetu

Työn nimi: Testioven suunnittelu, valmistus ja käyttöönotto

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), konetekniikka

Asiasanat: mekaaninen suunnittelu, käyttöönotto, CE-merkintä

Tämä insinöörityö on toteutettu Rollock Oy:n toimeksiannosta. Rollock Oy on kajaanilainen lukitusalan yritys, joka valmistaa älylukkoja ja tarvitsi käyttöönsä testilaitteen, jolla testata heidän valmistamiensa lukkojen kulutuskestävyys. Testaus suoritetaan standardin SFS-EN 12209 mukaan ja täten saavutetaan standardin mukainen CE-hyväksyntä, joka vaaditaan myytäviltä lukoilta.

Asiakkaan kanssa käytyjen neuvottelujen jälkeen suunniteltiin 200 kg painoinen testiovi sekä runko. Osista tehtiin piirustukset, jonka jälkeen suoritettiin hankintaprosessi, eli ensimmäisenä lähetettiin tarjouspyynnöt metallitöitä tekeviin yrityksiin. Sen jälkeen, kun tarjoukset saatiin, valittiin paras tarjous ja osat tilattiin.

Ohjaukseksi laitteeseen tuli Omronin kevyt ohjelmoitava logiikka, jolla ohjattiin kolmea suuntaventtiiliä. Toimilaitteina laitteessa toimivat paineilmasyylinterit, jotka hoitavat oven avaamisen ja sulkemisen, ovenkahvan painamisen ja tiivistepaineen muodostamisen. Myös elektroniikka- ja pneumatiikkasuunnitelmat tehtiin laitteesta.

Kokoonpanovaihe aloitettiin osien saavuttua. Ensin suoritettiin mekaaninen kokoonpano, jonka jälkeen oveen asennettiin elektroniset ja pneumaattiset toimilaitteet. Testausvaiheessa huomattiin oven rakenteessa ongelma, joka saatiin korjattua muutamalla lisäkomponentilla.

Viimeisten hienosäätöjen ja testiajojen jälkeen saatiin valmiiksi laite, johon asiakas ja työn tekijä olivat tyytyväisiä ja josta saatiin tehtyä tämä opinnäytetyö.

Abstract

Author(s): Pulkkinen Eetu

Title of the Publication: Designing, Assembling and Commissioning the Testing Door

Degree Title: Bachelor of Engineering, Mechanical Engineering

Keywords: mechanical engineering, commissioning, CE marking

This thesis was made for Rollock Oy which is a lock manufacturing company based in Kajaani. They manufacture smart locks. They needed a testing device to test the durability of locks. The test is done according to the SFS-EN 12009 standard and must be completed to achieve the CE marking, which is required for commercial locks.

After negotiations with the customer, plans were made for a 200-kilo door and frame. Next, the technical drawings were drawn, after which the procurement process was started. The first requests for quotations were sent to local metal workshops. After quotations were received, the best quote was chosen, and an order was placed.

Omron's PLC was used for control and it took care of three solenoid valves. Pneumatic cylinders were the actuator for opening the door, pressing the handle and pushing the door. The electronical and pneumatical plans were also made.

Assembling was started after the components arrived. The mechanical assembly was completed first, and hereafter pneumatical and electronical components were installed. During the testing phase, one major problem occurred, but that was solved with a few extra components.

After fine tuning and test runs a device was completed which satisfied both the customer and the author. The thesis is the end-result of the project.

Sisällys

1	Johdanto	3
2	Käsitteet.....	5
2.1	Rollock Oy.....	5
2.2	Standardi	6
2.3	CE-merkintä	7
2.4	Tekninen piirtäminen	7
2.5	CAD (Computer Aided Desing)	8
2.6	3D-mallinnus	9
2.7	SolidWorks.....	9
2.8	FEM.....	10
3	Suunnittelu	11
3.1	Mekaaninen suunnittelu	11
3.2	Teknisten piirustusten piirtäminen	18
3.3	Elektroniikka ja ohjelmointi.....	19
3.4	Pneumatiikka	21
4	Valmistuttaminen	26
4.1	Tarjouspyyntö.....	26
4.2	Tarjoukset.....	26
4.3	Tilaus	27
4.4	Toimitus.....	27
4.5	Reklamaatio.....	27
5	Käyttöönotto	28
5.1	Asentaminen	28
5.2	Ongelmien ratkaisu	31
5.3	Viimeistely ja hyväksyntä	32
6	Lopputulos	33
	Lähteet	34
	Liitteet	

Symboliluettelo

CAD	Computer Aided Design, tietokoneavusteinen suunnittelu
CE	Conformité Européenne, tuotteen hyväksynnän osoittava merkintä
DC	Direct Current, tasavirta
FEA	Finite Element Analysis, eräs FEM-laskennan tapa, käytetään lujuuslaskentaan
FEM	Finite Element Method, tapa suorittaa laskentaa tietokoneellisesti
NFC	Near Field Communication, lyhyillä etäisyyksillä toimiva tiedonsiirtomenetelmä
RHS	Rectangular Hollow Sections, suorakulmainen putkipalkki
SFS-EN	Eurooppalaiseen standardiin pohjautuva standardi, joka on voimassa Suomessa
SFS-ISO	Kansainväliseen standardiin pohjautuva standardi, joka on voimassa Suomessa

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tekeminen ja suunnittelu alkoi asiakkaan tarpeesta. Sain sähköpostiin ilmoituksen, että Rollock etsi tekijää työlle, jossa oli suunnittelua, valmistamista ja asentamista. Työtä ei ollut sen tarkemmin esitelty, kuin että se olisi soveltuva opinnäytetyöksi. Otin yhteyttä Rollockin toimitusjohtajaan, Petteri Karjalaiseen ja sovimme tapaamisajan aiheesta. Tapaamisessa kävimme läpi aihetta ja hieman myöhemmin sovimme laitteen valmistamisesta ja opinnäytetyön tekemisestä.

Lähtökohta työlle oli se, että asiakas tarvitsi laitteen, jolla saa suoritettua SFS-EN 12209-standardin mukaiset testit valmistamillensa lukoille. Tämän standardin määrittämien testien suorittaminen on vaatimus CE-merkinnälle, joka tulee olla kaikissa laitteissa, joilta se on vaadittu sen myynnin hyväksymiseksi. Yksi esimerkki tästä on lukot, joita Rollock valmistaa.

Asiakkaan kanssa käytiin muutama palaveri ennen kuin suunnittelutyöt aloitettiin. Palavereissa käytiin läpi laitteeseen liittyviä asioita, kuten minkälainen laitteen tulee olla ja mitä vaatimuksia heillä oli laitetta kohtaan. Näitä vaatimuksia lukuun ottamatta minulle annettiin vapaat kädet suunnittelussa.

Vaatimuksia laitteelle esitettiin esimerkiksi painoon liittyen, sillä laitteen sijoituspaikka on kolmannessa kerroksessa ja massa ovelle 200 kg, joten oven ja karmien tulee olla osiin purettavia ja suhteellisen kevyitä, että liikutteleminen miesvoimin onnistuu. Toinen vaatimus oli, että laite tulee kiinnittää seinään, koska noin 250 kg painoinen laite on vaarallinen, jos se pääsee kaatumaan ihmisen päälle.

Kolmas vaatimus oli hiljaisuus, sillä laite sijoitetaan toimistotiloihin ja se ei saa häiritä työskenteilyä. Neljäs vaatimus oli kestävyys. Standardi vaatii yhtä lukkoa kohden 200 000 kiinni-auki sykliä ja laitteella tullaan ajamaan käytännössä ympärivuorokautisesti, joten laitteelle tulee vuodessa 8 sekunnin syklijalla laskettuna 3 942 000 avautumista. Kuitenkin todellisuudessa lukkojen vaihdot ja muut tauot mukaan lukien noin 3 miljoonaa sykliä vuodessa on todennukainen määrä. Väsymiseen liittyvät ongelmat ovat mahdollisia näin suurella käytöllä, joten ovi tuli suunnitella riittävästi kestäväksi.

Laitteessa tulisi myös olla vaihdettavat lukkoklossit, jotta erimallisia lukkorunkoja ja vastarautoja voidaan testata laitteella nopeasti ja rakennetta muuttamatta.

2 Käsitteet

2.1 Rollock Oy

Toimeksiantaja Rollock Oy on Kajaanissa toimiva lukitusalan yritys, joka valmistaa älylukkoja. Yritys työllistää 15 työntekijää ja on perustettu vuonna 2009. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Kajaanissa, sekä sillä on myyntikonttorit Oulussa ja Vantaalla. [1.]

Rollock valmistaa useita tuotteita lukitukseen kuten älylukkoja, moottorilukkoja ja älyohjaimia, joilla voidaan ohjata olemassa olevia sähkölukkoja. Rollockin omat lukot käyttävät kääntyvää telkeä (kuva 1), jolloin lukko on tavanomaista liukutelkilukkoa hiljaisempi ja vaatii vähemmän voimaa sulkeutuakseen. Kääntyvä telki myös tiivistää ovea tavanomaista telkeä enemmän tehden ovesta hiljaisemmän ja tiiviimmän. [1.]



Kuva 1. Lukkorunko ja vastarauta [1.]

Lukot ovat täysin vapaita fyysisistä avaimista, ja ne voidaan avata lähiavauksena NFC-tunnisteella ja mobiilisovelluksella tai myöskin etäävata mobiilisovelluksella. Etuina tällä ovat erittäin helppo kulunhallinta ja -valvonta, jolloin avaimia voidaan aktivoida ja kytkeä pois käytöstä hallintasovelluksen kautta tai määrittää tietyt aikavälit, jolloin avain toimii. Mahdollista on myös etäavaus; oven voi avata vaikka vieraalle, jolla ei ole avainta. Myös tekstiviestillä on mahdollista lähettää kertakäyttöinen mobiiliavain. [1.]

Yrityksen omistuksessa on myöskin 14 patenttia lukitukseen liittyen.

2.2 Standardi

”Standardi on yhteinen menettelytapa toistuvaan toimintaan”, ilmaistaan Suomen standardisoimisliiton kotisivuilla. Standardeja käytetään laajasti teollisuudessa määrittämään komponentteja, tuotteita tai tapoja tehdä asioita. [2.]

Suomessa standardeja luo ja hallinnoi Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Se on suomalainen standardisoinnin keskusjärjestö, joka vastaa standardien alajärjestöistä ja standardien luomisesta, kääntämisestä ja ylläpitämisestä. [2.]

Esimerkiksi teknisessä piirustuksessa käytetään useita eri standardeja, joilla tehdään piirustuksista maailmanlaajuisesti yhdenmukaisia ja kaikille ymmärrettäviä. Esimerkiksi standardi SFS-ISO 128 käsittelee teknistä piirtämistä ja SFS-ISO 129 taas teknisten piirustusten mitoittamista. Omat standardit ovat myös mm. hitsausmerkinnöille, geometrisille toleransseille, toleroinnille ja pinnan karheuden esittämiselle.

Nykyaikana lähes kaikelle on määritelty de jure (lain mukaan) tai de facto (käytännössä, vapaaehtoinen) standardi, aina autonrenkaista pistorasiaan sekä kaikelle sillä välillä. Tämä helpottaa elämää, sillä kuluttaja tietää, että hänen kaupasta ostamansa laite käy hänen asuntonsa pistorasiaan.

2.3 CE-merkintä

CE-merkintä (Conformité Européenne) on valmistajan lupaus siitä, että tuote täyttää sille määritetyt EU-direktiivit ja säädökset. CE-merkintää ei voi myöntää kukaan muu taho kuin laitteen valmistaja. Laki vaatii CE-merkinnän mm. rakennusalan tuotteissa, joihin lukot kuuluvat. [3.]

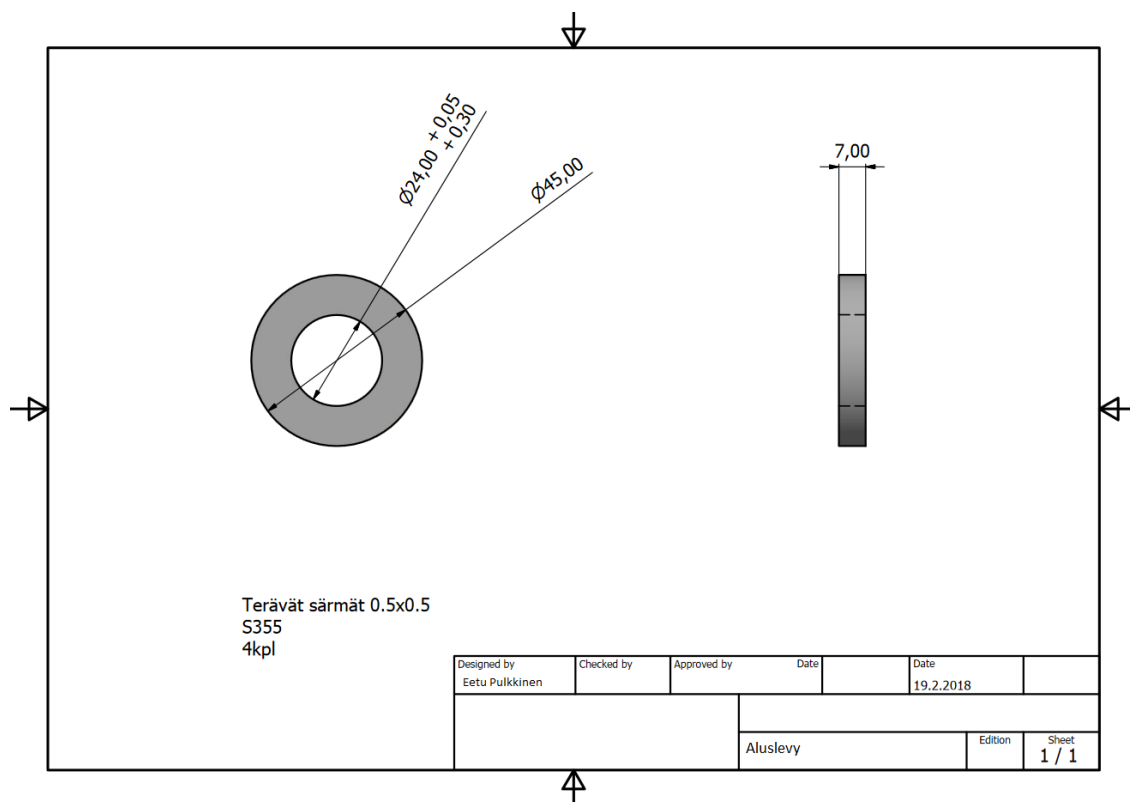
Joidenkin tuotteiden tulee täyttää myös muita vaatimuksia kuin valmistajan lupaus turvallisuudesta, esimerkiksi lukot. Niiden tulee täyttää SFS-EN 12209 standardin vaatimukset ja läpäistä testit, jotta valmistaja voi myöntää lukoille CE-merkinnän. [3.]

2.4 Tekninen piirtäminen

Tekninen piirtäminen tarkoittaa asioiden ja esineiden esittämistä kirjallisesti sillä tavalla, että piirustuksen perusteella voidaan osa valmistaa ja piirustuksessa on kaikki valmistamisessa vaadittavat tiedot. Piirustuksen tulee olla myös sellainen, että se on kaikkien ymmärrettävissä ilman tulkintavirheitä.

Tavanomaisessa teknisessä piirustuksessa (esimerkki teknisestä piirustuksesta, kuva 2) on kappaleesta tai muusta kuvattavasta asiasta piirretty kuvantoja eli projektioita kappaleen eri asennoista piirustusstandardin mukaisella tavalla. [4.]

Teknisillä piirustuksilla voidaan esittää esimerkiksi koneistettavia kappaleita, levyosia, kokoonpanoja ja hitsauspiirustukset. Teknisiä piirustuksia ovat myös sähköiset, pneumaattiset ja hydrauliset piirikaavio sekä putkistoisometrit ja -kaaviot.



Kuva 2. Tekninen piirustus

2.5 CAD (Computer Aided Design)

CAD eli Computer Aided Design tarkoittaa nimensä mukaisesti tietokoneavusteista suunnittelua. Sanalla CAD ei suoraan määritellä, että tarkoitetaan vain 2D-suunnittelua kuten yleensä ajatellaan, vaan se voi olla 2D-suunnittelua tai/ja 3D-mallintamista sekä muuta tietokoneavusteista suunnittelua. CAD-suunnittelulla tarkoitetaan myös muuta suunnittelua kuin mekaanista suunnittelua, kuten sähkösuunnittelua, putkistosuunnittelua tai rakennussuunnittelua. [5, s.51]

Kaikki suunnittelu tapahtuu nykyisin CAD-suunnitteluna sen tarkkuuden, nopeuden ja helppouden avulla. CAD-suunnittelussa voidaan piirtämisen lisäksi tehdä mallit, piirustukset sekä tehdä lujuuslaskentaa ja simulointia. [5, s.51]

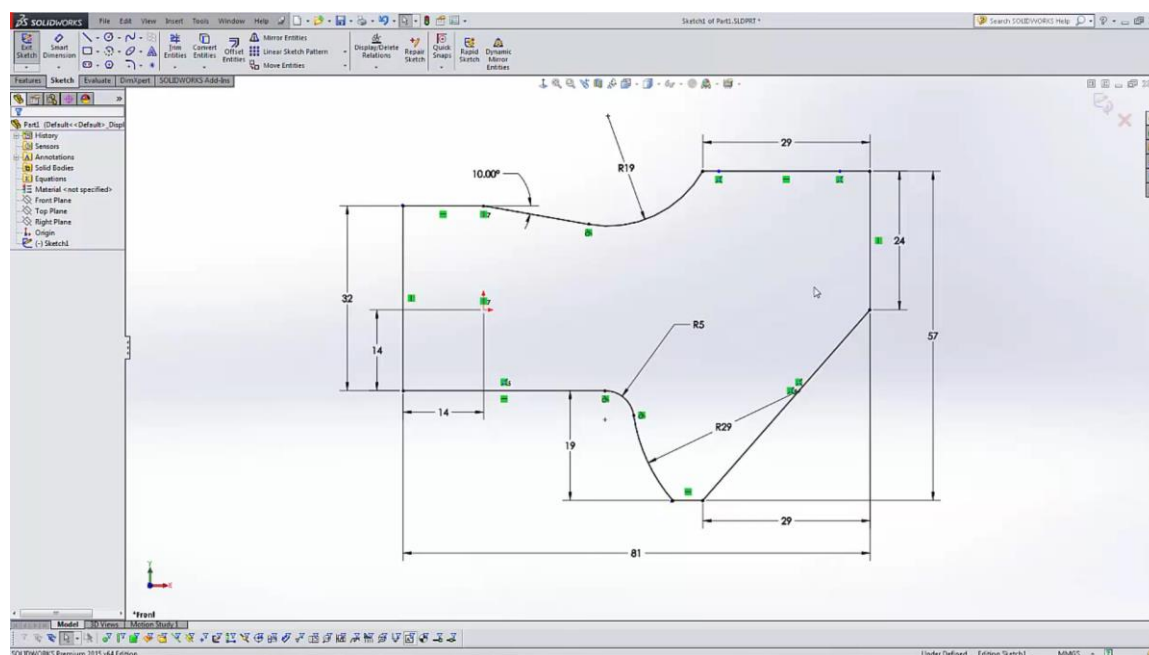
2.6 3D-mallinnus

3D-mallinnus tai kolmeulotteinen mallinnus on tietokoneavusteisen suunnittelun osa-alue ja kuvantojen sijaan tarkoittaa tietokoneavusteista suunnittelua, jossa kappaleet, joita suunnitellaan, mallinnetaan kolmiulotteiseksi kappaleeksi, jota voi pyöritellä ja sillä on tilavuus eli kolme ulottuvuutta sekä malleista voidaan tehdä selkeämpiä ja yksityiskohtaisempia [5, s.51].

Yleensä 3D-mallinnuksessa kappaleet sketsataan eli hahmotellaan ensin kaksiulotteisena ja sen jälkeen niitä pursotetaan ja leikataan sekä muokataan muilla tavoin, jolloin saadaan valmis 3D-malli.

2.7 SolidWorks

SolidWorks on yksi suosituimmista 3D-suunnitteluohjelmistoista, jonka on kehittänyt ranskalainen Dassault Systèmes. SolidWorksilla voi tehdä yksittäisten kappaleiden lisäksi kokoonpanoja, piirustuksia, sähkö- ja putkistosuunnittelua ja renderöintiä. Kuvassa 3. SolidWorks sketsaus-tilassa. [6.]

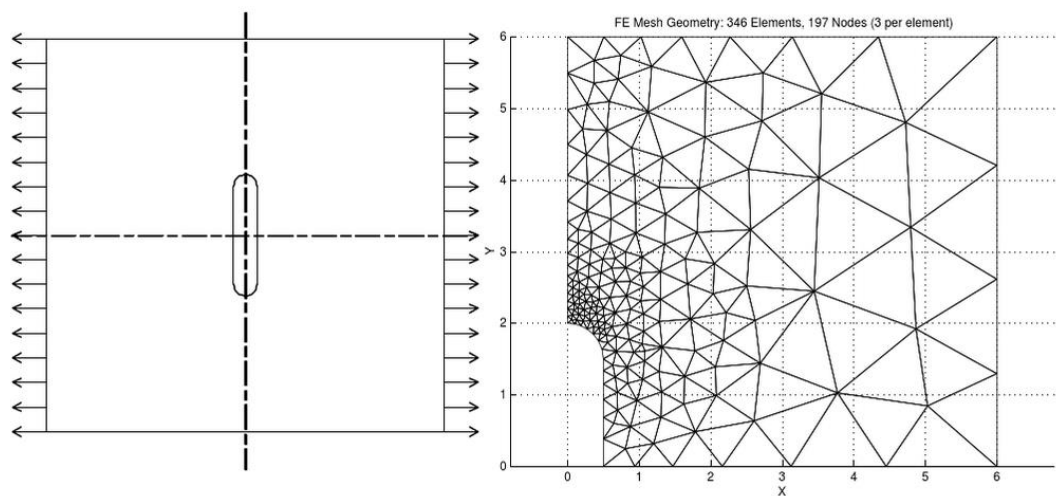


Kuva 3. SolidWorks sketsaus-tilassa [6.]

2.8 FEM

FEM eli Finite Element Method on tapa suorittaa matemaattista laskentaa tietokoneellisesti. FEM-laskennalla voidaan laskea muun muassa lujuuksia, voimia ja kuormia, lämmön siirtymistä ja virtauksia. Myös kaasujen liikkeitä ja vektoreita voidaan laskea FEM-menetelmällä.

Tunnetuin FEM-menetelmä on FEA eli Finite Element Analysis, jota käytetään esimerkiksi lujuuslaskentaan. Solidista muodostetaan kolmion muotoisista tai useampikulmaisista palasista verkko (mesh), jossa palaset eli elementit ovat liittyneet toisiinsa solmujen (node) avulla. Kuvassa alla esitetään millä tavalla elementit muodostetaan kappaleen muotoja seuraten. Monimutkaisempia muotoja varten joudutaan elementtien kokoa pienentämään (kuva 4). Tämän jälkeen tietokoneohjelmistolla voidaan laskea malliin kohdistuvia muodonmuutoksia tai jännityksiä kohdistamalla siihen voimia. [7.]



Kuva 4. FEM-laskennassa kappaleesta muodostetaan kolmioverkko [7.]

3 Suunnittelu

3.1 Mekaaninen suunnittelu

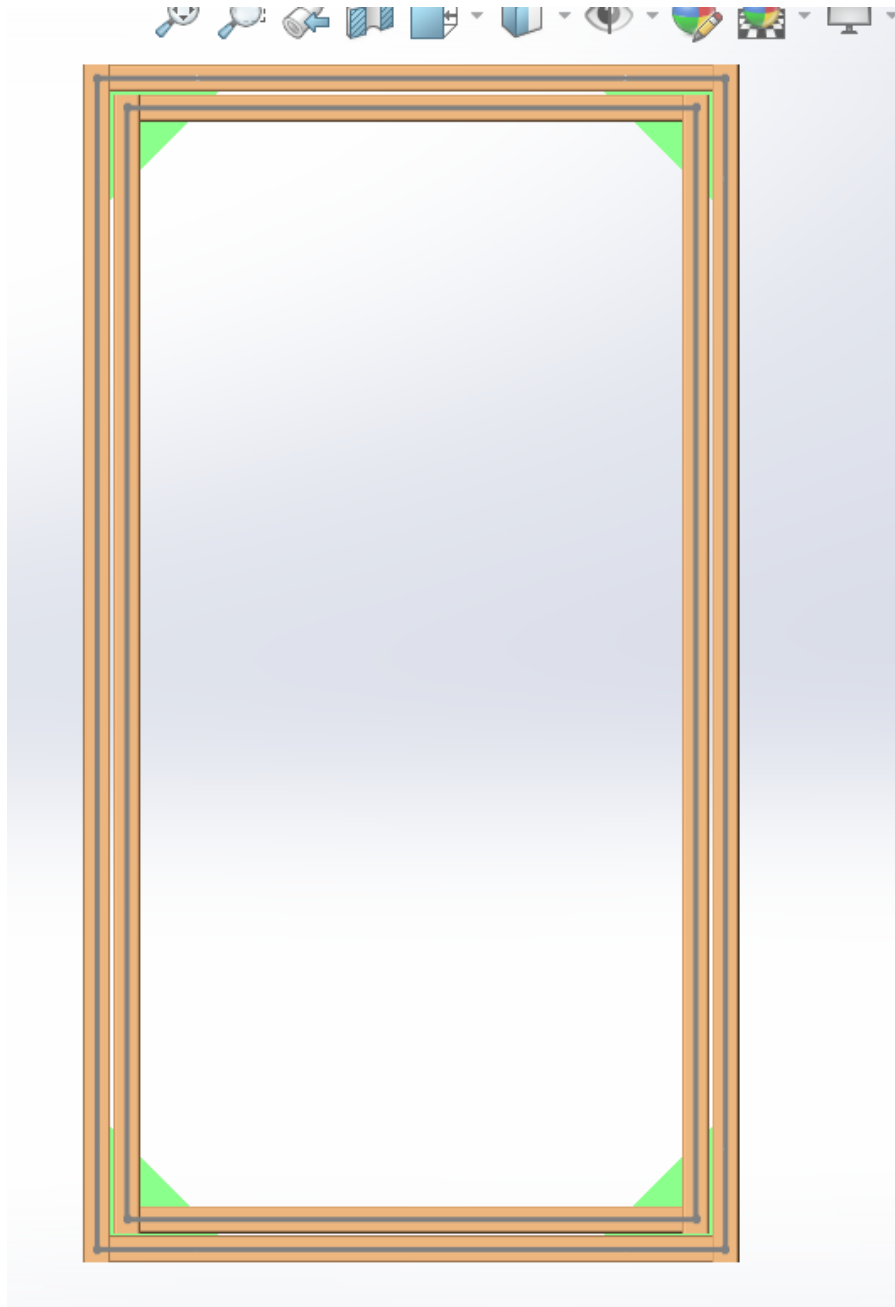
Mekaaninen suunnittelu oli suurin yksittäinen työvaihe laitteen valmistamisessa. Mekaanisessa suunnittelussa suunniteltiin laite ja sen mekaaniset komponentit toisiinsa yhteensopiviksi ja mahdollisimman edulliseksi valmistaa. Myös tekniset piirustukset luotiin alihankintaa varten ja arkistoitiin.

Standardissa määritellään tarkasti oven mitat, joita tulee käyttää testilaitteessa. Standardin määrittämät mitat ja massa ovelle olivat lähtökohtana suunnittelun aloittamiselle. Oven tulisi painaa 200 kg ja olla kooltaan 2100x1100 mm. Tietenkään ovi ei itsessään voisi painaa kahtasataa kiloa, sillä sen kantaminen 3. kerrokseen suunniteltuun tilaan olisi hyvin vaikeaa eikä oveen kannattaisi hitsata niin paljoa rautaa. Oven massaa lisäävät 16 mm pulteilla oveen kiinnitetyt levypainot, joita painonnoston harrastajat käyttävät. 6 kpl 25 kg:n levypainoja lisäävät oven massaa 150 kg ja ovat 25 kg:n erissä huomattavasti helpompia liikutella. Tällöin ovi saa painaa 50 kg, joka on kohtuullisen helposti toteutettavissa.

Oven ja rungon materiaaliksi valittiin aluksi 50x50x3 mm RHS-putkipalkki, materiaalina S355J2H. Valinta suoritettiin enimmäkseen ns. näppituntumalla, mutta myös helpon saatavuuden ja edullisen hinnan vuoksi. Myöhemmin osien lujuudet varmistettiin vielä SolidWorksin lujuusanalyysillä. Palkin seinämävahvuus vaihdettiin kuitenkin ennen tarjouspyyntöjä 4 mm vahvuiseksi, koska haluttiin välttää palkin kasaan puristuminen, sillä pulttiliitokset tulevat suoraan palkkiin, eikä palkkien sisälle suunniteltu mitään tukia, jotka tukisivat palkkia pulttiliitosten kohdalta. Tukien lisääminen porareikien kohdalle olisi vaikeaa, sillä reikiä oli pahimmillaan 2110 mm pitkän putken keskellä.

Materiaalin S355J2H EN 10210-1, joka on tyyppilinen putkimateriaaleissa käytetty teräslaji, myötölujuus on tyyppimerkinnän mukaisesti 355 N/mm². Murtolujuus 4 mm seinämän vahvuudella on välillä 490–630 N/mm². [8, s.146]

Tämän jälkeen suunniteltiin ovelle 5 mm ovivälillä karmit (kuva 5), joihin aloitettiin muiden valmistettavien osien suunnittelu. Karmeihin kiinnitettiin sylinterit, saranat ja kaikki muut komponentit, jotka tulivat laitteeseen. Saranat kiinnitettiin oveen sekä karmeihin kiinni pulttiliitoksella, sillä saranat tulee olla mahdollista vaihtaa ilman tulitöitä, jos ne kuluvat oven käytössä. Tästä syystä oveen tuli kolme saranaa, jotta saranat ovat mahdollista vaihtaa ilman ovilehden irrottamista.



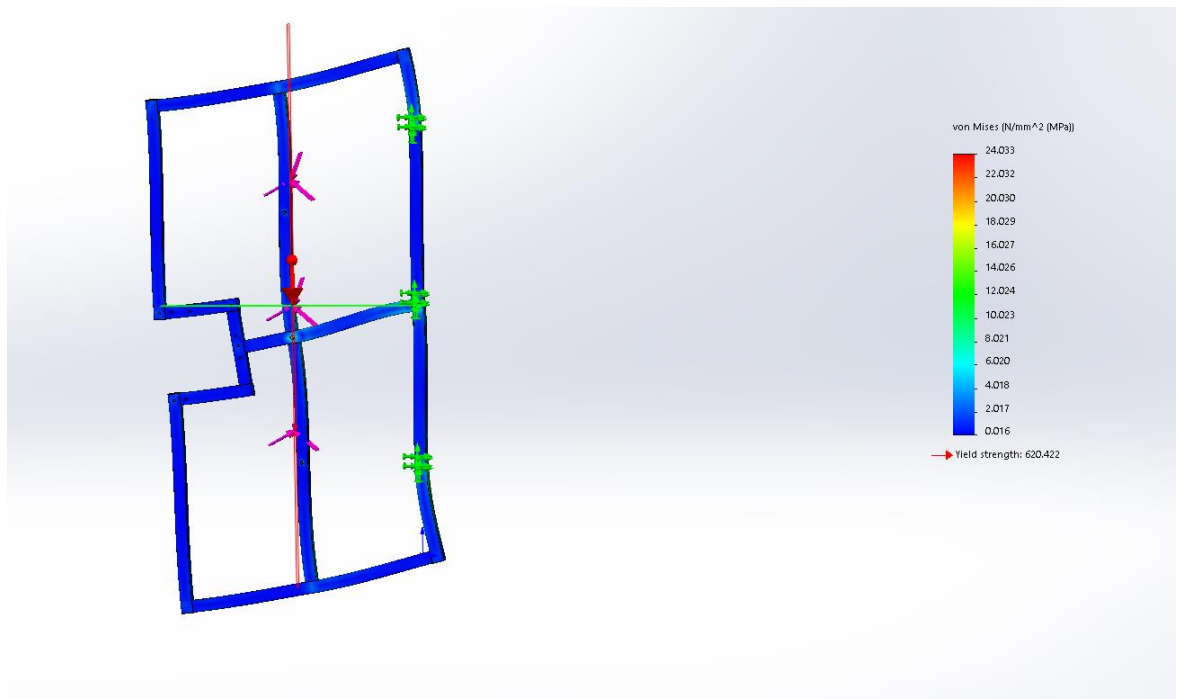
Kuva 5. Ovi ja karmit suunnittelun alkuvaiheessa

Kun oven karmit ja ovi olivat valmiit, täytyi miettiä oven kiinnitys ja tuenta. Oven painoksi tulisi 200 kg, lisäksi karmien ja muiden tarvikkeiden paino yhteenlaskettuna ollaan lähellä 250 kilogrammaa. Ovi myöskin kääntyisi ulospäin karmista, jolloin painopiste siirtyisi pois oven keskilinjasta ja aiheuttaa mahdollisuuden kaatua eteenpäin.

Laitteelle tuli jaloiksi kaksi kappaletta putkipalkista karmiin kiinni hitsattua 600 mm pitkää jalkaa. Oven painopiste pysyy oven aukeaman aikana selkeästi jalkojen sisäpuolella, jolloin oven ei pitäisi kaatua eteenpäin. Turvallisuuden ja tukevuuden vuoksi sekä heilumisen estämiseksi lisättiin karmiin vielä kiinnikkeet, joilla ovi kiinnitetään seinään kiinni.

Laitteiston osat valmistettiin mahdollisimman edullisiksi ja halvoiksi valmistaa. Tätä helpotti aikaisempi kokemus metallitöistä ja osien valmistuksesta. Esimerkkinä kaikki putkiosat oli sahattu suoraan kulmaan, sekä koneistettavien osien sijaan suositettiin levyleikkeitä ja standardiosia.

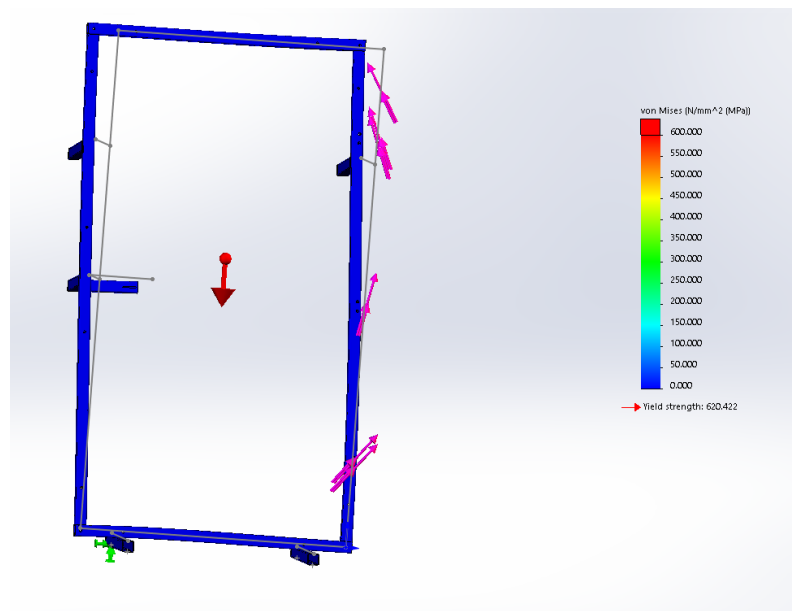
Oveen lisättiin vahvikkeet ja siitä tehtiin lujuusanalyysi (kuva 6), jotta pystyttiin varmistumaan, kestäkö se varmasti staattisen rasituksen, joka siihen kohdistuu. Lisäksi painot, jotka oveen tulevat, ovat helppo kiinnittää oven keskilinjalla olevaan pystyputkeen.



Kuva 6. Oven lujuusanalyysi

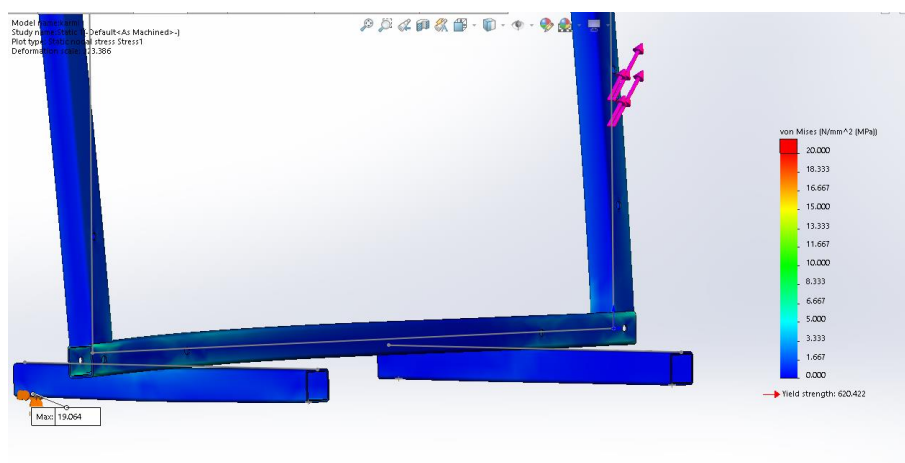
Lujuusanalyysissä käytettiin SolidWorks Simulation -lisäosaa, joka on SolidWorksin oma kattavampi lujuuksien analysointiin tarkoitettu lisäosa. Oven lujouden tarkastelussa tukipisteinä käytettiin saranan reikiä, joihin saranat kiinnitetään. Kuorma, jonka suuruus oli 150 kg, kiinnitettiin oven keskellä olevassa pystyputkessa oleviin 16 mm reikiin, jotka ovat lisäpainojen kiinnitystä varten. Lisäksi käytettiin painovoimaa ovea kuormittavana voimana.

Myös runko lujuusanalysoitiin varmuuden vuoksi (kuva 7). Rungon tukipisteinä käytettiin jalkojen päitä ja kuormana vääntömomenttia, joka vastaa 200 kg massaa saranan kiinnitysrei'issä, sekä painovoimaa. Lujuusanalyysi kertoo, että rungossa on selkeästi varmuuskerrointa myötö- ja murtorajansa suhteen.



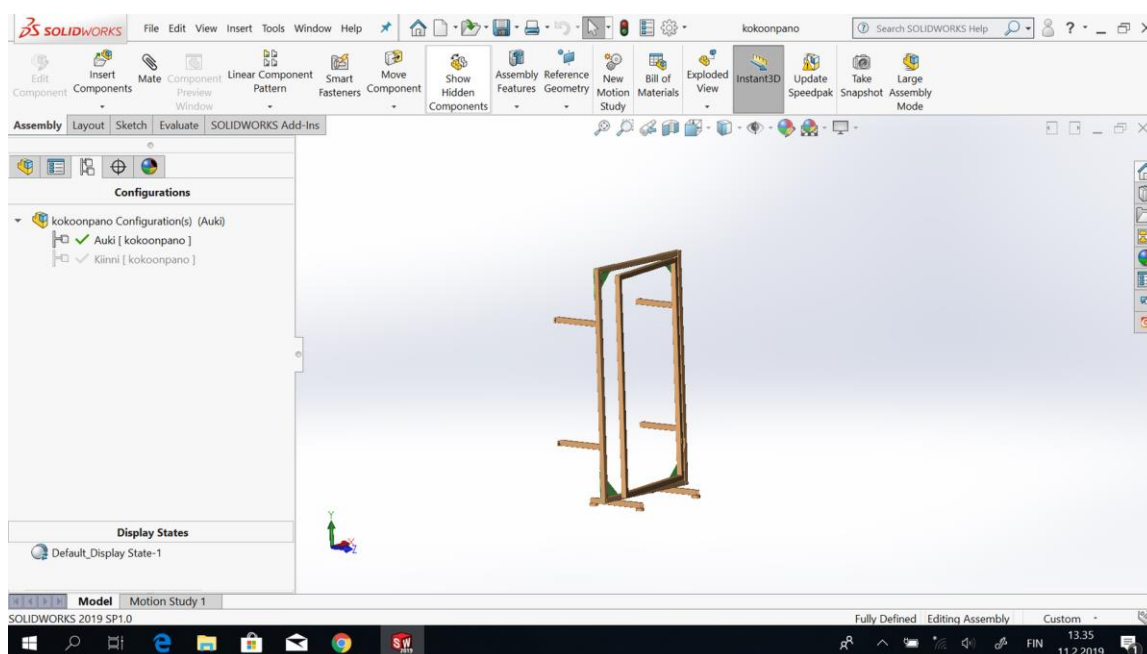
Kuva 7. Rungon lujuusanalyysi

Rungon suurimmat kuormitukset olivat vain noin 20 N/mm^2 , joten myötöraja teräksellä on noin 18-kertainen kuormitukseen nähden. Kuvassa alla nähdään, kuinka suurimmat kuormitukset tulevat palkin päihin, jotka ottavat vastaan pystysuuntaisissa palkeissa olevan painon (kuva 8).



Kuva 8. Suurimmat kuormitukset rungon alareunassa

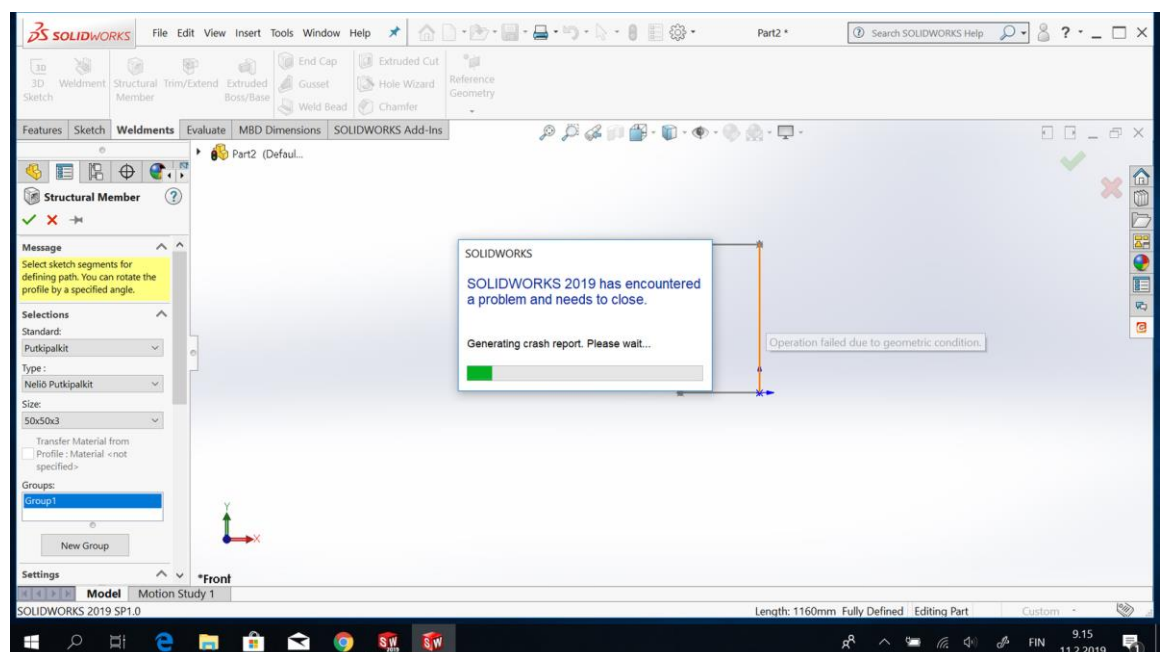
Standardin mukaan oven aukeaman tulee olla lukon kielen kohdalta mitattuna 200 mm. Tein kokoonpanon 3D-malliin kaksi eri konfiguraatiota (kuva 9). Konfiguraatiot tarkoittavat kokoonpanon erilaisia versioita, joissa voi käyttää eri asentoon asennettuja komponentteja tai eri komponentteja.



Kuva 9. Konfiguraatiot SolidWorksissa

Toisessa konfiguraatiossa ovi on kiinni ja toisessa standardin määrittämässä ulkoasennossa. Tämä helpotti työtä, sillä avaussynterinin pituus ja asema voitiin suunnitella suoraan oikeaan mittaan ja asemaan.

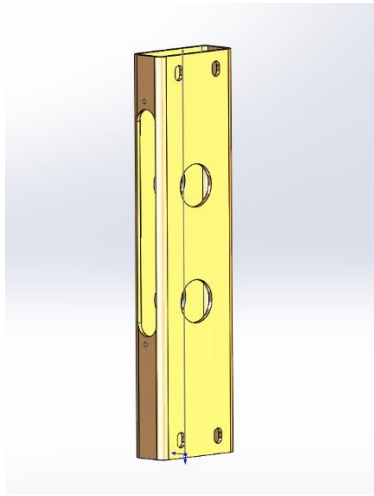
Suunnittelua hidasti erityisesti suunnitteluohjelmiston epävakaus, mikä johtui todennäköisimmin käytetystä tietokoneesta, ohjelmistosta ja niiden yhteensopivuusongelmista. Esimerkkinä putkirunkoa piirrettäessä ohjelma kaatui lähes aina pursotettavaa putkea valittaessa (kuva 10). Ongelmasta ei päästy eroon, mutta sen kanssa kyettiin toimimaan riittävän tiheällä tallennusvälillä.



Kuva 10. SolidWorksin kaatumisilmoitus

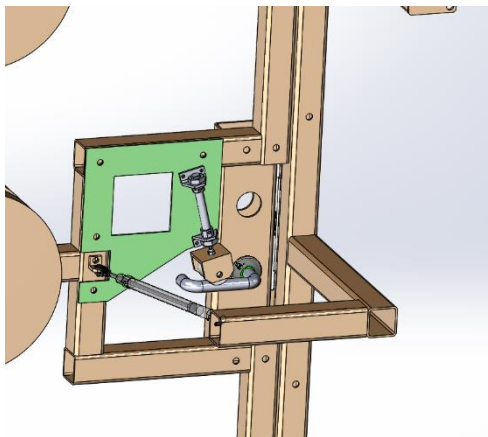
Työn tilaaja toimitti lukoista myös ”mock-up”-mallit eli pelkistetyt 3D-mallit lukoista, joilla pystyttiin suunnittelemaan lukkoklossit. Lukkoklossilla tarkoitetaan sellaista osaa, jolla voidaan kiinnittää erilaiset lukkorungot ovenkarmeihin kiinni ilman erillisiä muutostöitä laitteeseen.

Asiakkaalla oli fyysisesti valmiina yksi lukkoklossi, josta piirrettiin 3D-malli (kuva 11). Vanhan lukkoklossin mukaan suunniteltiin muille heidän tuottamilleen lukkorungoille ja vastaraudoille uudet klossit. Vanhan klossin tuli olla yhteensopiva oven kanssa. Klossien suunnittelussa tuli käyttää asiakkaan antamaa dokumentaatiota, jotta lukot on oikein kohdistettu toisiinsa.



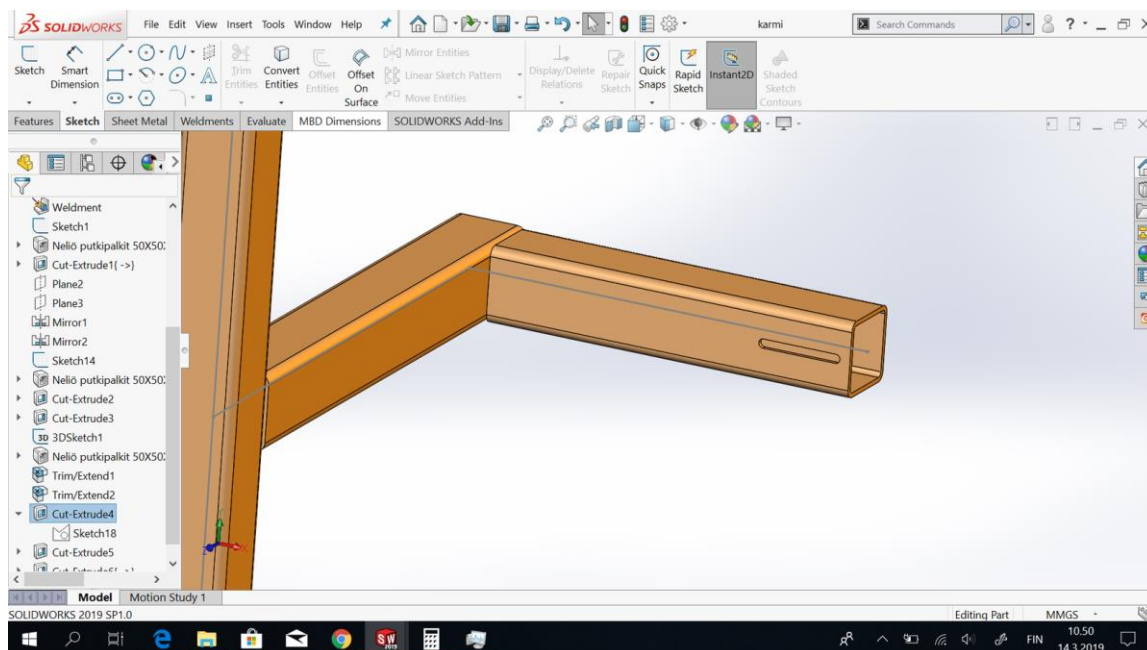
Kuva 11. Lukkoklossin 3D-malli

Kokoonpanoon saatiin kaikista komponenteista 3D-mallit. Nykyään komponenttivalmistajat voivat toimittaa lähes kaikista komponenteista 3D-mallin, joka helpottaa suunnittelua olennaisesti. Oven saranat tulivat eräältä suomalaiselta saranatehtaalta, josta saatiin 3D-malli saranoista. Mallin avulla voitiin suunnitella karmiin ja oveen reiät saranoille. Myös paineilmakomponenteista löytyi komponenttivalmistajan sivuilta 3D-mallit, joita pystyin käyttämään osien mitoituksessa (kuva 12).



Kuva 12. Ovenkahvan paininsylinteri asetteilla

Aivan täysin en 3D-malliin ja valmistuksen toleransseihin luottanut, vaan suunnittelin kriittisiin paikkoihin kuten avaussylinterin kiinnityskohtaan ”juoksureiän” (kuva 13), jotta oven valmistuksessa olevien toleranssien muuttuessa voidaan oven avautuma säätää standardin mukaiseksi.

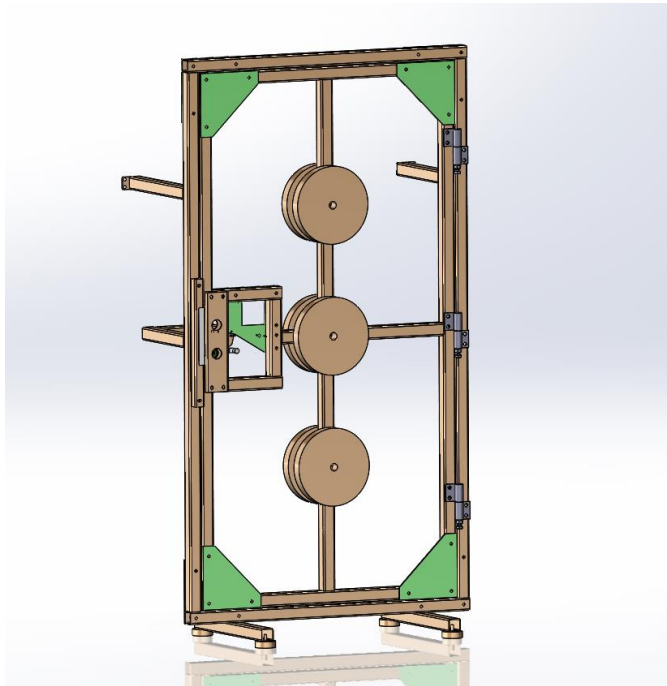


Kuva 13. Juoksureikä avaussylinterin kiinnitykselle

Kaikki oven liikkeiden pysähdykset ovat vaimennettuja. Ulospäin suuntautuvan liikkeen vaimennus hoituu paineilmasylinterin pneumaattisella päätyvaimennuksella ja sisäänpäin suuntautuvan liikkeen pysäyttävät kumityyny. Lisäksi jalkojen alla on kumitassut, jotka vaimentavat lattiaan johtuvan äänen.

3.2 Teknisten piirustusten piirtäminen

Kun 3D-suunnittelu oli valmis (kuva 14) ja asiakkaan kanssa käyty 3D-suunnitelmat läpi, tuli osista piirtää tekniset piirustukset valmistusta varten. Teknisissä piirustuksissa ovat osien mitat sekä valmistusohjeita. Nykyaikaisilla CAD-ohjelmistoilla on helppo tehdä piirustuksia, sillä 3D-mallit voidaan suoraan projisoida piirustuspohjalle ja luoda eri projektiot vain hiiren klikkauksella, eikä tarvitse piirtää jokaista kuvantoa erikseen. Liitteenä tekninen piirustus ovesta (liite 1).



Kuva 14. Suunnittelutyö valmiina

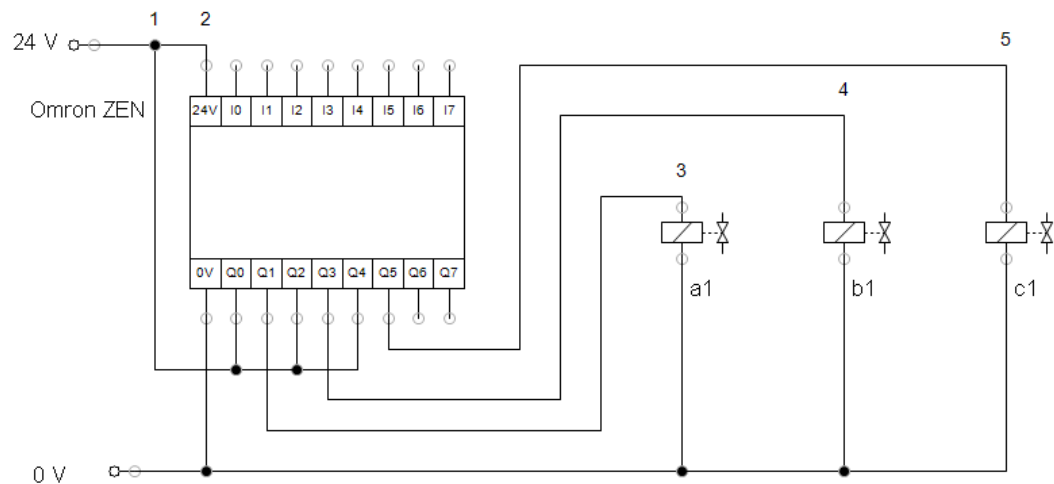
3.3 Elektroniikka ja ohjelmointi

Testioveen valittiin laitetta ohjaavaksi logiikaksi Omronin kevyt ZEN-logiikka siitä syystä, että asiakkaalla oli aikaisempia ZEN-logiikoita käytössään ja niiden ohjelmoiminen sekä käyttö oli heille tuttua ja yksi laite löytyi asiakkaan varastosta.

Laite suunniteltiin toimimaan 24 V DC suojajännitteellä, jotta se olisi käyttäjälle turvallinen ja kaikki komponentit toimisivat suoraan 24 V jännitteellä. Laite käyttää niin vähän tehoa, että 24 V järjestelmä riittää varsin hyvin.

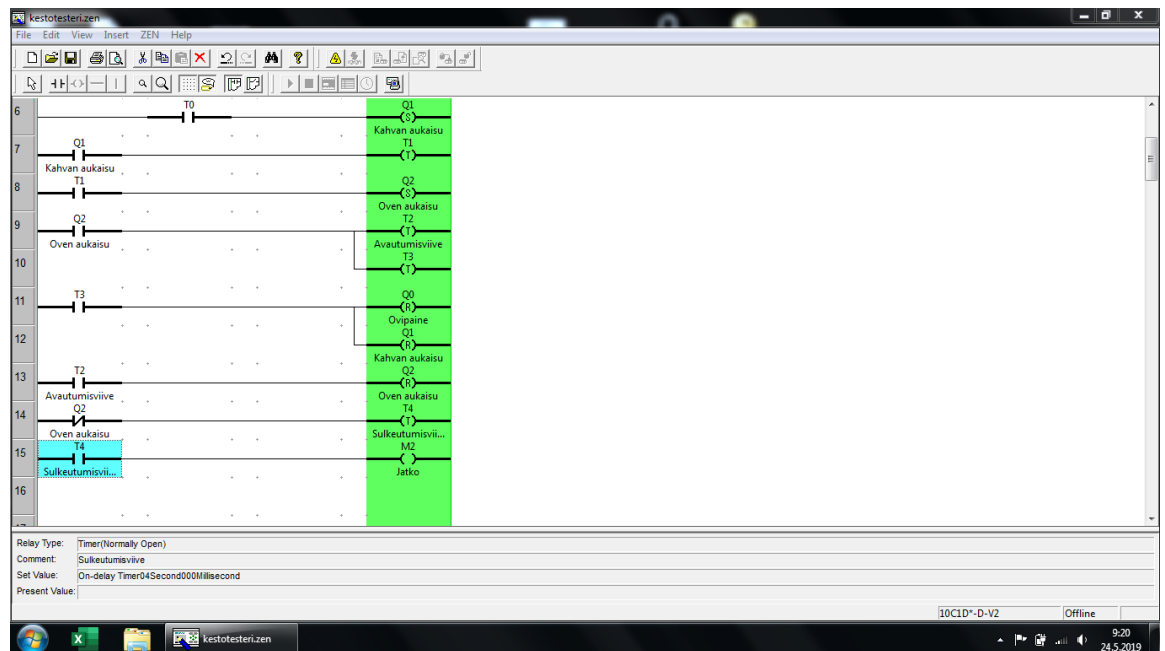
Itse elektroniikka oli yksinkertaista. Laitteessa oli elektronisia komponentteja vain 24 V tasavirtalähde, ohjelmoitava logiikka sekä 3 kpl magneettiventtiileitä, yksi kullekin sylinterille. Lisäksi oli sähköjohtoa ja riviliittimiä. Piirikaavio elektronisista komponenteista alla (kuva 15).

Ohjelmoitava logiikka tai ohjelmoitava rele, kuten Omron sitä nimittää, ohjaa magneettiventtiileitä ohjelman mukaisessa järjestyksessä. Tässä laitteessa ei käytetty rajakytkimiä sylintereissä, vaan kaikki liikkeet perustuvat ohjelmassa käytettyihin viiveisiin.



Kuva 15. Elektroniikan piirikaavio

Laitteen ohjelma on hyvin yksinkertainen, joten ZENin suorituskyky riittää tähän käyttötarkoitukseen erinomaisesti. Ohjelmointi suoritettiin Omronin omalla ohjelmistolla, joka käyttää ladder (tikapuu)-muotoista ohjelmaa. Ohjelmaan tuli vain 15 riviä, enimmäkseen releiden ohjauksia ja viiveitä. Kuvakaappaus Omronin ohjelmistosta kuvassa 16.



Kuva 16. Kuvakaappaus Omronin ohjelmistosta

Laitteeseen ei tullut mitään ulkopuolisia painikkeita, vaan laitteen käyttö tapahtuu logiikassa olevista näppäimistä. Näppäimillä pystyy käynnistämään ja pysäyttämään laitteen sekä nollaamaan laskurin, joka laskee syklien määrää.

3.4 Pneumatiikka

Laitetta käyttäväksi voimaksi valittiin paineilma sen helpon käytettävyyden sekä halpojen toimilaitteiden takia. Paineilmasyylinterit ovat erittäin helppo ja edullinen tapa tuottaa lineaarista liikettä, jos liikkeen ei tarvitse pysähtyä tarkkaan pisteeseen liikkeen päätepisteiden välillä. [5.]

Standardi SFS-EN 12209 määrittää tietyn voiman, jolla oven tuli sulkeutua ja kahvan kiertyä sekä myös tiivistepaine oli määritetty standardissa.

Ennakkotietona meillä oli voima, jonka standardi vaatii, sekä paine, joka oli käytettävissä rakennuksen paineilmaverkossa, eli 8 bar. Käytin laskuissa 4 barin painetta, jotta meillä on säätövara voimassa ylös- ja alaspäin riittävästi, kitkasta ja muista häviöistä johtuen.

Paineilmasyylintereitä käyttämällä on helppo määrittää voima, minkä sylinteri tuottaa. Sylinterissä vaikuttava paine kerrottuna männän pinta-alalla saadaan määritettyä voima, jonka sylinteri tuottaa. [9.]

$$F = p * A \quad (1)$$

Yhtälö voimalle, jonka mäntä tuottaa.

$$A = \frac{F}{p} \quad (2)$$

Yhtälön voi muuttaa myös niin, että voimalla ja paineella saadaan pinta-ala.

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \quad (3)$$

Männän pinta-ala tulee muuttaa vielä halkaisijaksi, joka pyöreällä sylinterillä saadaan kaavasta 3.

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (4)$$

Halkaisija saadaan laskettua, kun tiedetään sylinterin pinta-ala.

Tarvittava männän halkaisija eri kohteissa laskettiin, ja sopivan kokoinen sylinteri valittiin kohteeseen.

Standardi määrittelee voiman oven sulkemiseen, jonka tulee olla 7 N. Jos 7 N ei riitä, tulee voimaa lisätä asteittain 20 % kerrallaan, jotta lukko sulkeutuu, kuitenkin enintään 50 N. Laskin sylinterin halkaisijan maksimivoiman.

Pinta-ala:

$$A = \frac{50 \text{ N}}{0,4 \text{ Mpa}} \quad (2)$$

$$A = 125 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{männänvarsi}} = \frac{\pi * 6 \text{ mm}^2}{4} \quad (3)$$

$$A_{\text{männävarsi}} = 28.27 \text{ mm}^2$$

Halkaisija:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot (125 + 28.27) \text{ mm}^2}{\pi}} \quad (4)$$

$$d \approx 13.97 \text{ mm}$$

Oven sulkeutuminen tapahtuu sylinterin miinus-liikkeenä, eli sylinteri ei suoraan ole männän pinta-alan kokoinen, vaan pinta-alasta tulee vähentää männänvarren halkaisijan viemä pinta-ala, jolloin saadaan tehollinen halkaisija.

Sylinterin kooksi valitaan seuraava mahdollinen halkaisija eli 16 mm.

Ovenkahvan avautumiselle standardi määrittää vain maksimimomentin, jolla ovenkahva saa avautua, 10 Nm. Tässä tapauksessa käytettiin 100 mm tai 0,1 m etäisyyttä ovenkahvan nivelpisteestä, jolloin maksimivoima saisi olla:

$$F = \frac{10 \text{ Nm}}{0,1 \text{ m}} = 100 \text{ N} \quad (5)$$

Tosin tiedettiin, että lukko aukeaa huomattavasti pienemmällä voimalla, jolloin sylinterin pinta-ala laskettiin 50 N voiman mukaan.

Pinta-ala:

$$A = \frac{50 \text{ N}}{0.4 \text{ Mpa}} \quad (2)$$

$$A = 125 \text{ mm}^2$$

Halkaisija:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 125 \text{ mm}^2}{\pi}} \quad (4)$$

$$d \approx 12,60 \text{ mm}$$

Sylintereiksi ja muiksi paineilmakomponenteiksi valittiin SMC:n tuotteet, sillä asiakas on käyttänyt heidän tuotteitaan aikaisemmin. Elektroniset ja pneumaattiset komponentit asennettiin näkyvälle paikalle levyn pintaan, josta on nopea tarkastaa sylintereiden paineet sekä käyttää Omronin painikkeita ja tarkastaa laskurin lukumäärä näytöltä. Kuva paneelistä liitteenä (liite 2).

4 Valmistuttaminen

Alihankinta tarkoittaa jonkin asian valmistuttamista jollain ulkopuolisella taholla. Testioven osat päätettiin valmistuttaa alihankintana, sillä meillä ei ollut riittäviä resursseja tai koneita valmistaa, koneistaa ja maalata laitteeseen tulevia osia. Eikä myöskään ollut kannattavaa hankkia yhtä työtä varten kalliita tuotantolaitteita, tiloja ja henkilökuntaa, mikä ei ole yrityksen toimialaa.

4.1 Tarjouspyyntö

Tarjouspyyntö on tilauksen ensimmäinen vaihe. Asiakasyrityksiltä pyydetään tarjous eli tehdään tarjouspyyntö. Tarjouspyynnössä määritellään, mitä halutaan, liittämällä esimerkiksi tekniset piirustukset tarjouspyyntöön. Tarjouspyynnössä voi olla myös muita ehtoja esimerkiksi liittyen toimitusaikaan tai -tapaan.

Tarjouspyynnot lähetettiin neljään paikalliseen yritykseen, jotka olivat minulle entuudestaan tuttuja. Tarjouspyynnössä oli liitteenä piirustukset osista sekä vaatimukset kappalemääristä, pintakäsittelystä ja toimitusajasta.

4.2 Tarjoukset

Tarjouspyynnön jälkeen asiakkaat toimittavat tarjoukset. Joskus ennen virallisen tarjouksen lähettämistä voidaan kysyä vielä tarkentavia kysymyksiä tarjouspyyntöön liittyen esimerkiksi pintakäsittelyn laatuvaatimuksista tai toimituksesta.

Kahdelta yritykseltä saatiin tarjous osista vastauksena tarjouspyyntöön. Yksi kieltäytyi tekemästä osia epäsopivien koneiden vuoksi ja yksi ei vastannut ollenkaan tarjouspyyntöön.

4.3 Tilaus

Tilaus tapahtuu, kun kaikki tahot, joita on kysytty tarjous, ovat vastanneet tarjoukseen tai ajallinen raja tulee täyteen ja tarjousten ehdot täyttävät tilaajan vaatimukset. Yleensä valitaan edullisin tai muuten käyttöön sopivin tarjous.

Tilaus tehtiin yritykselle, joka teki edullisimman tarjouksen. Tarjouksessa toimitusaika oli hieman pidempi kuin tarjouspyynnössä oli vaatimus, mutta tästä joustettiin.

4.4 Toimitus

Tilauksen jälkeen valittu toimittaja alkaa tuottamaan tilattuja osia. Yleensä tarjouspyynnössä on mainittu jokin tietty toimituspäivä, jolloin toimittajan tulee toimittaa osat tilaajalle. Tilaaja on voinut määrittää tilaukselle jonkin päivämäärän, jolloin tilauksesta alkaa tulemaan sanktioita, esimerkiksi sakkoa.

Tämän projektin osien toimitus viivästyi hieman, mutta laite kyettiin silti saattamaan valmiiksi määräaikaan mennessä.

4.5 Reklamaatio

Reklamaatio tehdään silloin, jos toimitettu tuote ei ole tilauksen mukainen ja se ei sovellu asiakkaan käyttöön. Yleensä asiakkaan tulee korjata toimitettu tuote viivyttelämästä ja joissakin sopimuksissa reklamaatioista saattaa saada sanktioita.

Yhdestä tilatusta osasta piti tehdä toimittajalle reklamaatio, sillä karmiin hitsattu varsi, johon oven avaava paineilmasylinteri kiinnittyi, oli hitsattu 300 mm väärään kohtaan. Toimittaja korjasi osan, jolloin kokoonpanoa päästiin jatkamaan.

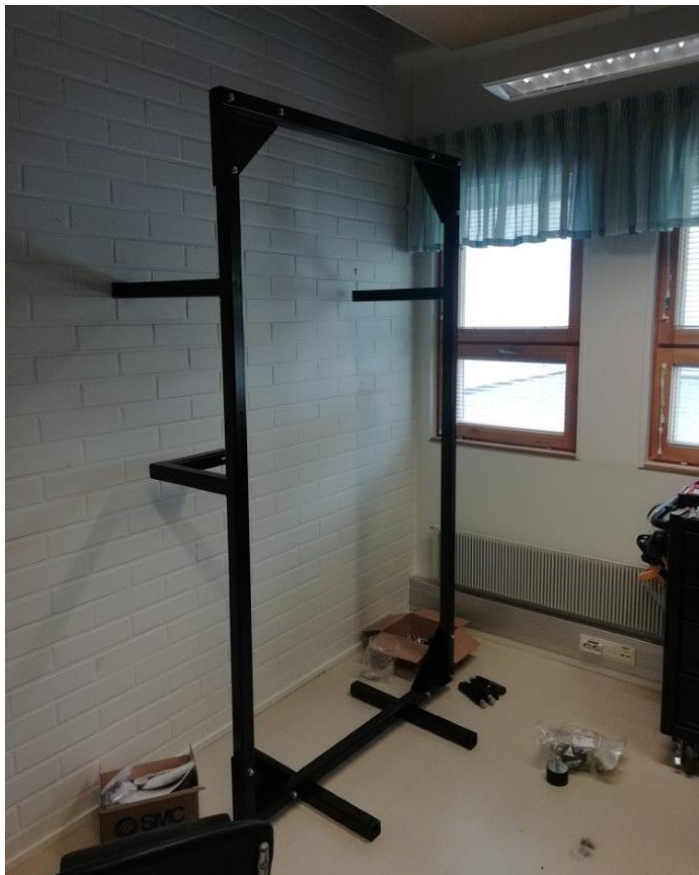
5 Käyttöönotto

Käyttöönotto on vaiheiden kokonaisuus, jossa laite asennetaan, kasataan, koekäytetään ja saataan valmiiksi asiakkaan käyttöä varten. Käyttöönotto päättyy yleensä asiakkaan hyväksyntään.

5.1 Asentaminen

Saatuamme kaikki osat piirustusten mukaisessa kunnossa alkoi kokoonpano ja asennus.

Karmien kokoonpanon (kuva 18) jälkeen vuorossa oli ovilehden kiinnittäminen ja jäljelle jääneiden osien asentaminen, kuten lukko ja saranat sekä paineilma- ja elektroniset komponentit (kuva 19).



Kuva 18. Karmien kokoonpano



Kuva 19. Oven kahvan painosylinteri ja oven avaussylinteri

Tämän vaiheen jälkeen, kun ovi oli mekaanisesti valmis (kuva 20), oven toimivuutta päästiin kokeilemaan käytännössä, jossa ilmeni pieniä ongelmia.



Kuva 20. Mekaanisesti kokoonpantu laite odottaa johdotuksia ja paineilmaa

5.2 Ongelmien ratkaisu

Uutta tuotetta kehittäessä jossain vaiheessa kohdataan melkein väistämättä ongelmia. Oven kasattua ja säädettyäni ovivälit kohdalleen pääsin kokeilemaan oven toimintaa käytännössä. Vaikka ovivälit oli säädetty oven ollessa levossa kohdalleen, niin ovea liikuttaessa ovi pääsi roikkumaan ja alkoi hankaamaan karmiin alhaalta. Ongelma kärjistyi painojen kanssa niin pahaksi, että ovi oli karmeissa jumissa.

Vika oli ristimitassa, joka oli pielessä, vaikka ristimitta kokoonpanovaiheessa tarkastettiin ja asetettiin oikeaksi. Karmi pääsi kääntymään ns. salmiakiksi, sillä karmi oli kasattu pulttiliitoksilla, jotka eivät jaksaneet pitää karmeja kohdallaan 90 asteen kulmassa vaan luistivat.

Ongelman ratkaisuksi kehiteltiin diagonaalituki (kuva 21). Karmin ristikkäisiin kulmiin suunniteltiin kiinnikkeet, joiden läpi tuli kierretanko. Kierretangolla saadaan kiristettyä ristimitta oikeaan arvoon.



Kuva 21. Diagonaalituen kiinnike

5.3 Viimeistely ja hyväksyntä

Projekteissa on usein asiakkaan hyväksyntä vaatimuksena maksulle tai takuun alkamiselle. Toimittajan tulee tehdä laite sopimuksen mukaiseksi ja vastata siitä, että laite pysyy käyttökunnossa takuuajan.

Laitteen viimeistelyä päästiin jatkamaan, kun ongelma rungon kanssa saatiin kuntoon. Asiakkaan vaatimusten mukaisesti laite kiinnitettiin seinään, jotta se ei missään tapauksessa pääse kaatumaan.

Viimeisinä toimenpiteinä paineilmasylintereiden liikenopeuksia säädettiin vastusvastaventtiileitä säätämällä ja viiveitä ohjelmassa hienosäätämällä. Asiakas hyväksyi tämän jälkeen laitteen. Kuvassa alla laite luovutuskunnossa (kuva 22).



Kuva 22. Laite valmiina käyttöön

6 Lopputulos

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa asiakkaalle laite, jolla suoritetaan lukkojen SFS-EN 12009 standardin mukainen kestopestaus ja siten voidaan myöntää lukoille vaadittava CE-merkintä.

Alusta alkaen minulle oli selvää, että tämä työ tullaan tekemään valmiiksi asti, eikä vain suunnitteluvaiheelle, sillä halusin nähdä, miten itse suunnittelemani laite toimii ja suoriutuu sille annettusta tehtävästä.

Laitteen suunnittelu onnistui hyvin, ja mielestäni suunnittelin laitteen, joka oli edullinen valmistaa ja täytti kaikki asiakkaan antamat reunaehdot, jotka sovittiin aloituspalavereissa. Aikataulullisesti laitteen tuli olla käyttövalmis ennen kesää 2019, johon nipin napin kyettiin, tosin ei suunnittelun viiveistä vaan tarjouspyyntöjen, alihankinnan ja reklamaation käsittelyn pitkäköistä ajoista johtuen.

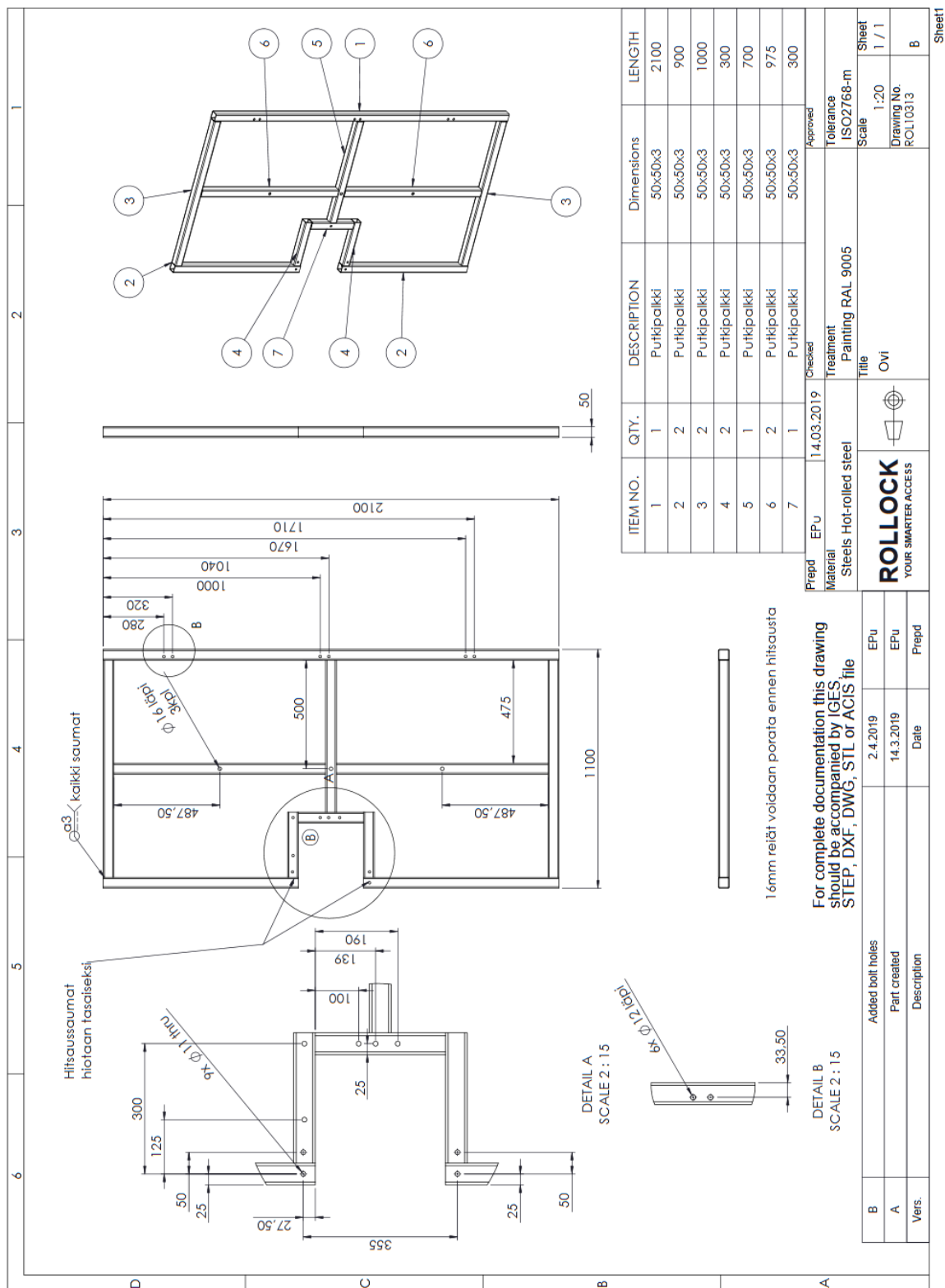
Piirustuksissa ei ollut mitään suuria virheitä, jotka olisivat haitanneet osien valmistamista ja kokoonpanokin sujui mutkitta. Tosin viimeisessä vaiheessa huomattu karmin joustaminen olisi pitänyt ottaa jo suunnitteluvaiheessa huomioon, mutta onneksi virhe korjattiin yksinkertaisella tuella ja laitteesta saatiin toimintakuntoinen.

Lopputuloksena asiakas sai valmiin laitteen, jonka toimintaan oli tyytyväinen ja minä sain mielenkiintoisen aiheen opinnäytetyötä varten, josta jäi myös konkreettista kokemusta sekä luotto omaa tekemistä kohtaan.

Lähteet

1. Rollock Oy:n WWW-sivut.; <https://www.rollock.fi/>. 18.10.2019
2. SFS.fi WWW-sivut.; https://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/usein_kysyttya. 18.10.2019
3. Tukes, CE-merkintä.; <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/ce-merkinta>. 18.10.2019
4. MetSta. Teknisen piirustuksen standardit. 2019; <https://www.sfsedu.fi/files/147/Teknisenpiirustuksenstandardit.ppt>. 18.10.2019
5. Heinonen M, Keinänen T, Kärkkäinen P. Konetekniikan perusteet. 12., uudistettu painos ed. Helsinki: Sanoma Pro Oy; 2016.
6. SolidWorks WWW-sivut.; <https://www.solidworks.fi/>. 18.10.2019
7. Akin JE. Finite Element Analysis with Error Estimators : An Introduction to the FEM and Adaptive Error Analysis for Engineering Students. Burlington: Butterworth-Heinemann; 2005.
8. Rautaruukki. Rautaruukin terästuotteet: Suunnittelijan opas. 6.th ed.; 2000.
9. Hautanen J, Hautanen J, Järvinen K, Simpura A, Ellman A. Pneumatiikka. Helsinki: Edita; 2002.

Liite 1.



This document must not be copied without our written permission, and the contents thereof must not be imparted to a third party nor be used for any unauthorized purpose. (c) Rollock Oy 2017.

Tätä asiakirjaa ei saa ilman meidän lupamme jäljentää. Sita ei myöskään saa esittää toiselle tai muutoin asiattomasti käyttää.

2

OK

Role

9

Liite 2

