

Kai Haaranen

AC-UUNIN UUDEN ELEKTRODIEN TUKIRAKENTEEEN
SUUNNITTELU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
2013

AC-UUNIN UUDEN ELEKTRODIEN TUKIRAKENTEEN SUUNNITTELU

Haaranen, Kai
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Helmikuu 2013
Ohjaaja: Nurmi, Lassi
Sivumäärä: 34
Liitteitä: 13

Asiasanat: sylinterit, rakenne, hydraulikka

Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella Outotec Research Center Porin pyrometallurgisen koetehtaan AC-uunin säätölaitteisiin uusi elektrodien tukirakenne. Uusi malli tarvittiin, jotta uudet entistä pidemmät elektrodien säätösylinterit mahtuvat tukirakenteen ja uunin kannen väliin.

Elektrodien tukirakenteen suunnittelu aloitettiin tarkastelemalla nykyistä rakennemallia sekä mittaamalla tärkeitä mittoja, kuten ulkomitat. Rakenteen ulkomitat olivat yksi rajoittava tekijä sen suunnittelussa, sillä tilaa rajoittavat virtakiskot, jotka johtavat virran uunin elektrodeille.

Tukirakenteen suunnittelussa pyrittiin kehittämään mallia siten, että elektrodien asennus paikoilleen ja pois otto helpottuisivat. Yhtenä tärkeimpänä tavoitteena rakenteen suunnittelussa pidettiin sen jäykkyyttä, johon pyrittiin vaikuttamaan rakenteen materiaalin paksuudella, koolla, sekä vinottaisilla tukipalkeilla.

Tukirakenteen 3D-mallinnukseen käytettiin Solidworks 3D -ohjelmaa, jolla suoritettiin myös rakenteeseen kohdistuvien voimien vaikutusten simulointi. Tuloksina simuloinnista saatiin rakenteen rasitukset sekä taipumat. Tulosten perusteella voitiin todeta, että uudesta tukirakenteesta tulee jäykkä. Uuden tukirakenteen mallista saatiin suunniteltua sellainen, että uudet säätösylinterit mahtuvat toimimaan rakenteen ja uunin kannen välissä. Myös elektrodien asennus ja pois ottaminen helpottuu uuden tukirakenteen johdosta.

DESIGN OF A NEW AC-FURNACE ELECTRODES SUPPORT STRUCTURE

Haaranen, Kai

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

February 2013

Supervisor: Nurmi, Lassi

Number of pages: 34

Appendices: 13

Keywords: cylinders, structure, hydraulics

The main purpose for this thesis was to design a new electrodes support structure to AC furnace's adjustment devices for company called Outotec Research Center. The new model was needed to fit new adjustment cylinders between the support structure and the cover of furnace.

Design of the support structure started examining old structure model and measuring of important dimensions like external dimensions. External dimensions of structure was one of the restrictive factors, because electricity rails which lead electricity to the electrodes are limiting the space.

One goal was to regenerate the model the way that installing and removing electrodes would be easier. One of the main goals was the stiffness of structure which was achieved with thickness and size of structure material and diagonal support beam.

Solidworks 3D program was used on modeling the support structure, program was used to simulation of forces which were targeted at structure. Results of simulation were structure stress and displacements. Based on the results it was found that the new structure model is very stiff. New model of the structure was designed in such a way that the new adjustment cylinders will fit between the structure and the cover of the furnace. Also installation and removing of electrodes will be easier from the new support structure.

TERMILUETTELO

Säätösylinteri	Säätösylintereillä säädetään sauvojen ja sulan välistä valokaaren pituutta.
Säätösauva	Sauvoihin johdetaan sähköä, joka saa aikaan valokaaren sauvan päässä uunin sisällä.
Käppäys	Käppäys tarkoittaa säätösauvan siirtämistä käppäyssylinterin avulla ylös tai alaspäin
AC	AC (engl. Alternating Current) tarkoittaa vaihtovirtaa. Vaihtovirran suunta vaihtelee ajan funktiona, mutta tasavirran suunta pysyy koko ajan samana.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Työn tarkoitus	6
1.2	Työn rajaus.....	6
2	OUTOTEC	7
2.1	Outokumpu Oy:sta Outotec Oyj:ksi.....	7
2.2	Outotec Oyj.....	8
2.3	Porin Outotec Research Center	9
3	AC-UUNIN LAITTEISTO JA RAKENNE.....	10
3.1	Hydraulilaitteet	10
3.2	Paineilmalaitteet.....	12
3.3	Jäähdytysvesikierto	13
3.4	Kaasujen käsittely	14
3.5	Rakenne.....	15
3.6	Ajotapahtuma.....	17
4	NYKYTILANNE	18
4.1	Elektrodit.....	18
4.2	Elektrodien tukirakenne	20
4.3	Ongelma.....	21
5	TAVOITTEESTA LOPPUTULOKSEEN	23
5.1	Tavoitteet	23
5.2	Elektrodien tukirakenteen uusi malli	23
5.3	Säätösyntereiden ohjauskiskot.....	27
5.4	Säätösyntereiden kiinnitys elektrodien tukirakenteeseen	27
5.5	Elektrodien uudet ohjausrenkaat.....	28
5.6	Solidworks-simuloinnin tulosten tarkastelu.....	29
6	LOPPUTARKASTELUT JA JATKOTOIMENPITEET	32
6.1	Lopputarkastelut	32
6.2	Jatkotoimenpiteet	33
	LÄHTEET.....	34
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

1.1 Työn tarkoitus

Työn tarkoituksena on suunnitella Outotec Research Centerin pyrometallurgisen koe-
tehtaan 2 megavolttiampeerin tehoisen AC- eli vaihtovirtauunin säätösauvojen oh-
jaussylintereiden muutostyö. Muutostyö suoritetaan siten, että nykyiset sylinterit
vaihdetaan pidemmän mallisiin, jotta käppäystä ei tarvitsisi suorittaa ja siten valokaa-
ren pituuden säädöstä tulisi jouhevampaa. Uusien sylintereiden myötä myös valokaa-
ren voimakkuuden muutokseen pystytään reagoimaan nopeammin käppäyksen jää-
dessä pois säädöstä. Sylintereiden pituuden muutoksen myötä elektrodien tukiraken-
netta joudutaan muuttamaan radikaalisti.

1.2 Työn rajaus

Työ pyrittiin rajaamaan siten että se koskee vain AC-uunin elektrodien tukirakenteen
muutostyötä, uudelleen paikoitusta, sekä rakenteessa kiinni olevia sylintereitä. Työs-
tä rajattiin pois hydraulisylintereiden paineletkujen uudelleensijoitus, hydraulii-
koneikon uusiminen sekä uunin kannen nostomekanismin suunnittelu.

2 OUTOTEC

2.1 Outokumpu Oy:sta Outotec Oyj:ksi

Outokumpu Oy aloitti toimintansa vuonna 1910 kun Outokummun alueella Pohjois-Karjalan maakunnassa löydettiin suuri kupariesiintymä, jota haluttiin alkaa hyödyntämään (Kuva 1). Outokumpu perusti Poriin metallurgian tutkimuskeskuksen vuonna 1949 edistääkseen tulevien keksintöjen kehitystä ja vuonna 1975 yhtiö aloitti erilaisen metallialan teknologioiden myynnin. Outokummun ensimmäiset ulkomaan toimipisteet perustettiin Kanadaan vuonna 1975 ja pian sen jälkeen myös Yhdysvaltoihin, Meksikoon, Brasiliaan ja Peruun. Vuonna 2001 Outokumpu yhdistyi toisen, suuren metallurgian alalla toimivan yhtiön kanssa, nimeltä Lurgi metallurgie GmbH. Vuonna 2006 Outokumpu listautui Helsingin pörssiin ja seuraavana vuonna nimi muutettiin Outotec Oyj:ksi. /1/



Kuva 1. Outokummun kumpu

2.2 Outotec Oyj

Outotec Oyj on yksi maailman johtavista mineraalien- ja metallienjalostusteknologioiden kehittäjistä ja toimittajista. Outotec on erikoistunut kasvavassa määrin myös energiateollisuuteen, teollisuusvesien käsittelyyn sekä kemianteollisuuteen. Pääasiallisesti Outotec on kuitenkin keskittynyt mineraali- ja metalliteollisuuteen, sillä se kattaa 84 % koko liikevaihdosta (Kuva 2). /2/



Kuva 2. Outotec:in neljä liiketoiminta-aluetta.

Outotecin strategiana on kestävä kehitys ja se pyrkii kehittämään tuotteitaan siten että ne olisivat mahdollisimman tehokkaita, sekä ne minimoisivat ympäristöjalanjäljen (Kuva 3). /3/



Kuva 3. Outotec:in strategia.

2.3 Porin Outotec Research Center

Outotec Research Center on Outotec Oyj:n omistama tutkimuskeskus Porin Metallikylässä, siellä työskentelee 190 henkilöä. Tutkimuskeskus koostuu laboratorioyksiköstä ja kahdesta pienkoetehtaasta, hydro- sekä pyrometallurgisista koetehtaista sekä kahdesta pöytäpilot- laboratorionesta (Kuva 4). Tutkimuskeskuksessa suoritetaan seuraavia tutkimuksia:

- Metallurgiset tutkimukset joihin kuuluvat hydro- ja pyrometallurgia sekä ferrosesteknologiat
- mineraalitekologiset tutkimukset
- materiaalitekologiset tutkimukset. /4/

Outotech Research Center on myös valtuutettu suorittamaan kupariseosten ja kuparin analysointia sekä kaasu- ja päästömittauksia. Tutkimuskeskus tekee tilauksesta omille yksiköilleen sekä asiakkailleen seuraavia päästömittauksia:

- typpidioksidi NO_2
- typpimonoksidi NO
- rikkidioksidi SO_2
- hiilidioksidi CO_2
- hiilimonoksidi CO /4/



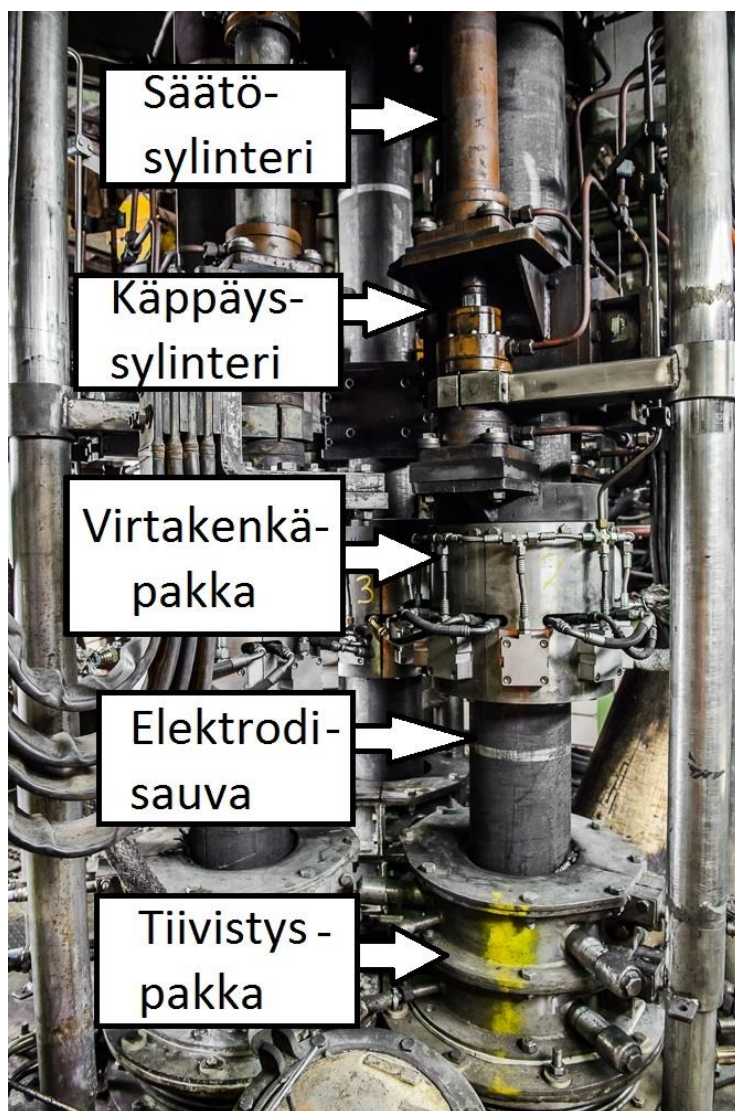
Kuva 4. Outotec Research Center.

3 AC-UUNIN LAITTEISTO JA RAKENNE

3.1 Hydraulilaitteet

Hydraulilaitteisiin kuuluvat säätö-, käppäys- ja puristussylinterit sekä hydraulipumpu. /5/

Säätösylinterit säätävät elektrodisauvan korkeutta uunin pohjaan nähden, joka vaikuttaa elektrodien välityksellä kulkevan sähkövirran synnyttämän valokaaren pituuteen. Säätösylinterin toimintapituus on tällä hetkellä 0 mm – 300 mm (Kuva 5).

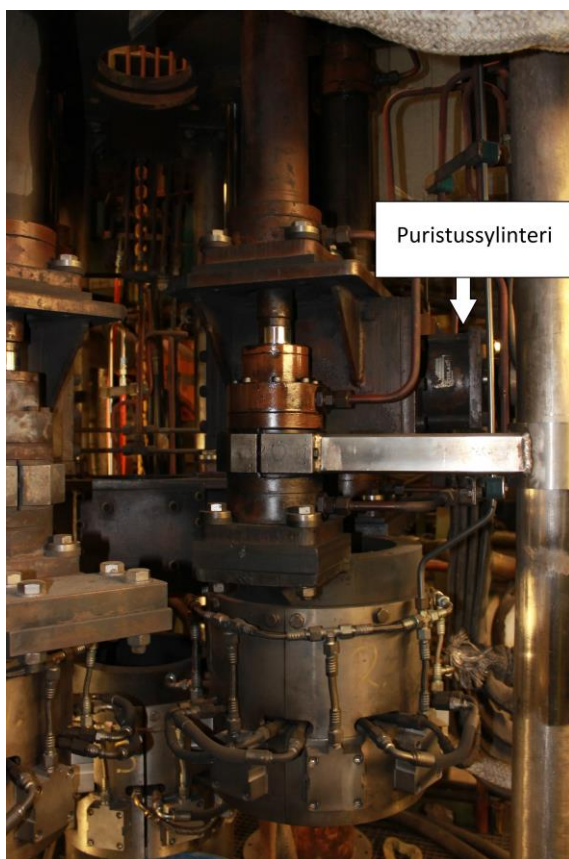


Kuva 5. Tukirakenteen alla olevat mekanismit.

Käppäyssylintereiden tarkoitus on kompensoida elektrodien ajonaikaista kulumista (Kuva 5). Käppäys tapahtuu siten että normaalitilassa puristussylinteri ja virtapakan virtakengät puristavat elektrodia pitäen sitä paikallaan ja kun käppäystä tarvitaan, tapahtuu se seuraavasti:

- Irrotetaan elektrodi puristussylinterin puristuksesta
- Lasketaan elektrodi käppäyssylinterin avulla alaspäin sen ollessa kiinni virtakengissä.
- Puristetaan elektrodisauvaa puristussylinterillä jotta saadaan tukeva ote sauvasta.
- Lasketaan puristuspainetta virtakenkähakasta ja nostetaan käppäyssylinteriä ylöspäin.
- Nostetaan puristusaine virtakenkähakassa takaisin.

Puristussylinteri puristaa elektrodisauvaa pitäen sitä kiinni, jotta se ei luisuisi alaspäin virtapakasta, josta saattaisi seurata se että sauva ottaa uunin pohjaan kiinni (Kuva 6).



Kuva 6. Puristussylinteri

Hydraulipumppu tuottaa edellä mainittuihin hydraulilaitteisiin käyttöpaineen, joka on 150 baaria. /5/

3.2 Paineilmalaitteet

Paineilmalaitteisiin kuuluvat virtakengät sekä kiskosillat.

Elektrodeihin johdetaan virtaa virtakenkien kautta, elektrodiin johdettava virta on maksimissaan 5,1 kiloampeeria. Virtakenkät koostuvat virtakengistä, joita on 7 kappaletta jokaisessa pakassa, sekä pakan jäähdytysputkistosta (Kuva 7). Virtakenkiä puristetaan elektrodiin vasten paineilman avulla, virtakengissä pidetään 11 baarin paine, jotta riittävä puristus elektrodiin vasten saavutetaan. Käppäystä suoritettaessa virtakenkien paine laskee 6 baariin, jotta elektrodi luistaisi alaspäin.

Virtakenkät pakkaan virta johdetaan kiskosillan kautta, kiskosilta on kontaktori muuntajan ja virtakenkät pakkojen välillä. Kiskosilta toimii turvalaitteena, jotta laitteet saadaan virrattomiksi ja vaarattomiksi huoltotoimenpiteiden ajaksi. Kiskosillassa vaaditaan 13 baarin paine, jotta kontakti muuntajan ja virtakenkät pakan välillä säilyisi. /5/



Kuva 7. Virtakenkäpakka

3.3 Jäähdytysvesikierto

AC-uunissa vallitsee ajon aikana korkea lämpötila, noin 1700 °C.

Uunia ja sen ulkoisia osia jäähdytetään veden avulla, jäähdytysvesikierto jaetaan karkeasti kolmeen eri jäähdytyspiiriin:

1. Jokivesikierto.
2. Kaupunkivesikierto.
3. Uunin kuparivaipan vesikierto. /5/

Jokivesikierto on avoin jäähdytyspiiri, eli vesi kulkeutuu keruualtaaseen ja sieltä viemäriin. Jokivesikierto jäähdyttää uuniin syötettävän ilmeniitin syöttöputken läpiviennin ympärillä kiertävää kuparikierukkaa, sekä elektrodien läpivientien tiivistyspakkojen ympärillä kiertäviä kuparikierukoita (Kuva 5). Jokivesikierrolla jäähdytetään lämmönvaihtimessa myös kuparielementeistä palaava elementtien jäähdytysvesi. /5/

Kaupunkivesikierto on avoin jokivesikierron tavoin, sillä paineistetaan elektrodien läpivientien tiivistysrenkaat, jotka tiivistävät läpiviennit siten että uunin sisällä muodostuva kaasu ei nouse niistä ulos vaan menee kaasujen käsittelyyn poistokaasukanavaa pitkin. Paine tiivistysrenkaissa on 1 baaria. Elektrodeihin virtaa johtavat virtakengät jäähtyvät kaupunkivedellä, koska muuten ne vaurioituisivat elektrodeista johtuvan kuumuuden johdosta. /5/

Uunin kuparivaipan jäähdytysvesikierto on suljettu vesikierto eli jäähdytysvesi palaa kuparivaipasta lämmönvaihtimen kautta jäähdytettynä vesisäiliöön, mistä se menee uudelleen kiertoon. Kuparielementejä on uunissa 12 kappaletta ja vesikierto niissä on jaettu 8:aan eri kiertopiiriin. /5/

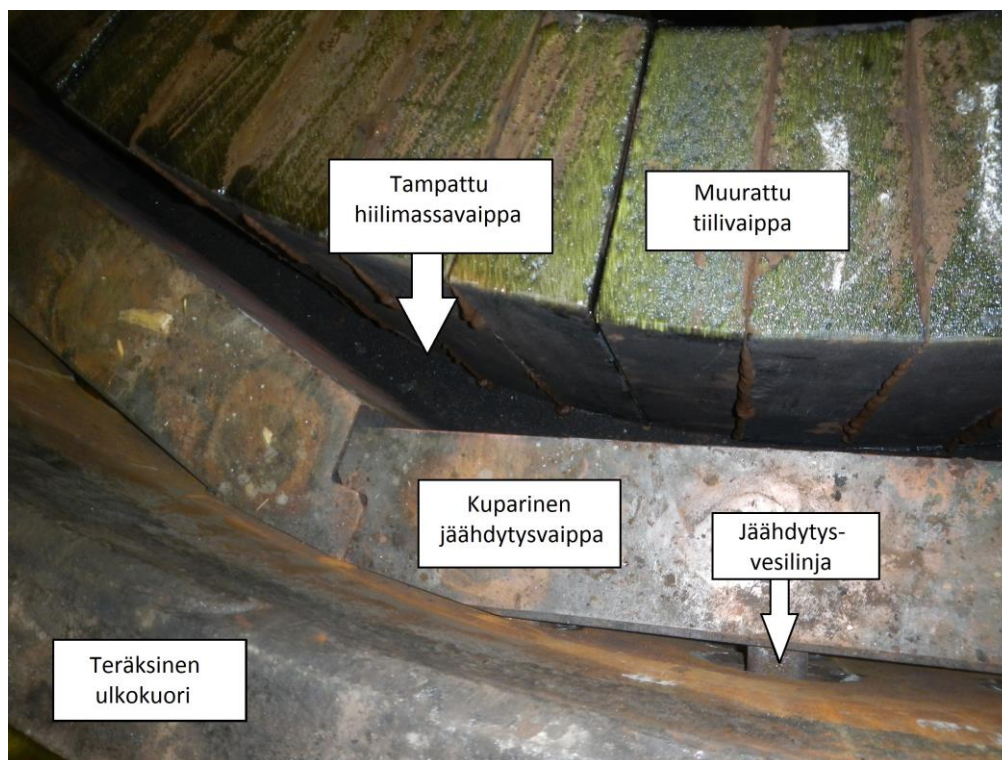
3.4 Kaasujen käsittely

Uunissa vallitsee alipaine ajon aikana, jotta raudan sulatuksessa syntyvät kaasut saadaan johdettua poistokaasukanavaan. Alipaine synnytetään uunin sisälle poistokaasupuhaltimella, jota kutsutaan SAMI:ksi. Normaali alipaine uunissa on -0.15 millibaaria. /5/

Kun uunikaasut on saatu ohjattua hallitusti poistokaasukanavaan, alkaa varsinainen kaasujen käsittely. Ensimmäiseksi poltetaan häkäkaasut CO₂:ksi eli hiilidioksidiksi. Kaasu poltetaan polttokammiossa, jonne syötetään polttoilmaa sopivassa suhteessa, riippuen syntyvän uunikaasun määrästä. Polttokammiossa on sytytin joka toimii butaanilla. Sytytin varmistaa, että polttokammiossa on jatkuva liekki häkäkaasujen polttamiseksi. Polttokammion jälkeen CO₂-kaasu, eli hiilidioksidi, johdetaan pesurille jossa 4 erillistä vesisuihkua pesee kaasun ja erottaa siitä saakan, eli kiintoaineen, pesurin pohjalle. Tämän jälkeen savukaasu voidaan johtaa ulos piipusta. /5/

3.5 Rakenne

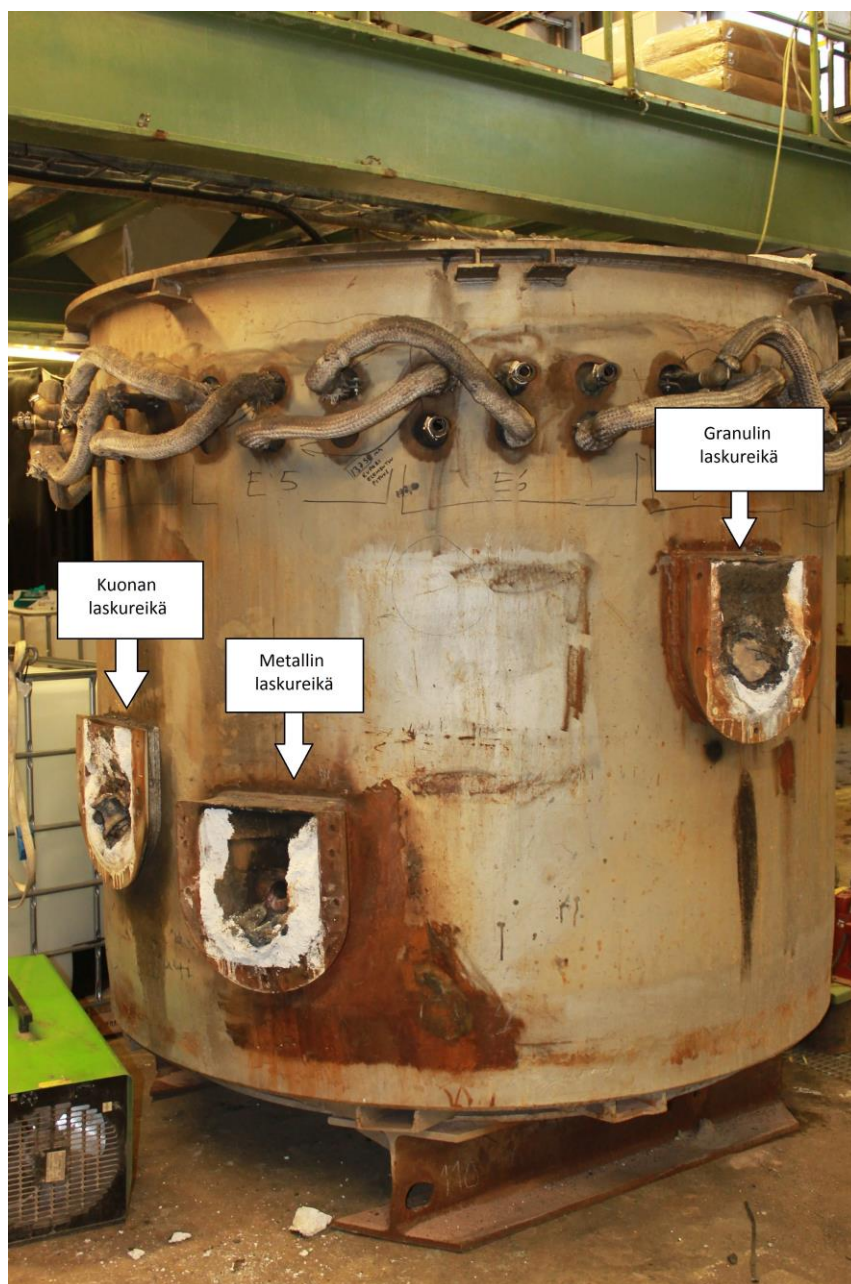
AC-uunin rakenne koostuu teräksisestä ulkokuoresta, kuparisesta jäähdytysvaipasta, 30 mm paksusta tiivistetystä lämpöä johtavasta tervasidotusta hiilimassasta, sekä sisimmäisestä muuratusta tulenkestävillä tiilillä vuoratusta kulutusvaipasta. Tiilenä vaipassa käytetään tervaimpregnoitua magnesiatiiltä, joka on paksuudeltaan 150 mm. Jäähdytysvaipparakenne koostuu 12 kuparielementistä ja niiden sisällä on vesilinjoja joiden tarkoitus on jäähdyttää uunin sisimmäistä tiilivaippaa hiilimassan välityksellä siten, että tiilistä ei liukenisi MgO:ta eli magnesiumoksidia kuonan joukkoon (Kuva 8). /5/



Kuva 8. AC-uunin rakenne ylhäältä kuvattuna.

Uunin pohjalla on sisimmäisenä sama magnesiatiilistä vuorattu vaippa, joka on paksuudeltaan 250 mm. Sen alla on 114 mm paksu hiilisiidottu sintrattu magnesiassa, sekä alimmaisena shamottitiilestä muurattu kerros. Uunin pohjakerroksia jäähdytetään jäähdytysvedellä, jotta vaipat eivät vaurioituisi. Uunin sisäpuolinen halkaisija on 1300 mm ja ulkopuolinen 1920 mm. Uunin sisäpuolinen korkeus on 1300 mm. /5/

Uunissa on 3 laskureikää, joista suoritetaan metalli-, kuona- sekä granulointilaskut. Metallireikä on uunin pohjatasolla alimmaisena, siitä lasketaan puhdas raakarauta, jonka lämpötila on 1500 °C – 1550 °C. Kuonareikä on 150 mm metallireikää ylempänä, siitä lasketaan raudan yläpuolelle muodostunut kuonapeti. Kuonan lämpötila on huomattavasti raakaraudan lämpötilaa korkeampi, eli noin 1700 °C. Granulointireikä sijaitsee 340 mm kuonareikää ylempänä, siitä otetaan granulointilasku. Granuloinnissa kuona lasketaan altaaseen, jossa vesisuihkut jäädyttävät kuonaa nopeasti muodostaen altaan pohjalle rakeista kuonaa (Kuva 9). /6/



Kuva 9. Uunin laskureiät. (kuvassa uunista puuttuvat laskukourut)

3.6 Ajotapahtuma

AC-uunin valmistelu ajoa varten aloitetaan uunin esilämmityksellä sekä jäähdytyselementtien täyttämällä vedellä, jäähdytysvesikierto laitetaan päälle vasta kun elementtien lämpötila on noussut välille 60 - 70 °C. /5/ Uunia lämmitetään noin 900 °C:tta ennen kuin uunin sisälle syötetään sulatettavaksi tarkoitettua materiaalia. Esilämmitys tapahtuu butaanipolttimella joka on sijoitettu uunin kanteen. Butaanipolttimeen johdetaan ilmaa ja butaania sopivassa suhteessa, jotta liekki saadaan halutuksi.

Esilämmitys suoritetaan, koska jos varsinainen ajo yritettäisiin aloittaa ilman esilämmitystä, halkeaisi uunin sisimmäinen tiilivuoraus nopean lämpenemisen johdosta. Toisena syynä uunin esilämmitykseen on uunin elektrodien ja sulatettavan materiaalin välille syntyvä valokaari, sillä valokaarta on vaikea saada syttymään niiden välille jos uunissa vallitsee alhainen lämpötila. Esilämmityksen aikana käynnistetään uunin hydrauliiikka, paineilmalaitteet, kaasun poltto ja pesuri. Esilämmityksen jälkeen uuniin aletaan syöttää haluttua sulatusseosta syöttösilosta tärysyöttimen avulla. Uunin virran kontaktorina toimiva virtakisko yhdistetään muuntajalle paineilman avulla. Kun sulatusseosta on uunissa tarpeeksi, lasketaan uuniin elektrodit, jotka on asennettu nosturilla valmiiksi virtakenkäpakkoihin kiinni.

Uuni saatetaan jännitteelliseksi kytkemällä se päälle valvomosta ja valokaari syttyy elektrodin ja sulatusseoksen välille. Käynnistyksen jälkeen elektrodien korkeutta säädellään manuaalisesti ohjauspulpetista ylös ja alaspäin mikä vaikuttaa uunissa syntyvän valokaaren voimakkuuteen ja täten uunin jännitteeseen. Uunin jännitettä säädetään siten että saavutetaan halutut virran ja tehon arvot. /5/

Ajon aikana uunista käydään mittaamassa kuona- ja rautapetin paksuus, sekä niiden lämpötilat. Kun haluttu pinnankorkeus on saavutettu, katkaistaan virta uunista sekä katkaistaan sulatusseoksen syöttö ja suoritetaan haluttu lasku polttamalla uunin kyljessä olevan reikätiilen läpi happipillillä reikä (Kuva 10). Sula lasketaan butaanipolttimella esilämmitettyyn senkkaan, sekä otetaan näyte sulasta.



Kuva 10. Granulointireiän avaus

Laskun jälkeen reikä paikataan umpeen reikää varten valmistetulla savitapilla, hakaamalla savitappi reikään, tämän jälkeen uunin virta käynnistetään uudelleen. Kun uuni on saatettu jälleen jännitteelliseksi, niin käynnistetään sulatusseoksen syöttö ja ajoa jatketaan. Täysi senkka nostetaan ulos jäähtymään ja vaihdetaan tyhjä esilämmitetty senkka tilalle.

4 NYKYTILANNE

4.1 Elektrodit

Elektrodit ovat grafiitista valmistettuja sauvoja, joiden tarkoitus on synnyttää uunin sisällä valokaari niiden lävitse johdetun virran avulla. Elektrodien korkeudella uunin pohjaan nähden säädellään valokaaren pituutta ja uunin sisällä vallitsevaa sulatus-

lämpötilaa. Yksi elektrodi painaa 80 - 85 kg, pituus on 1600 mm ja halkaisija 200 mm (Kuva 12). Elektrodit lasketaan nosturilla tukirakenteessa olevien kohdistusrenkaiden läpi, yksi sauva kerrallaan, kunnes ne ovat laskeutuneet puristussyintereiden ja virtakenkärakkojen ohi. (Kuvat 5 ja 11).



Kuva 11. Elektrodien nostoon käytettävä nosturi.



Kuva 12. Käyttämättömiä elektrodisauvoja kuljetuslaatikossa.

Tämän jälkeen sylinteri puristetaan kiinni ja elektrodisauva irrotetaan nosturista. Seuraavaksi nostetaan toinen elektrodisauva ja se kierretään uros-naaras -liitoksella kiinni ensimmäiseen sauvaan. Sauvoja on jokaisessa uunin kannen elektrodireiässä 3 peräkkäin ja niiden yhteispituus on 4800 mm ja yhteispaino vaihtelee välillä 240 – 255 kg. Yhteensä sauvoja on tukirakenteessa 9 kappaletta ja niiden kokonaispaino on noin 750 kg. Elektrodisauvoja lisätään kulutuksen mukaan tukirakenteen kohdistusrenkaiden läpi.

4.2 Elektrodien tukirakenne

AC-uunin elektrodien tukirakenne on tällä hetkellä 10 mm paksusta teräslevystä valmistettu umpinainen kolmesta sakarasta muodostuva rakenne (Kuva 13). Jokaisen sakaran välinen kulma on 120° ja sakaran leveys on 540 mm. Tukirakennetta pystytään nostamaan tai laskemaan sen päädyissä olevien sylintereiden avulla (Kuva 14). Sylintereitä käytetään uunin kannen nostamiseen. Kanteen kiinnitetään nostoketjut ja ketjujen toiset päät kiinnitetään tukirakenteeseen ja kun sitä nostetaan, nousee kansi ylös. Kansi nostetaan ylös, jos uuniin pitää tehdä korjaus- tai muutostöitä.



Kuva 13. Elektrodien tukirakenne ja niiden ohjausrenkaat.



Kuva 14. Elektrodien tukirakenteen nostosylinterit.

Tukirakenteessa on kiinni elektrodien ohjausrenkaat, joiden tarkoituksena on auttaa elektrodien ohjaamisessa oikeisiin kohtiin asennettaessa niitä paikoilleen. Renkaan halkaisija on 215 mm, eli hieman elektrodin halkaisijaa suurempi, koska nostossa saattaa olla vaarana kuumen elektrodin kontakti tukirakenteeseen. Kontaktista saattaisi syntyä vaurioita tukirakenteeseen elektrodin korkean lämpötilan takia.

Ohjausrenkaat sijaitsevat rakenteessa siten, että etäisyys rakenteen keskipisteestä ohjausrenkaan keskipisteeseen on 325 mm ja ohjausrenkaiden keskipisteiden välinen matka on 562,92 mm. Rakenteeseen on kiinnitetty elektrodien säätösyylinterit kahdella ruuvilla, jotka sijaitsevat kohdistusrenkaiden kummallakin puolella. Ruuvien reistä on tehty hieman suuremmat kuin itse ruuvit, jotta säätösyylinterit saadaan kohdistettua suoraan kohdistuslevyjen avulla. Sylinterit eivät saa olla vinossa, koska vinous synnyttäisi rasisitusta elektrodeihin ja saattaisi aiheuttaa niiden katkeamisen. Rasisitus kohdistuisi myös sylintereihin ja voisi vaurioittaa niiden tiivisteitä, josta aiheutuisi öljyvuoja

Näiden lisäksi rakenteessa on kiinni ruuviliitoksilla säätösyylintereitä tukevien ohjauskiskojen yläpäät ja toiset päät ovat kiinni uunin kannessa.

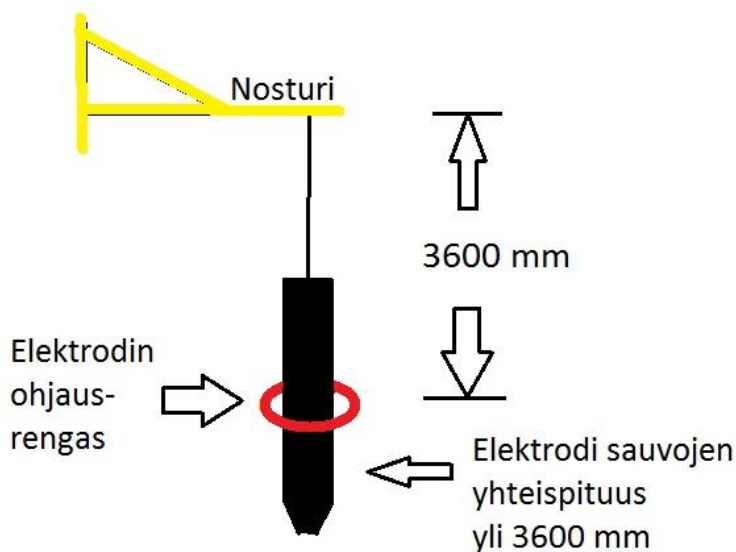
4.3 Ongelma

Ongelmaksi sylintereiden muutostyössä muodostavat uusien sylintereiden pituudet, sillä ne ovat pituudeltaan 2954 mm, kun ne ovat ääriasennossa auki, mukaan on laskettu käppäyssylinterin pituus.

Tukirakenteen ja uunin kannen väliin jää nykyisellä konstruktiolla tilaa 1950 mm. Korkeudesta vievät osan myös tiivistyspakat, jotka ovat korkeudeltaan 450 mm, sekä virtakenkäpakat, jotka ovat korkeudeltaan 390 mm. Jäljelle jäävä tila rakenteen ja uuninkannen välillä on 1110 mm.

Jotta sylinterit mahtuvat tukirakenteen ja kannen väliin, on sen asemaa nostettava ylöspäin, mistä seuraa ongelmia elektrodeja pois nostettaessa. Nosturin ja rakenteen väliin jäävä tila on 3600 mm ja 2 elektrodisauvaa ovat yhteispituudeltaan 3200 mm.

Tilanteesta tekee hankalan se, että kahden elektrodin jatkeena on vielä lyhyt pala kulunutta elektrodisauvaa, joka on pituudeltaan 300 - 700 mm. Lyhyt pala elektrodisauvaa kasvattaa yhteismittaa yli 3600 mm:n, jolloin nosturin nostokorkeus ei enää riitä, jotta elektrodit nousisivat pois kohdistusrenkaiden sisältä (Kuva 15).



Kuva 15. Elektrodin poistamiseen liittyvä ongelma.

Ne pitää nostaa käsivoimin kampeamalla pois kohdistusrenkaista, jotta ne voidaan laskea sivulle säilytystä varten (Kuva 16).

Elektrodien tukirakenteen nostaminen ylöspäin johtaa siihen, että elektrodien nostamisesta tulee vaikeampaa nosturin ja rakenteen väliin jäävän tilan pienentyessä. Nosturin paikkaa ei voida muuttaa ylöspäin, jotta elektrodisauvat saataisiin pois nykyisen mallisesta tukirakenteesta. Matalat kattorakenteet rajoittavat jo lähes katossa kiinni olevan nosturin uudelleen sijoittamista



Kuva 16. Elektrodisauvat nykyisessä tukirakenteessa.

5 TAVOITTEESTA LOPPUTULOKSEEN

5.1 Tavoitteet

Tärkeimpänä tavoitteena tukirakenteen muutokselle on jäykkyys. rakenteen jousto ylös- ja alaspäin pitää minimoida lähes nolnaan. Pystysuunnassa tapahtuva rakenteen joustaminen saattaisi johtaa sylintereiden enneaikaiseen rikkoutumiseen ja öljyvuotoihin, sekä elektrodisauvan katkeamisen.

Tukirakenteen asemaa nostetaan siten, että uudet säätösylinterit mahtuvat toimimaan rakenteen ja uunin kannen välissä. Virtakenkä- ja tiivistyspakan väliin jätetään turvaväli, joka on noin 150 mm. Turvaväli jätetään, jotta virtakenkäpakkaa ei ajeta päin tiivistyspakkaa, joka aiheuttaisi vaaratilanteen. Rakenteen muutoksella haetaan myös sitä, että elektrodisauvat saadaan helposti pois nosturilla uudesta tukirakenteesta.

5.2 Elektrodien tukirakenteen uusi malli

Uuden tukirakenteen suunnittelussa sekä mallinnuksessa käytettiin Solidworks 3D -piirustusohjelmaa, jolla simuloitiin myös rakenteeseen kohdistuvien rasitusten suuruutta, sekä rakenteen taipumia voiman vaikuttaessa siihen.

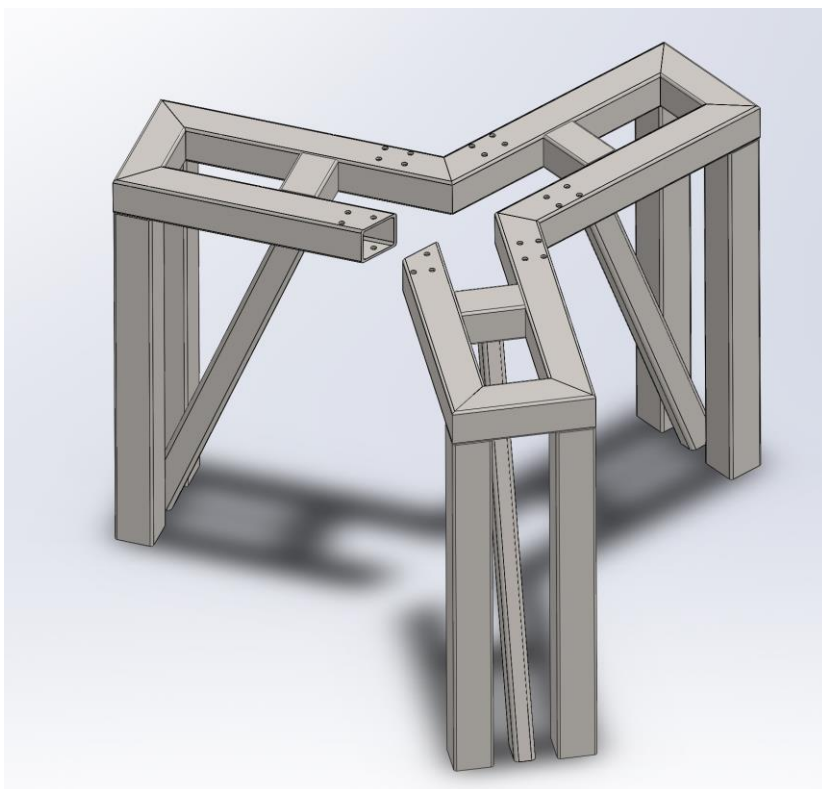
Koska elektrodien tukirakennetta joudutaan nostamaan ylöspäin, piti sen malli muuttaa kokonaan helpottamaan elektrodisauvojen pois ottamista. Ainoastaan tukirakenteen ulkomitat pidettiin samana rajallisen tilan takia, sillä uunin virtakiskot sijaitsevat lähellä sen reunoja ja virtakiskojen paikkojen muuttaminen olisi liian työlästä.

Tukirakenteeseen tulevien uusien sylintereiden 3D- mallin perusteella tukirakennetta pitää nostaa 1500 mm, jotta uudet sylinterit mahtuvat liikkumaan hyvin sen alla. Elektrodien tukirakenteen sijainnin todellinen ja tarkempi muutos saadaan selville vasta uusien sylintereiden saavuttua muutoskohteeseen, jolloin niiden todelliset pituudet auki- ja kiinniasennoissa selviävät. Tästä johtuen tukijalkojen tarkat pituudet saadaan vasta kun tukirakenteen korkeuden muutos saadaan selville.

Koko tukirakenteessa käytetään materiaalina S355 rakenneterästä, jonka myötölujuus on 355 MPa. Putkipalkin 150x150x10 mm paino on 41,3 kg/m ja putkipalkin 120x80x8 mm paino on 21,4 kg/m. /7/

Tukirakenne rakennetaan hitsaamalla sen rungon ylimmäinen osa 150x150 mm kokoisesta, seinämäpaksuudeltaan 10 mm:n putkipalkista. Elektrodién tukirakenne rakennetaan ylimitoitettusta putkipalkista, koska rakenteesta halutaan mahdollisimman jäykkä ja vakaa.

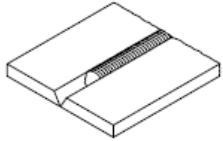

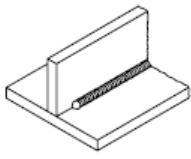

Jotta nosturilla nostetut elektrodit voidaan kuljettaa ohjatusti tukirakenteen sisäpuolelta pois tai sisään, on yksi tukirakenteen sivuista jätetty suunnitelmissa avonaiseksi (Kuva 17). Elektrodién ulostuloaukko on leveydeltään 235 mm ja tukirakenteen avonainen sisäosa 240 mm, joten 200 mm:n halkaisijaista elektrodiä mahtuu hyvin liikkuttamaan rakenteen sisälle ja rakenteesta ulos



Kuva 17. Uuden tukirakenteen malli.

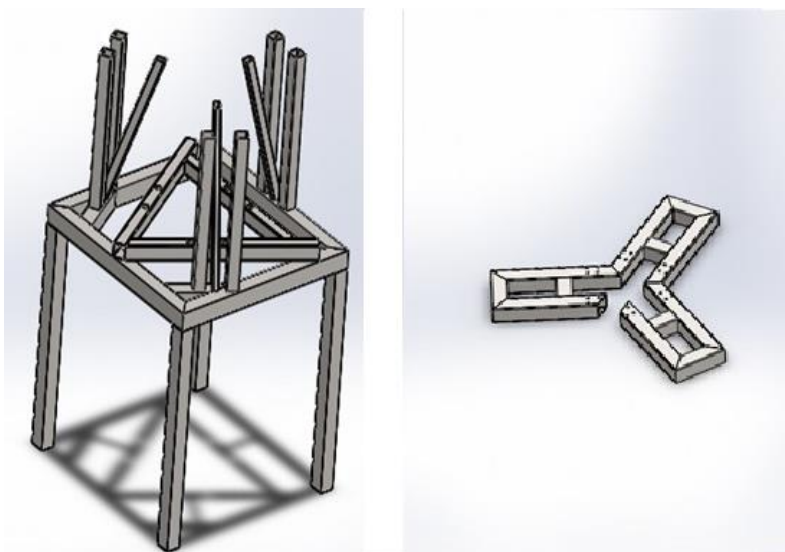
Ensimmäiseksi elektrodien tukirakenteen ylimmäinen osa hitsataan tasaisella alustalla, jotta siitä saadaan suora. Ennen hitsausta hitsauskohtiin tehdään V-railot, jotta saumoista saadaan pitävät.

Ylimmäinen osa hitsataan jokaisesta kohdasta kokonaan liitoskohdista ympäri. Sisimmäiset nurkkakohdat hitsataan pienaliitosta hyväksi käyttäen (Kuvat 18 ja 19 B).

V-hitsi		
Pienahitsi		

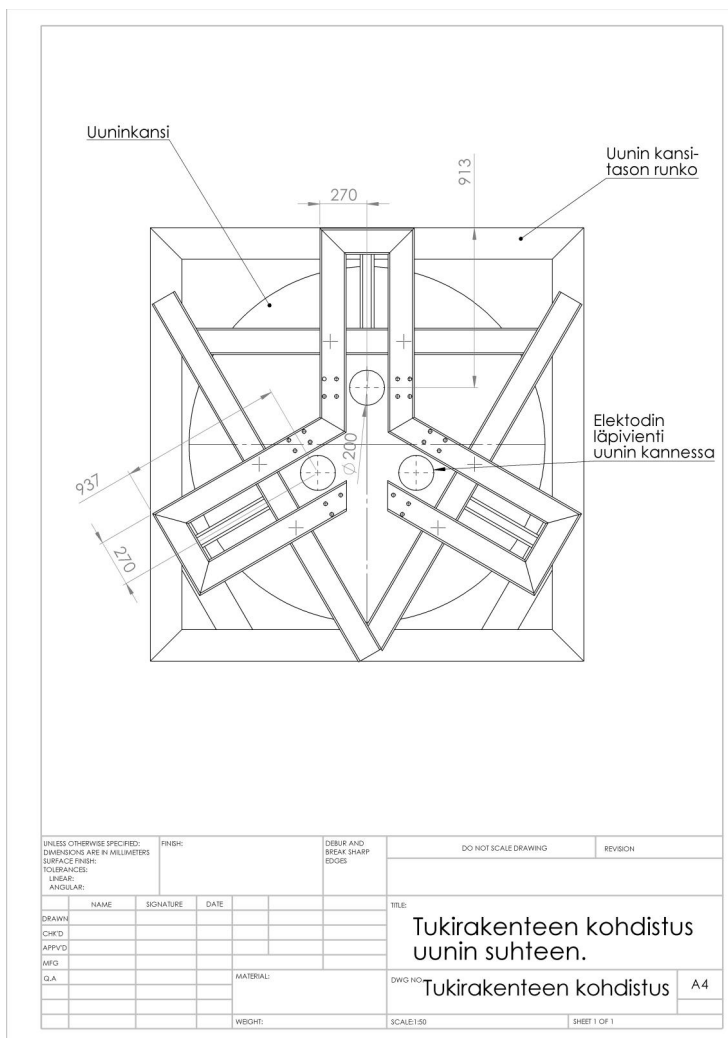
Kuva 18. Hitsauskohteet ja merkit.

Jotta tukirakenne saadaan korkeammalle, on sen päihin asennettava tukijalat sekä vinottaiset tukipalkit, jotka estävät tukirakenteen sisäosaa joustamasta alaspäin. Vinottaiset tukipalkit tukevoittavat rakennelmaa myös sivusuunnassa. Pystytukijalat ovat 150x150 mm kokoista ja seinämäpaksuudeltaan 10 mm:n putkipalkkia ja vinottaiset tukipalkit 120x80 mm kokoista, seinämäpaksuudeltaan 8 mm:n putkipalkkia (Kuva 19 A).



Kuva 19 A. Tukirakenteen alaosa. **Kuva 19 B.** Tukirakenteen yläosa.

Kun tukirakenteen ylimmäinen osa on hitsattu kokoon, nostetaan se uunin ylle ja kohdistetaan uunin kannessa olevien elektrodien läpivientien avulla käyttämällä laserkohdistimia, sekä Solidworks:illa tehtyä mittakuvaa (Kuva 20). Kohdistuksen jälkeen tukirakenteen tukijalat ja vinottaiset tuet asennetaan paikoilleen hitsaamalla ne alapäistä kiinni nykyisen työskentelytason runkorakenteeseen. Nykyisen rungon etukulmiin tulee hitsata vinottaiset tukipalat pystyjalkoja ja vinottaisia tukipalkkeja varten (Kuva 19 A). Näiden jälkeen tukirakenteen yläosa hitsataan kiinni pystyjalkoihin, sekä vinottaisiin tukijalkoihin. Hitsaus tehdään koko palkin ympäri pienaliitoksella, pois lukien kohdat, jotka pitää hitsata V-railoa käyttäen. Rakenteen suoruutta vaakatasossa tarkkaillaan koko ajan, jotta se ei asetu tukijalkojen päälle vinoon.



Kuva 20. Elektrodien tukirakenteen kohdistus uunin läpivientien suhteen.

5.3 Säätösyntereiden ohjauskiskot

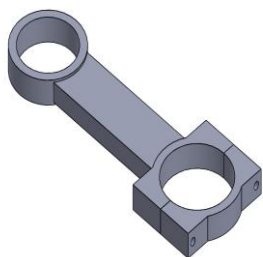
Nykyiseen työskentelytason runkoon hitsataan kolmion muotoon säätösyntereiden ohjauskiskojen yläpäiden kiinnitystä varten valmistetut teräspalkit. Palkkikoko on sama kuin itse tukirakenteessa.

Palkkeihin porataan reiät, joiden lävitse ohjauskiskojen yläpäät tulevat ja ne liukuvat vapaasti reissä. Reikiin hitsataan metalliholkit, joiden sisälle asennetaan teflonholkit, jotta kiskojen ja palkkien välille ei synny suurta kitkaa. Holkkien materiaalina on teflon, koska se kestää kuumuutta. Ohjauskiskot kiinnitetään ainoastaan uunin kanteen ja tällä varmistetaan kiskojen pysyminen suorana. Kiinteästi asennetut kiskojen yläpäät aiheuttaisivat niiden vääntymisen, jos uunin kansi jostain syystä koeajon aikana nousisi ylöspäin. Vääntyminen aiheuttaisi säätösyntereiden väärän liikeradan. Säätösyntereiden ja ohjauskiskojen välille tulee ohjauskappale, joka yhdistää sylinterit kiskoihin. Ohjauskappale kiristetään sylinterin ympärille ja se liukuu vapaana ohjauskiskossa. Tällä varmistetaan, että sylinterit eivät heilu ja katkaise elektrodeja niiden korkeudensäädön aikana. Ohjauskappaleiden koko varmistuu uusien syntereiden saavuttua muutoskohteeseen (Kuva 21 A).

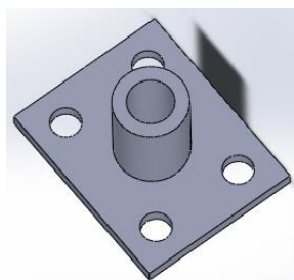
5.4 Säätösyntereiden kiinnitys elektrodien tukirakenteeseen

Säätösynterit kiinnitetään tukirakenteeseen syntereiden kiinnityskappaleiden avulla. Syntereiden yläpäissä on kierteet, jotka kierretään kiinni kiinnityskappaleissa oleviin vastakierteisiin (Kuva 21 B).

Syntereiden kiinnityskappaleet kiinnitetään elektrodien tukirakenteeseen ruuveilla, jotka tulevat tukirakenteen läpi. Ruuveina käytetään m16x180 mm.



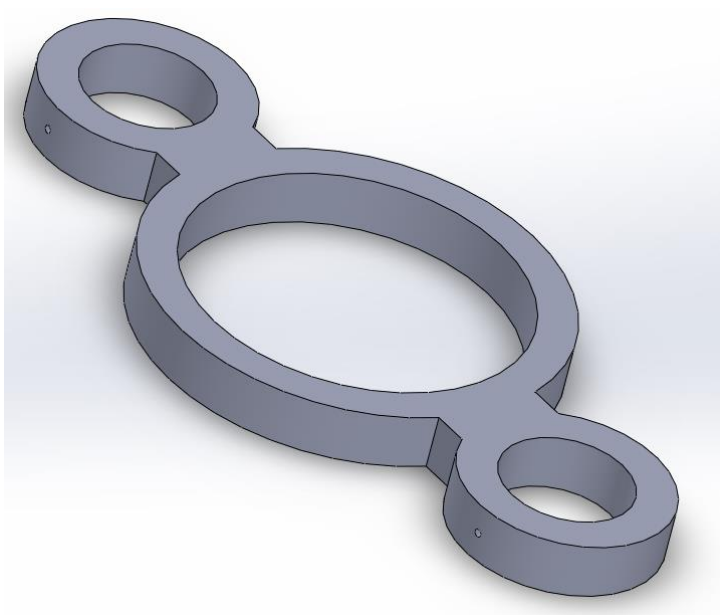
Kuva 21 A. Säätösynterinin ohjauskappale.



Kuva 21 B. Säätösynterinin kiinnitin.

5.5 Elektrodien uudet ohjausrenkaat

Nykyisen elektrodien tukirakenteen poistuessa käytöstä, poistuvat myös niiden ohjausrenkaat, jotka helpottavat elektrodien asennusta paikoilleen. Uuteen tukirakenteeseen suunniteltiin uudet ohjausrenkaat, jotka asennetaan säätösyntereiden sylinteriputkien yläpäihin ja kiristetään kiinni ruuveilla. Uudenmalliset ohjausrenkaat suunniteltiin sylintereihin kiinnitettäväksi, koska jos ne asennettaisiin tukirakenteeseen, olisivat ne liian ylhäällä haittaamassa elektrodien asennusta (Kuva 22).



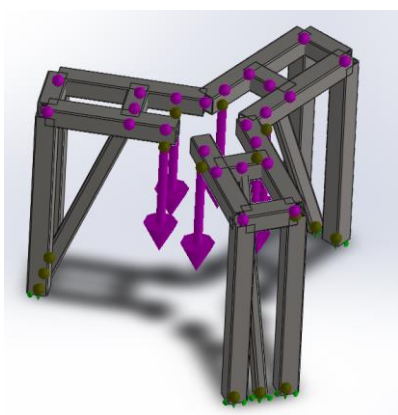
Kuva 22. Uusi ohjausrenkas.

5.6 Solidworks-simuloinnin tulosten tarkastelu

Simuloinnissa käytettiin yksinkertaistettua rakennetta, eli kaikki putkipalkkien hitssaussaumat jätettiin ilman viimeistelyä, jotta simulointi onnistuisi paremmin.

Simulointi aloitettiin määrittelemällä ensimmäiseksi rakenteen putkipalkkien liitoskohdat. Tämän jälkeen tukirakenne määriteltiin hitsatuksi pystyjalkojen ja vinottaiten tukipalkkien alapäistä, jolloin niissä pisteissä ei esiinny minkäänlaista liikettä.

Rakenteeseen kohdistuvat voimat määriteltiin kohdistuvan säätösylintereiden kiinnityskohdista alaspäin (Kuva 23).



Kuva 23. Simuloinnin liitoskohtien, kiinnityskohtien ja voimien määrittäminen.

Voima saatiin laskemalla yhteen elektrodien painot, säätösylinterikokonaisuudet käppäyssylinterit mukaan lukien ja virtakenkähakkojen painot, jonka jälkeen kokonaispaino muutettiin voimiksi. Elektrodeja on 9 kappaletta ja niiden yhteispaino on aikaisemmin mainittu 750 kg.

Säätösylinterikokonaisuudet painavat kukin 250 kg ja niitä on tukirakenteessa 3 kappaletta, joten yhteispainoksi tulee 750 kg. Virtakenkähakkoja ja muita toimilaitteita tukirakenteessa on 3 kappaletta, jotka painavat kukin noin 200 kg, niiden yhteispainoksi saatiin täten 600 kg. Yhteispainoksi rakenteessa kiinni oleville laitteille ja elektrodeille tuli siis 2100 kg, eli voimaksi tuli 21 kN

Solidworks 3D- ohjelman simulointityökalussa asetettiin kullekin sylinterin kiinnityspisteelle omat voimat, eli kokonaisvoima jaettiin kiinnityspisteiden määrällä, joita on 9 kappaletta.

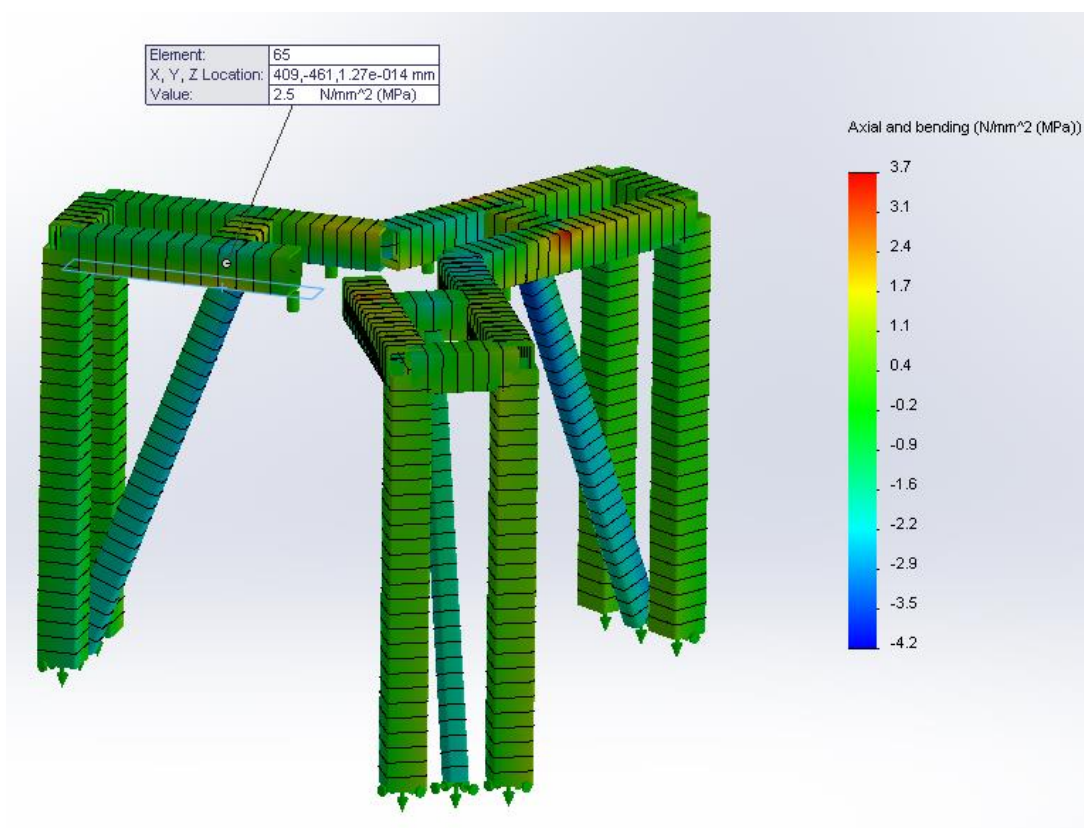
$$\frac{21kN}{9} = 2,333 kN = 2333 N$$

Asetusten määrittelyn jälkeen suoritettiin lasku simulointityökalulla, josta saatiin tuloksiksi tukirakenteen rasitukset sekä putkipalkkien siirtymät.

Tukirakenteessa käytettävä rakenneteräs on laadultaan S355, joten sen myötölujuus on 355 MPa, eli rakenne kestää vetojännityksen 355 MPa ennen kuin sen muodonmuutos on pysyvä. Simuloinnista suurin saatu rasitus oli 2,5 MPa, mikä kohdistui tukirakenteen sisällä olevien poikittaistukien kohdalle (Kuva 24). Varmuuskertoimeksi rakenteelle määriteltiin 3, jolloin saatu maksimirasitus kerrotaan 3:lla.

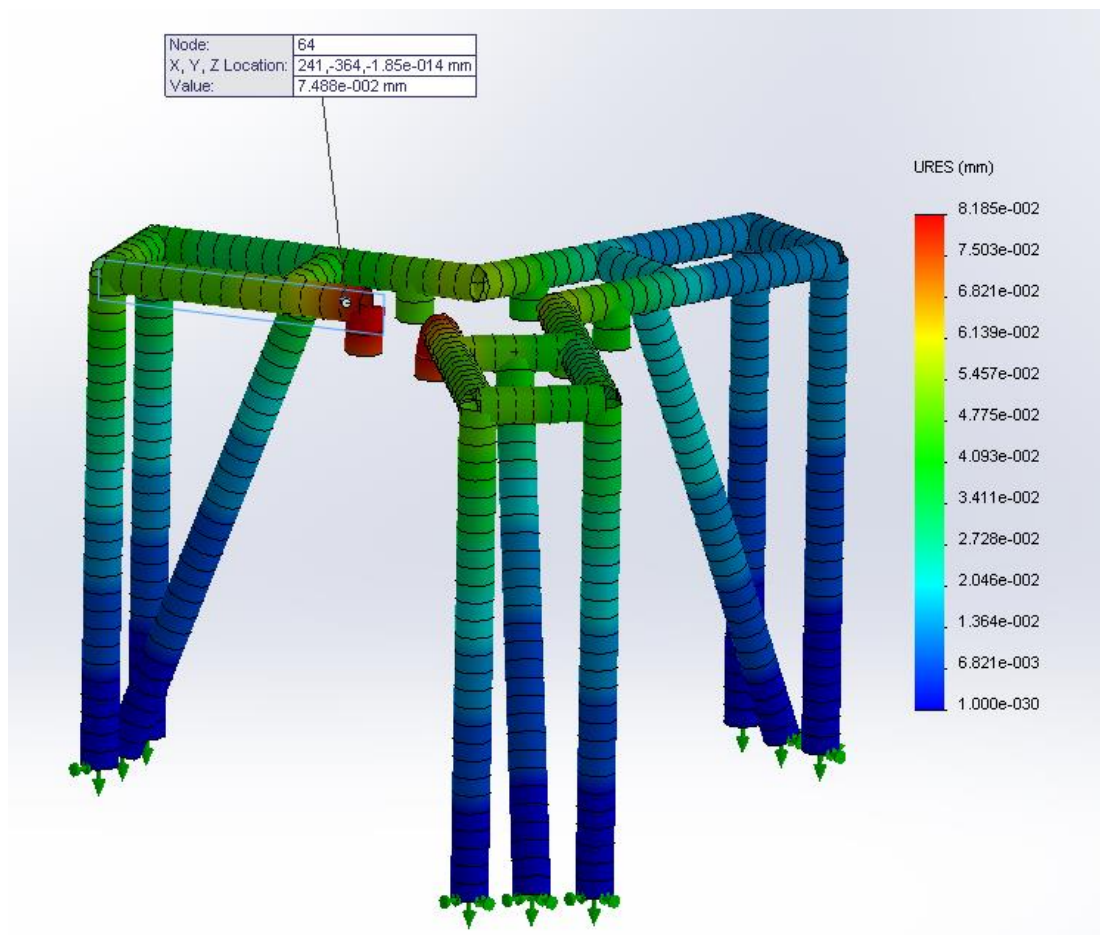
$$2,5 \text{ MPa} * 3 = 7,5 \text{ MPa}$$

Eli rakenteen maksimirasitukseksi tuli 7,5 MPa, josta voitiin todeta, että rakenteessa ei tapahdu ollenkaan pysyviä muodonmuutoksia.



Kuva 24. Elektrodien tukirakenteen rasitetuin kohta ja muut rasitukset.

Seuraavaksi tarkasteluun otettiin tukirakenteen putkipalkkien siirtymät. Tutkimalla siirtymäkuvausta saatiin maksimisiirtymän tulokseksi $7,488 \cdot 10^{-2}$ joka tarkoittaa 0,7488 mm, eli pyöristettynä maksimisiirtymä oli 0,75 mm. Tuloksesta voitiin todeta, että suunnitellusta rakenteesta tuli jäykkä, mikä oli rakenteen suunnittelussa tärkein tavoite (Kuva 25).



Kuva 25. Elektrodien tukirakenteen siirtymät.

6 LOPPUTARKASTELUT JA JATKOTOIMENPITEET

6.1 Lopputarkastelut

Elektrodien tukirakenteen suunnittelussa tärkeimpänä tavoitteena oli rakenteen jäykkyys, mikä toteutuu simuloinnin tuloksien mukaan hyvin, sillä tukirakenteen siirtymä oli 0,75 mm. Suurin rasitus simuloinnin tulosten perusteella oli vain murto-osa sallitusta.

Uusi rakennemalli saadaan rakennettua nykyisen paikalle muuttamatta kiskosiltojen paikkaa muuten kuin korkeuden suhteen, sillä tukirakenne nousee ylemmäs minimissään 1500 mm. Virtakiskojen noston tarve tarkistetaan asennuksen yhteydessä, jolloin selviää tukirakenteen todellinen korkeuden muutos.

Tukirakenteesta saatiin suunniteltua sellainen, että elektrodien asennus ja pois ottaminen helpottuu, vaikka rakenteen korkeus kasvaakin. Rakenteen sisäosasta tulee tilava, jolloin elektrodien ohjaus omille paikoilleen helpottuu oleellisesti.

Uusien sylinterien sijoitus ja toimivuus toteutuu uuden elektrodien tukirakenteen myötä. Uusien sylintereiden myötä AC-uunin koeajoista tulee nykyistä helpompaa.

6.2 Jatkotoimenpiteet

Elektrodien tukirakenteen suunnittelussa jätettiin pois uunin kannen nostomekanismi. Vanhassa tukirakenteessa se onnistui tukirakennetta nostavilla sylintereillä, mutta uusi tukirakenne suunniteltiin kiinteästi asennetuksi nykyisen työskentelytason runkoon.

Uuteen rakenteeseen tulee suunnitella uunin kannen nostomekanismi esimerkiksi irrotettavilla sylintereillä, joiden toisiin päihin kiinnitetään uunin kannen nostoketjut ja sylintereiden toinen pää kiinnitetään tukirakenteeseen. Sylinterit halutaan irrotettaviksi koska niitä ei tarvita koeajon aikana ja ne olisivat haittana työskentelylle.

Säätösylintereiden vanhat ohjausventtiilit ovat niin sanottuja on/off-venttiilejä. Kyseisellä venttiilityypillä säätösylintereiden hydrauliohjain tilavuusvirtaa ei voida säätää portaattomasti. Sylintereille asennetaan uusi hydraulikoneikko, jonka myötä myös sylintereiden säätöventtiilit muuttuvat proportionaaliventtiileiksi.

Venttiilien muutos muuttaa sylintereiden säädön portaattomaksi, joten elektrodien korkeudensäätö on nykyistä sujuvampaa.

LÄHTEET

/1/ Outotec Oyj:n www-sivut, historiaosio.

<http://www.outotec.com/en/About-us/History/>

/2/ Outotec Oyj:n www-sivut, liiketoiminta-alueet -osio.

<http://www.outotec.com/fi/Yhtio/Liiketoiminta-alueet/>

/3/ Outotec Oyj:n www-sivut, strategiaosio.

<http://www.outotec.com/fi/Yhtio/Strategia/>

/4/ Outotec Oyj:n www-sivut, Porin tutkimuskeskusosio.

<http://www.outotec.com/fi/Yhtio/TK-ja-innovaatiot/Porin-tutkimuskeskus/>

/5/ Pirttiaho, H & Pisilä, S. 2013. AC-uunin laitteisto- ja ajo-ohje. Outotec Research Center intranet.

/6/ Krogerus, H. 2013. Sphinx vaurio-ohje. Outotec Research Center intranet.

Kuva 1. Outokummun kumpu. Outotec www-sivut.

<http://www.outotec.com/en/About-us/History/>

Kuva 3. Outotec:in strategia. Outotec www-sivut.

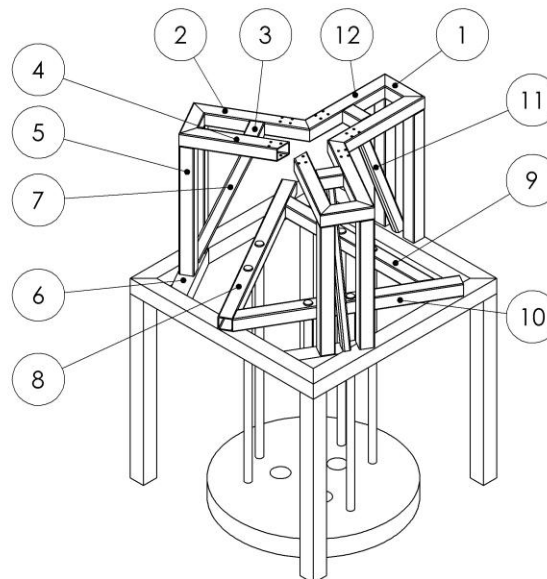
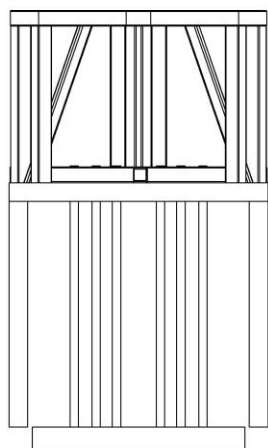
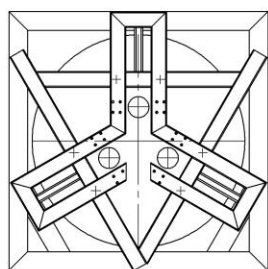
<http://www.outotec.com/fi/Yhtio/Strategia/>

Kuva 4. Outotec Research Center. Outotec intranet.

Kuva 10. Granulointireiän avaus. Outotec intranet.

Kuva 18. Hitsauskohteet ja merkit.

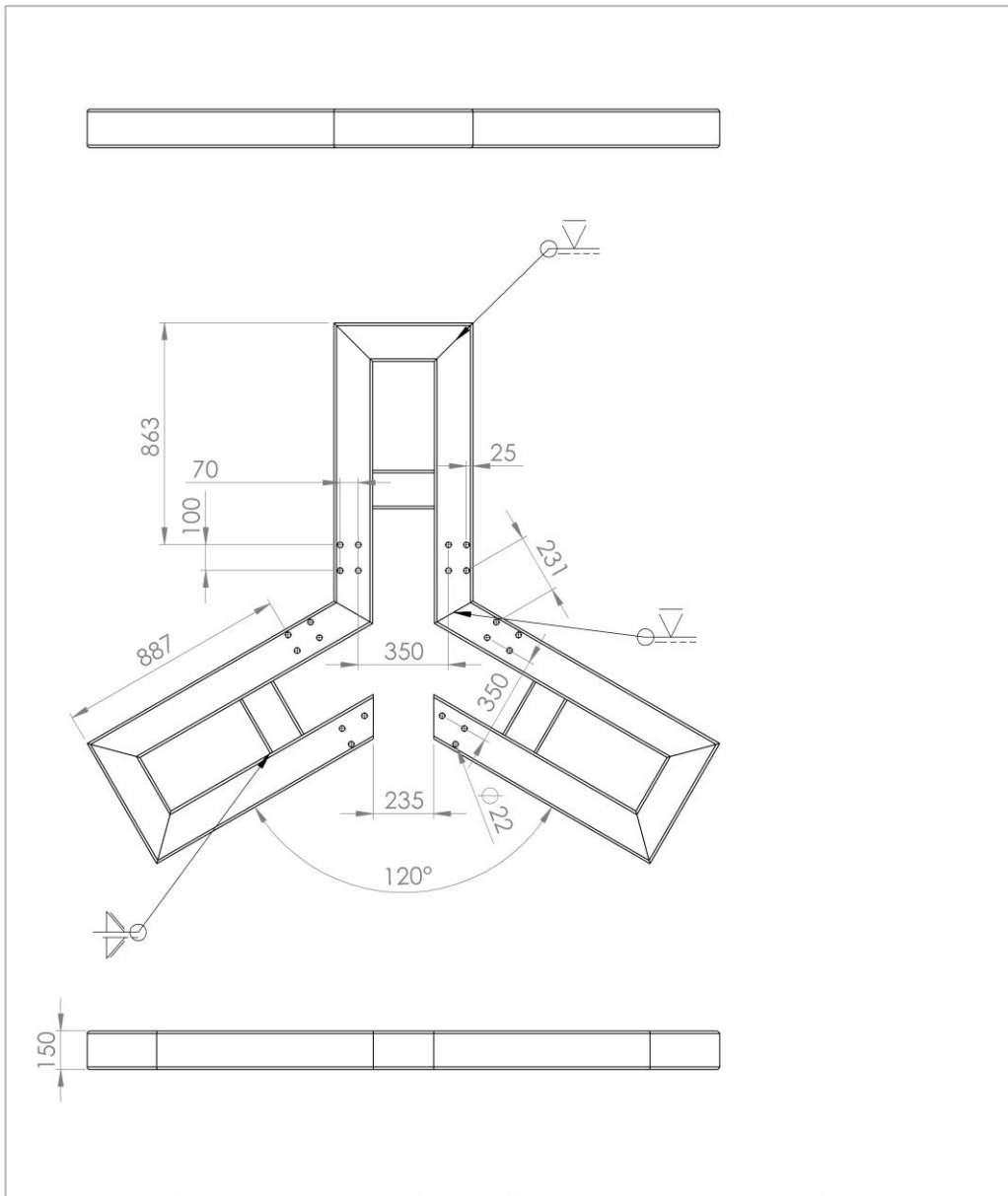
<http://lmn.phkk.fi/file.php/14/Hitsausmerkinnat/2Hitsausmerkit.pdf>



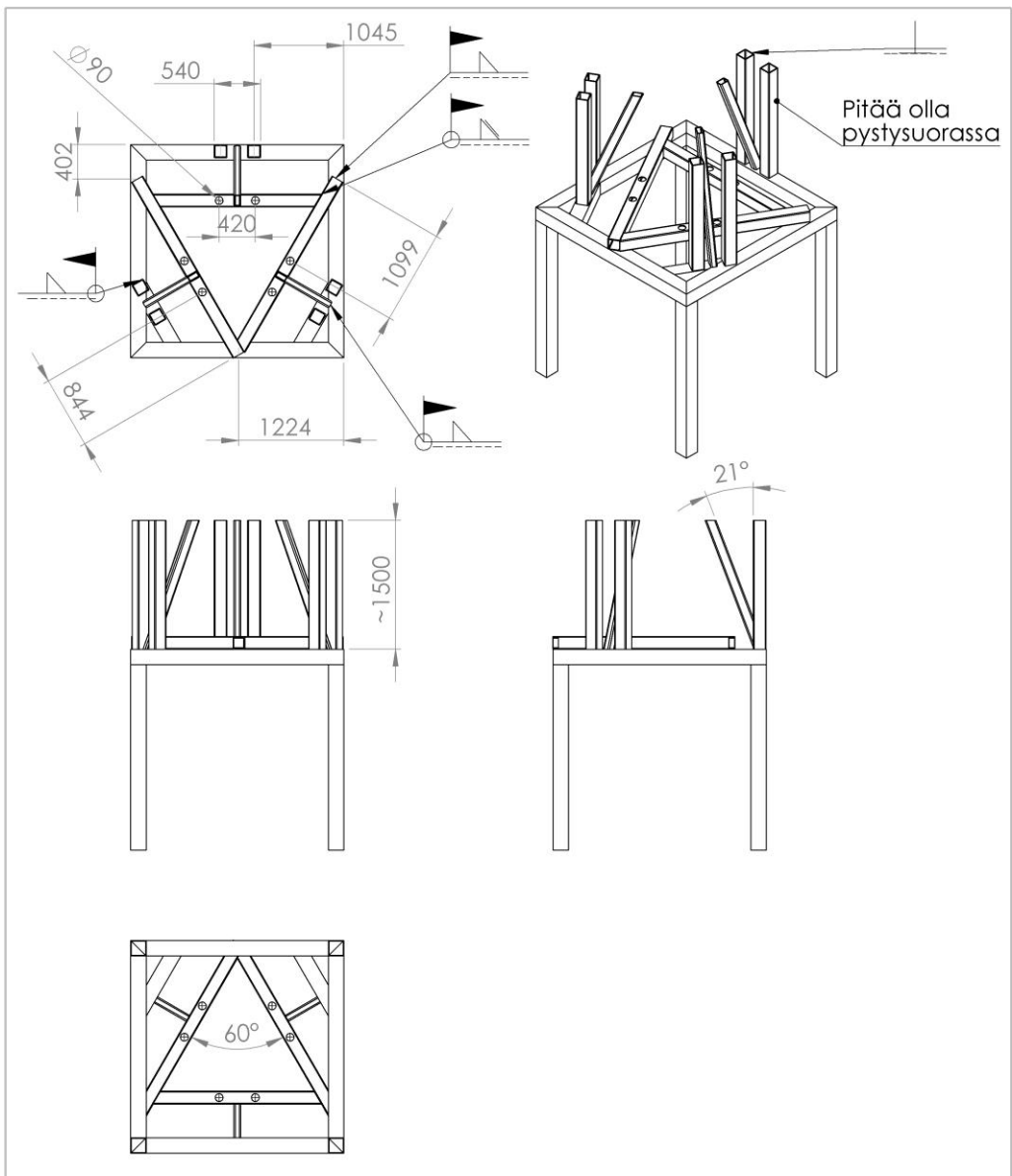
ITEM NO.	QTY.	DESCRIPTION	LENGTH	ANGLE1	ANGLE2
1	3	150x150x10	540	45	45
2	2	150x150x10	1192	45	30
3	3	150x150x10	240	0	0
4	2	150x150x10	1057	45	30
5	6	150x150x10	1500	0	0
6	2	180x180x8	811	60	30
7	2	120x80x8	1662	22	22
8	1	150x150x10	2362	0	0
9	1	150x150x10	1957	30	30
10	1	150x150x10	2287	30	0
11	1	120x80x8	1651	21	21
12	2	150x150x10	1168	30	45

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
DRAWN		NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:				
CHK'D									
APP'VD									
MFG									
Q.A					MATERIAL:		DWG NO.		A4
							Tukirakenteen palkkiluettelo		
					WEIGHT:		SCALE:1:50		SHEET 1 OF 1

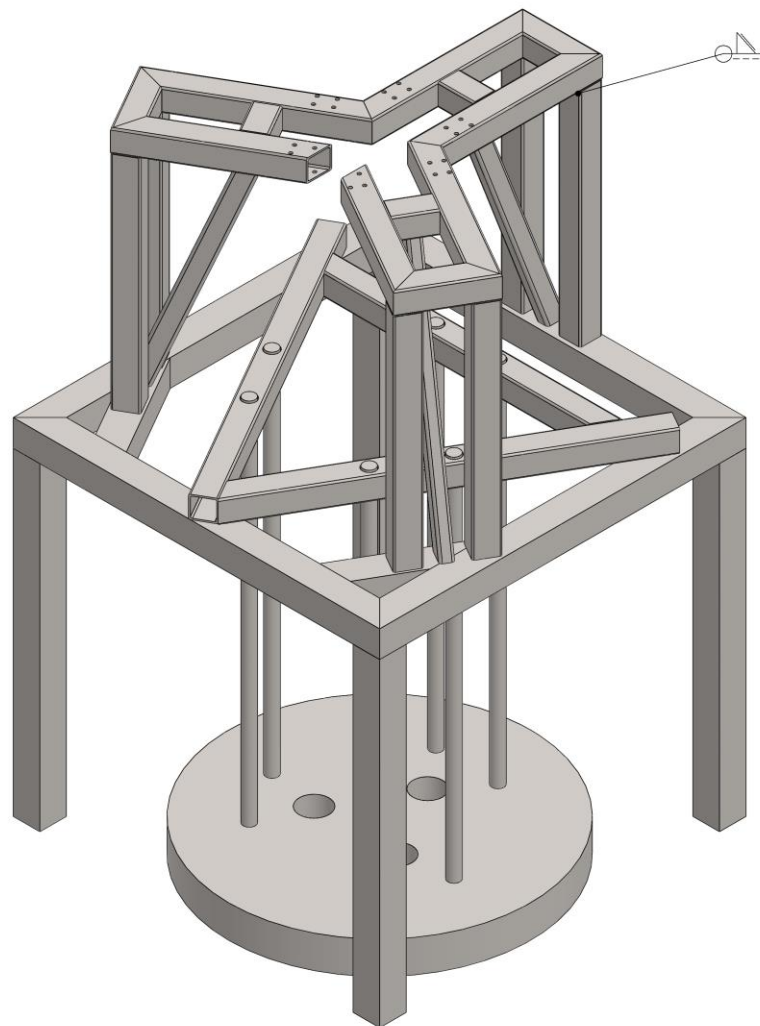
LIITE 2



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
DRAWN		NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:				
CHK'D									
APP'VD									
MFG									
Q.A					MATERIAL:		DWG NO.		A4
							Tukirakenteen yläosa		
					WEIGHT:		SCALE:1:50		SHEET 1 OF 1



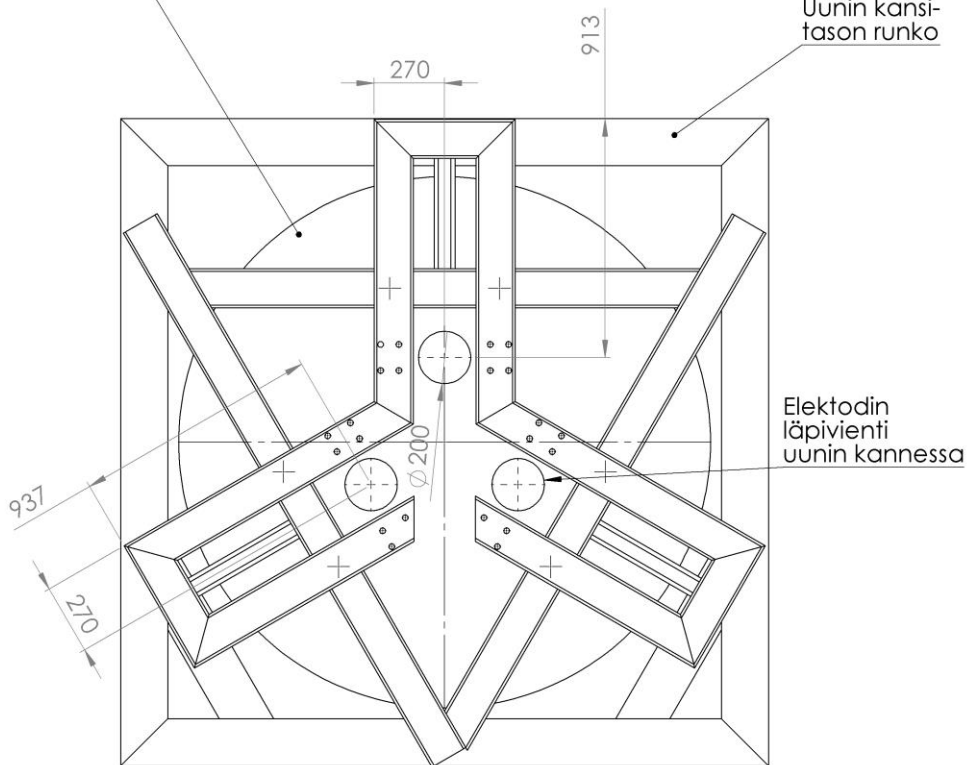
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
DRAWN		NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:				
CHK'D									
APP'VD									
MFG									
Q.A					MATERIAL:		DWG NO.		A4
							Tukirakenteen alaosa		
					WEIGHT:		SCALE:1:50		SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
					TITLE: Elektrodién tukirakenne sekä ohjauskiskot	
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE		DWG. NO.	A4
CHK'D						
APP'VD						
MFG						
Q.A				MATERIAL:		
				WEIGHT:	SCALE:1:50	SHEET 1 OF 1

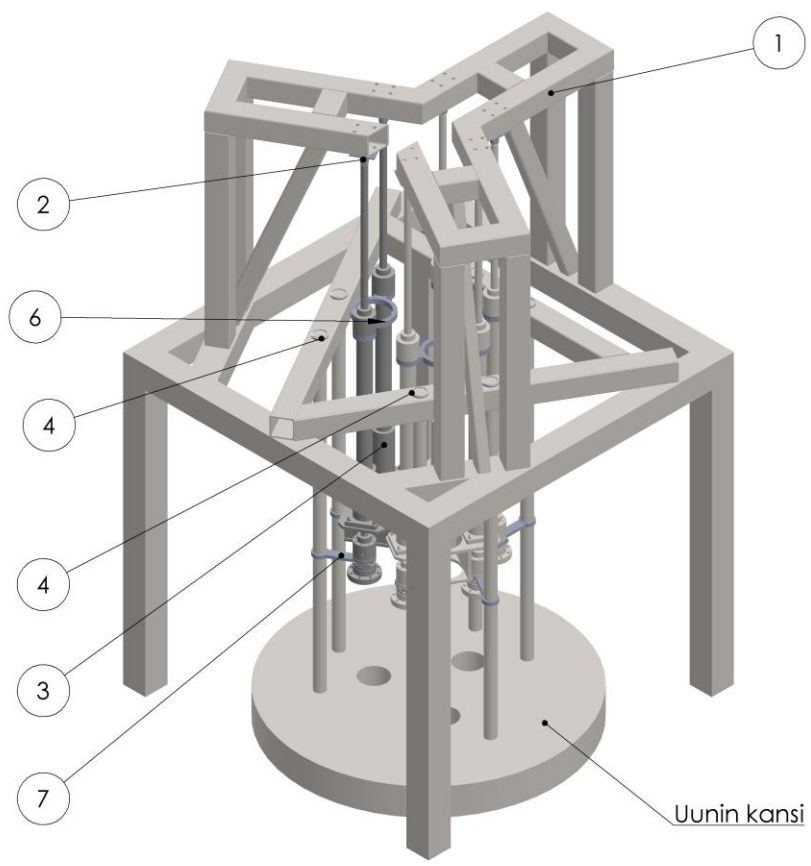
Uuninkansi

Uunin kansi-
tason runko



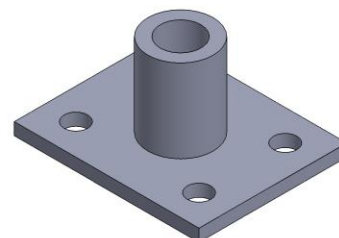
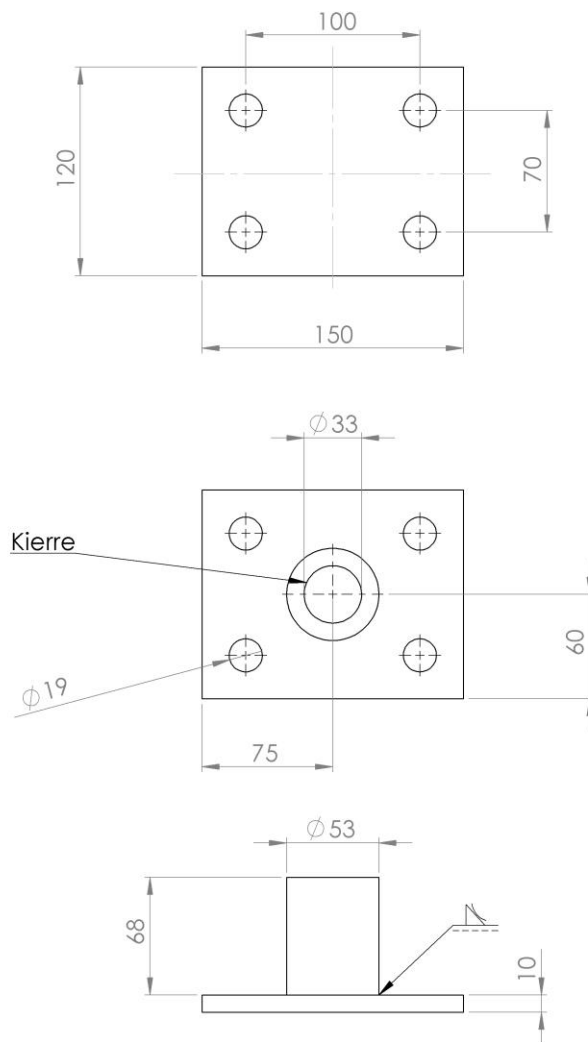
Elektodin
läpivienti
uunin kannessa

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
DRAWN		NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:				
CHK'D					Tukirakenteen kohdistus uunin suhteen.				
APP'VD									
MFG									
Q.A									
		MATERIAL:			DWG NO.		Tukirakenteen kohdistus		A4
		WEIGHT:			SCALE:1:50		SHEET 1 OF 1		

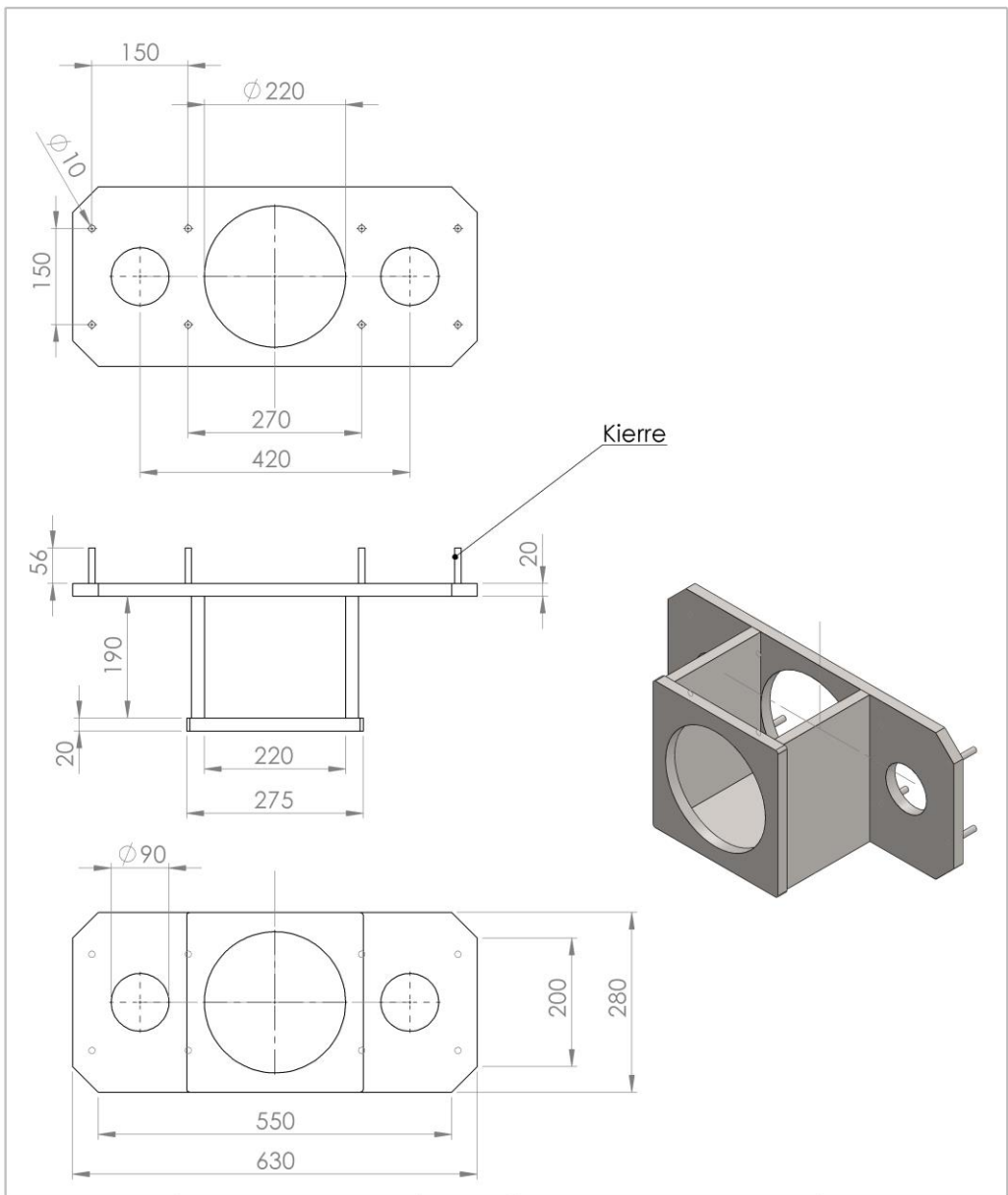


ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Tukirakenne		1
2	sylinterien kiinnitin		6
3	sylinterikokonaisuus		3
4	teflonholkki		6
5	holkki		6
6	Ohjausrengas		3
7	sylinterin ohjuri		6

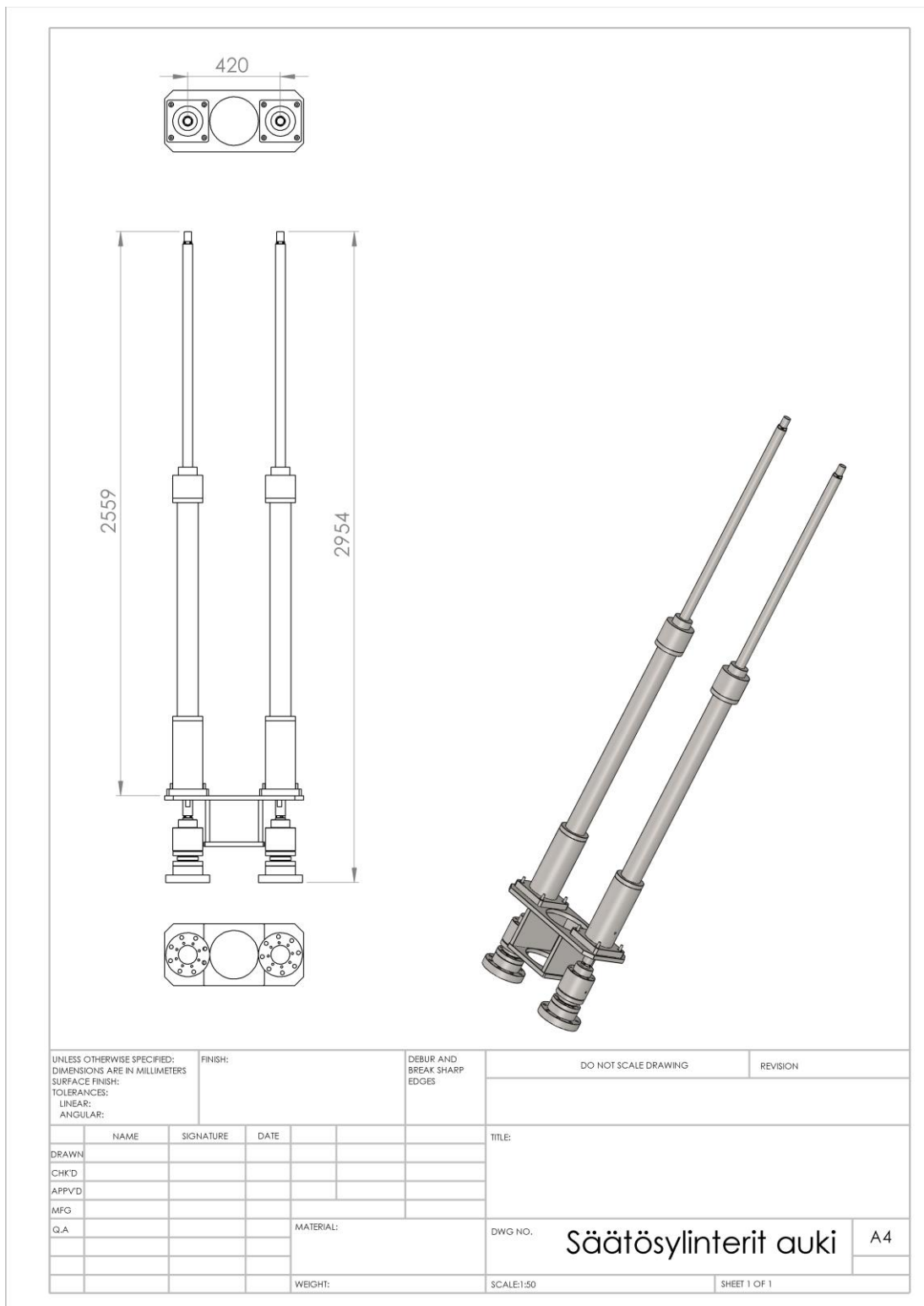
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
SURFACE FINISH:					
TOLERANCES:					
LINEAR:					
ANGULAR:					
DRAWN			TITLE: Elektrodiien tukirakenteen osaluettelo		
CHK'D					
APP'VD					
MFG					
Q.A			MATERIAL:		DWG NO.
					A4
			WEIGHT:		SCALE:1:50
					SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRAWN		SIGNATURE		DATE		TITLE:
CHK'D		SIGNATURE		DATE		
APP'VD		SIGNATURE		DATE		
MFG		SIGNATURE		DATE		
Q.A		SIGNATURE		DATE		
		MATERIAL:		DWG NO.		Sylinterin kiinnitin
		WEIGHT:		SCALE:1:5		A4
				SHEET 1 OF 1		

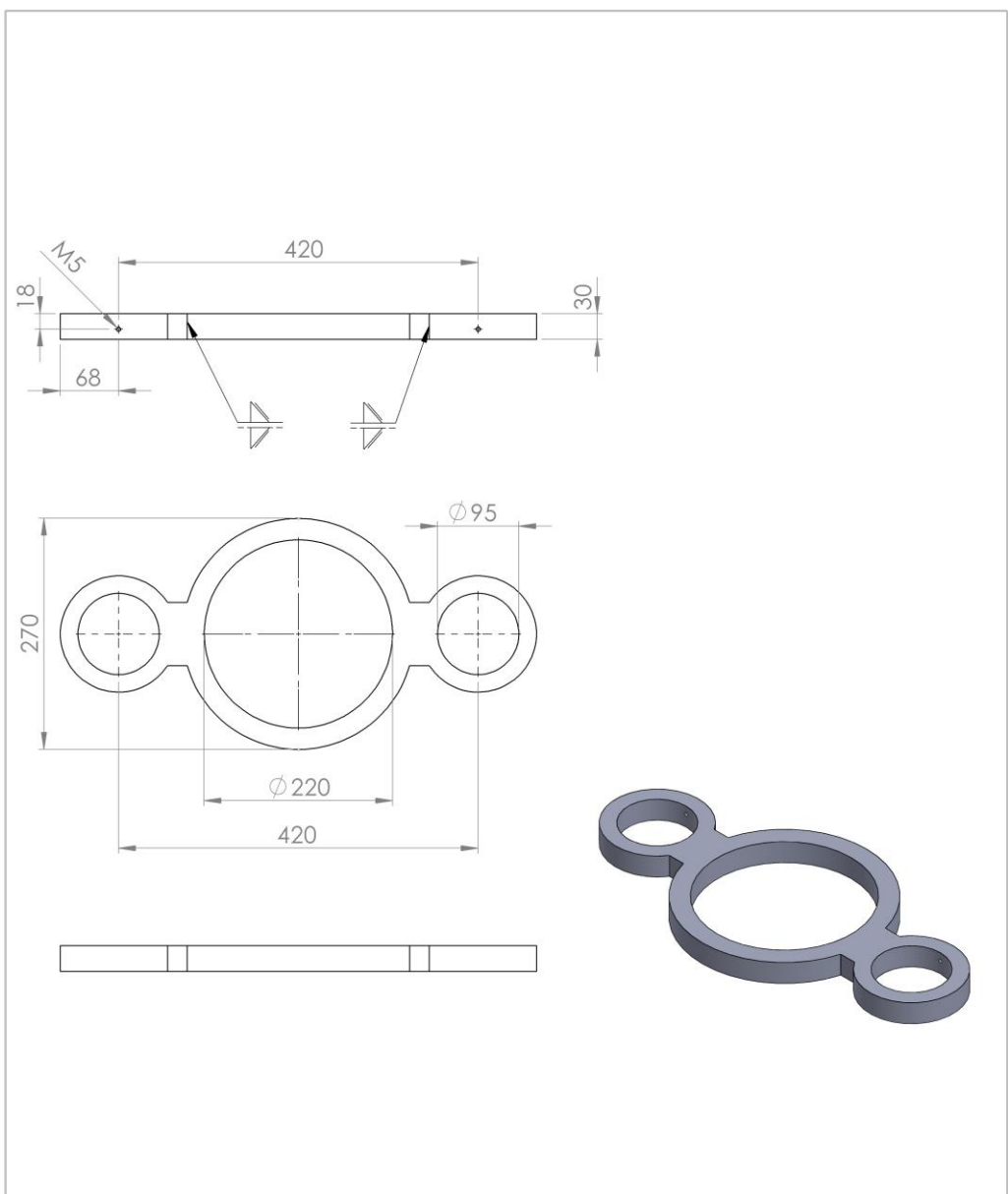


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
DRAWN		NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:				
CHK'D									
APP'VD									
MFG									
Q.A					MATERIAL:		DWG NO.		A4
							Sylintereiden yhdysosa		
					WEIGHT:		SCALE:1:10		SHEET 1 OF 1

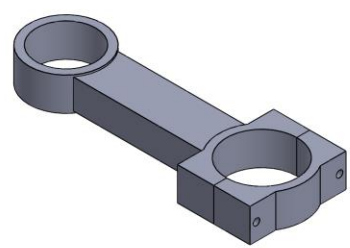
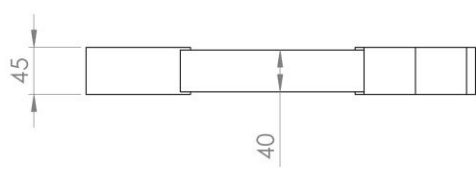
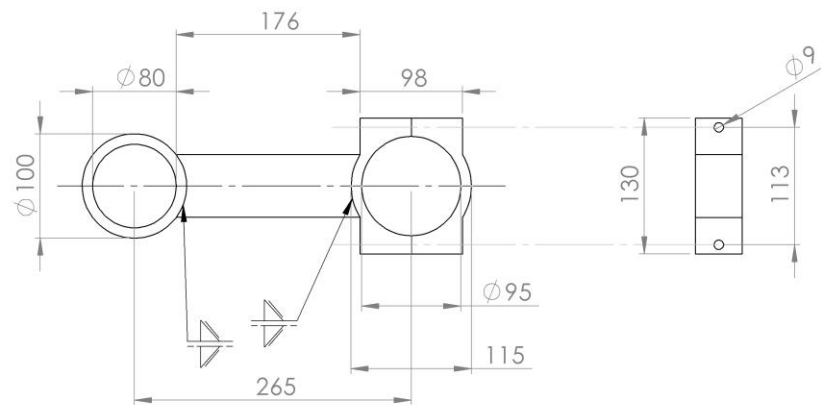


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:			
DRAWN									
CHK'D									
APP'VD									
MFG									
Q.A					MATERIAL:	DWG NO.		Säätösylinterit auki A4	
					WEIGHT:	SCALE:1:50		SHEET 1 OF 1	

LIITE
10

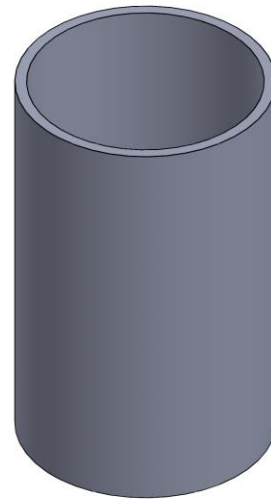
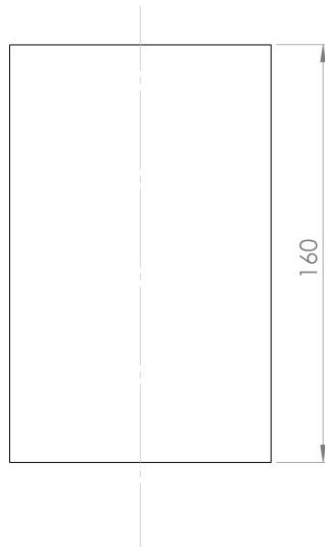
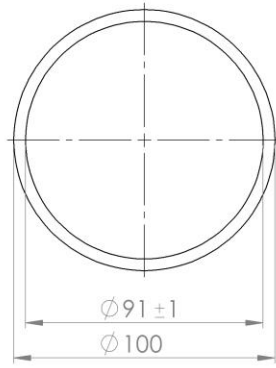


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
DRAWN		NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:				
CHK'D									
APP'VD									
MFG									
Q.A					MATERIAL:		DWG NO.		A4
							Ohjausringas		
					WEIGHT:		SCALE:1:10		SHEET 1 OF 1

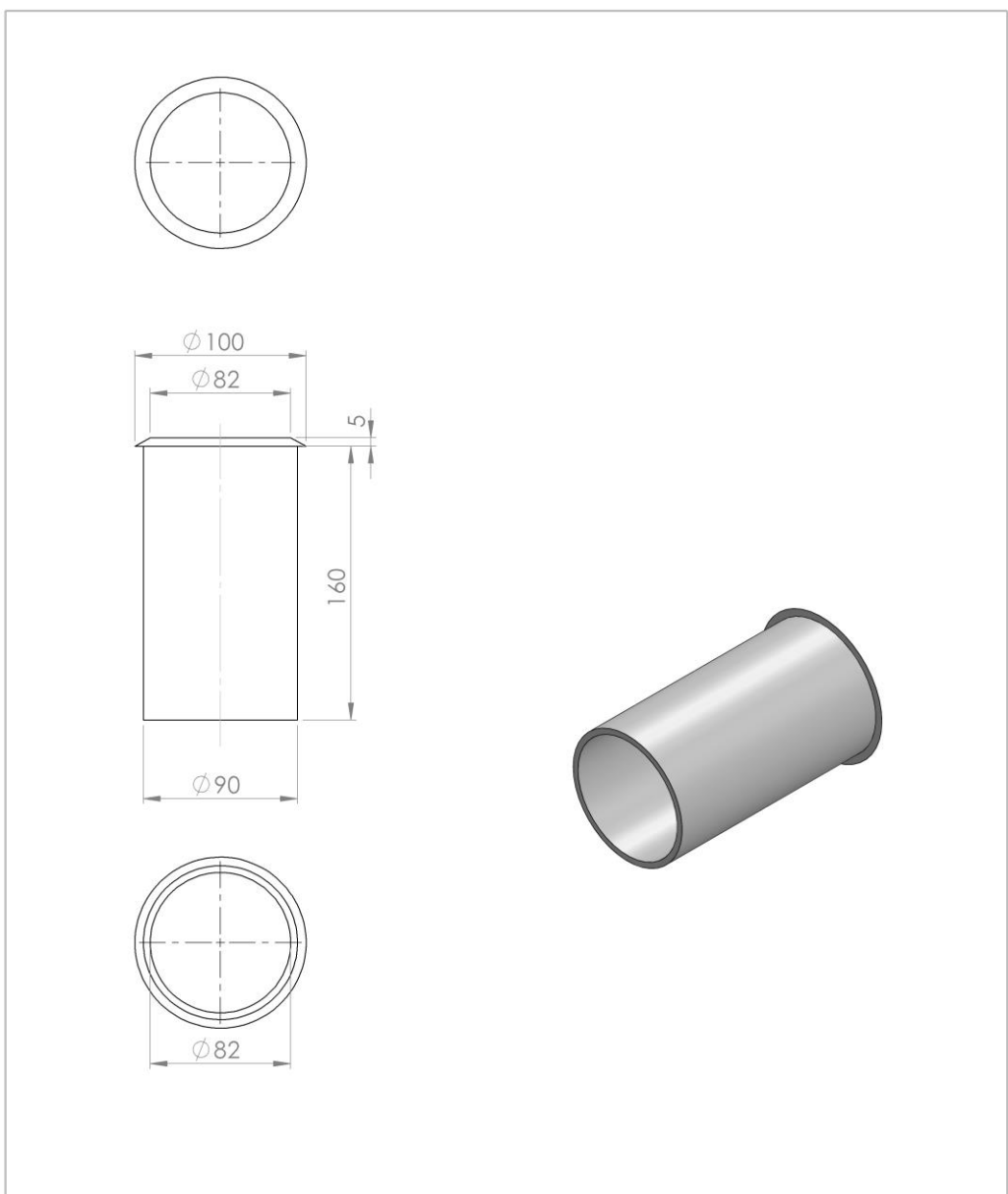


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
DRAWN		NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:				
CHK'D									
APP'VD									
MFG									
Q.A					MATERIAL:		DWG. NO.		A4
							Sylinterin ohjuri		
					WEIGHT:		SCALE:1:5		SHEET 1 OF 1

LIITE
12



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:			
DRAWN									
CHK'D									
APP'VD									
MFG									
Q.A					MATERIAL:	DWG NO.		A4	
						holkki			
					WEIGHT:	SCALE:1:2		SHEET 1 OF 1	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:											
TOLERANCES:											
LINEAR:											
ANGULAR:											
DRAWN		NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE:			
CHK'D											
APP'VD											
MFG											
Q.A								MATERIAL:		DWG NO.	
										teflonholkki	
										A4	
								WEIGHT:		SCALE:1:5	
										SHEET 1 OF 1	