

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikan koulutusala Lappeenranta
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Tuotantotekniikka

Jarkko Koskela

Suodinlevyjen kokoonpanoyksikkö

Opinnäytetyö 2012

Tiivistelmä

Jarkko Koskela

Suodinlevyjen kokoonpanoyksikkö, 41 sivua, 3 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka, Lappeenranta

Kone- ja tuotantotekniikka

Tuotanto ja kunnossapito

Opinnäytetyö 2012

Ohjaajat: Yliopettaja Seppo Toivanen, Saimaan Ammattikorkeakoulu,

Tuotannon esimies Mikko Pyysing, Outotec (Filters) Oy

Opinnäytetyöni tarkoituksena oli suunnitella suodinlevyjen kokoonpanoyksikkö Outotec (Filters) Oy:lle. Työn lähtökohtana oli kehittää suodinlevyjen kasausta edistävä kokoonpanopöytä tuotantohallin jokapäiväiseen käyttöön. Kokoonpanopöydän lisäksi suunnittelin kokoonpanoyksikölle layout-mallin, joka edesauttaa työergonomiaa.

Kokoonpanopöydän avulla pystytään kokoamaan vaivattomasti pienien 1,6 m² painesuodattimien suodinlevyjä. Liikemekanismien avulla kokoonpanopöytä saadaan väistämään asentajaa eri asennusvaiheissa. Kokoonpanopöytää voidaan myös käyttää suodinlevyjen huoltotoimenpiteisiin ja pienten osien osakokoonpanoissa.

Suunnittelutyön tuloksena syntyi joustavuutta lisäävä kokoonpanoyksikkö, joka auttaa niin asentajia työnsä suorittamisessa kuin yritystä työtahokkuuden lisäämisessä.

Asiasanat: kokoonpanoyksikkö, kokoonpanopöytä, suodinlevy, layout

Abstract

Jarkko Koskela

Assembly unit for filter plates, 41 Pages, 3 Appendices

Saimaa University of Applied Sciences

Technology unit, Lappeenranta

Degree Programme in Mechanical Engineering

Production technology and maintenance

Bachelor's Thesis 2012

Instructors: Senior teacher Seppo Toivanen, Saimaa University of Applied Sciences, Production foreman Mikko Pyysing, Outotec (Filters) Oy

The purpose of my final year thesis was to design a filter plates assembly unit. The work was commissioned by Outotec (Filters) Oy. The starting point was to develop an assembly table for everyday use to production hall. Besides the assembly table I had to plan layout model which increases ergonomics.

With the help of the assembly table it is possible to pile 1,6 m² filter plates easily for pressure filters. The assembly table can be transferable with operating mechanisms in different installation points. Furthermore the assembly table can be used for filter plates maintenance and subassembly.

The result of this final year thesis was an assembly unit with an increased flexibility, which helps the mechanics to perform their work. It also improves efficiency of the company.

Sisältö

1 Johdanto	5
2 Outotec (Filters) Oy.....	6
3 Lähtökohdat	7
3.1 Lähtötilanne.....	7
3.2 Tarvittavat suunnittelukohtat.....	7
3.3 CE-merkintä	8
4 Korkeussäädettävä nostopöytä.....	9
5 PF 1,6 m ² suodinlevy	10
5.1 Suodinlevy ja sen toimintaperiaate.....	10
5.2 Suodinlevyjen kokoonpanon toteutus.....	10
6 Liikemekanismit	12
6.1 Vipuvarsimekanismi.....	13
6.2 Kiertokangen nivelmekanismi.....	14
6.3 Hammaspyörämekanismi	15
6.4 Suoravientimekanismi	16
6.5 Johdemekanismi.....	17
6.6 Toteutettavan liikkeen valintapäätös.....	18
7 Komponenttien valinta.....	19
7.1 Lineaarijohteet.....	19
7.2 Laakeriyksikkö.....	21
7.3 Paineilman jakotukki.....	22
8 Rakenteellinen toteutus.....	23
8.1 Kokoonpanoyksikön nostopöytä.....	23
8.2 Lineaarijohteiden sijoitus	24
8.3 Pyöritysmekanismiin toteutus.....	25
8.4 Kokoonpanopöydän runko.....	26
8.5 Lopullinen layout	27
8.6 Rakenteen kuormitusten tarkastelu	29
9 Kustannusarvio	31
10 Työtuntien vertailu ja tavoite	32
10.1 Suodinlevyjen kokoonpanoon käytetyt tunnit.....	32
10.2 Tavoitetuntien määrittely	33
11 Kokoonpanoyksikön layout	34
11.1 Layout-ratkaisujen valintapäätös	35
11.2 Lopullinen layout.....	36
12 Keräilyn jatkokehitys	37
13 Jätehuolto	38
14 Muokattavuus ja joustavuus.....	38
15 Yhteenveto ja päätelmät	39
Kuvat.....	40
Taulukot.....	40
Lähteet.....	41

Liitteet

Liite 1	Työpiirustus 1
Liite 2	Työpiirustus 2
Liite 3	Työpiirustus 3

1 Johdanto

Suodinlevyjen kokoonpanoyksikön suunnittelutyön antoi tehtäväksi Outotec (Filters) Oy:n Lappeenrannan toimipiste. Toimeksiantaja oli tuttu entuudestaan, sillä työskentelin yrityksen palveluksessa opiskelujen ohella työjohdon apulaisena. Outotec (Filters) Oy:n toimenkuvana on tarjota asiakkailleen teollisuussuodattimia kaivosteollisuuteen.

Tämän päivän teollisuusyrityksissä painotetaan tuotannon toimitusvarmuutta sekä kustannusten hallintaa. Teollisuussuodattimien suodinlevyjen toimintakyky on kriittinen tuotteen toimivuuden kannalta. Suodinlevyjen pitää toimia korkealla varmuudella, jotta korjauseisokit jäisivät mahdollisimman lyhyiksi. Suodinlevyjen kokoonpanoyksikön avulla pystytään toteuttamaan kokoonpanovaihe parhaalla mahdollisella tavalla. Kokoonpanoyksikön tarkoituksena on helpottaa työpisteen työntekoa edullisemmilla menetelmillä. Kokoonpanoyksikköä voidaan käyttää myös suodattimien koeponnistuksissa todettujen vuotavien suodinlevyjen huoltotoimenpiteisiin.

Lähtökohtana ja samalla suurimpana kehityskohteena oli kokoonpanopöydän pyörittämismekanismi, joka sallisi työntekijän joustavan työskentelymahdollisuuden. Pyörittämismekanismiin tarkoituksena on aiheuttaa suorakulmaisen suodinlevyn keskipisteen siirtymisen mekaanisen liikkeen avulla. Tämän mahdollistaa työntekijän suorittamaan työtehtävänsä väistämättä suodinlevyjen kulkua pyörittäessään laitetta.

Perinteisiin kasauspöytiin verrattuna erikoisuutena on tarkoin suunniteltu työympäristö, joka edesauttaa työn tuntikustannusten minimoimisessa ja työilmapiirin kehittymisessä. Kehityksen ansiosta työn tehokkuus kasvaa sekä monikäyttöisyys lisääntyy.

Kokoonpanopöydän korkeuden säätöön valittiin sähkömoottorilla toimiva nostopöytä työergonomian edistämiseksi. Toinen mahdollisuus korkeussäätöön olisi ollut toteuttaa kokoonpanopöytä mekaanisesti suunnittelun tuloksena. Sähkömoottorilla toimiva nostopöytä oli budjetoitu tuotantohallin käyttöön, joten valitsimme sen kehitystyön edistämiseksi.

2 Outotec (Filters) Oy

Outotec (Filters) Oy on teollisuussuodattimia kehittävä, suunnitteleva ja valmistava konepajayritys. Suodattimien tarkoituksena on erottaa neste ja kiintoaine toisistaan eri suodatusmenetelmiä käyttäen. Filters-teknologiaa hyödynnetään maailmanlaajuisesti pääosin kaivos- ja metallurgisen teollisuuden ja kemian prosessiteollisuuden sovelluksissa.

Filters-tuotevalikoima kattaa pystypainesuodattimet, vaakapainesuodattimet ja kirkastussuodattimet sekä tasonauhasuodattimet, keraamiset kiekkosuodattimet ja tavanomaiset kiekko- ja rumpusuodattimet. Filtersin lisäksi tuotenimiä ovat Ceramec, Hoesch, Pannevis, Scanmec ja Scheibler. Useimmat tuotenimet ovat olleet markkinoilla jo vuosikymmeniä. Outotec (Filters) Oy on osa Outotec-konsernia. Outotecillä on maailmanlaajuisesti noin 3400 työntekijää. Vuonna 2011 Outotecin liikevaihto oli kokonaisuudessaan 970 miljoonaa euroa. Outotec (Filters) Oy:n liikevaihdosta merkittävä osa perustuu huolto- ja jälkimarkkinapalveluun. (1.)

Vuonna 2009 Outotec (Filters) Oy tunnettiin vielä nimellä Larox Oyj kunnes Outotec Oyj osti osake-enemmistön Laroxista. Kuvassa 2.1 Outotec (Filters) Oy:n valmistama painesuodatin ja kuvassa 2.2 Plant-järjestelmä.



Kuva 2.1 Painesuodatin



Kuva 2.2 Plant-järjestelmä

3 Lähtökohdat

3.1 Lähtötilanne

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää toimiva suodinlevyjen kokoonpanopöytä tuotannon jokapäiväiseen käyttöön. Kokoonpanopöydän kehittäminen oli ajankohtaista kasvavan tuotantovolyymin takia. Ideointivaiheessa nostettiin esille joustavuutta edistävä kokoonpanopöydän malli, jolla pystytään lisäämään työtehokkuutta asennusvaiheessa. Ajatus kokoonpanopöydästä nostettiin esille kesällä 2011.

Edellisinä vuosina suodinlevyjen kokoamista on toteutettu tuotantoon hankittujen A-pukkien päällä. A-pukkeja käytetään kokoonpanohallin monissa työpisteissä edesauttamaan eri kokoonpanovaiheita. Kasvava tuotantovolyymi sitoo A-pukkien käyttöä eri asennusvaiheiden suorittamiseen. Suodinlevyjen kokoaminen vaatii vähintään 2 kappaletta A-pukkeja, jotta kokoaminen on voitu suorittaa normaalisti. Niiden käyttö on ollut hankalaa ja epäergonomista. Suodinlevyjen kokoonpanoalueen ympäristö tarvitsee myös päivittämistä. Suodinlevyjen osat ovat sijoitettuina epäsuotuisiin pakkoihin eikä suodinlevyjen kokoamiseen ole tehty ohjeita. Kokoonpanon yhteydessä asentaja on joutunut kulkemaan ahtaissa paikoissa, joissa osat ovat työn tekemisen tiellä. Kokoonpanoaluetta ei ole rajattu. Turvallisuusnäkökulmien edistämiseksi on tehtävä tarvittavia muutoksia työympäristöön.

3.2 Tarvittavat suunnittelukohdat

Tuotantohallin kehityskohteille on luotu budjetti vuodelle 2012. Tuotantoon on hankittu kaksi siirrettävissä olevaa nostopöytää, joista toinen on tarkoitettu suodinlevyjen kokoonpanoyksikön kehittämiseen. Tämän nostopöydän päälle on tarkoitus kehittää pyöritysmekanismilla toimiva kokoonpanokonstruktio.

Työn pääpainona on luoda pyöritysmekanismi, jolla voidaan toteuttaa joustava työskentelymahdollisuus. Tämä tarkoittaa sitä, että pyörivän kokoonpanopöydän on liikuttava x-, y- ja z-koordinaatistossa. Pystyliikkeen eli z-tasokoordinaatisto toteutetaan sähkömoottoritoimisella nostopöydällä. X- ja y-tasojen liikkeet toteutetaan mekaanisella liikkeellä.

Kokoonpanopöydän tulee olla kevytrakenteinen. Lisämassan vaikutus hanka-loittaa pyöritysmekanismiin käsiteltävyyttä. Täydellinen kokoonpantu suodinlevy painaa noin 410 kg.

Kokoonpanoyksikön alueen rajaus ja tavaroiden sijoittelu tarvitsee ohjeita. Layout-kartan avulla voidaan saavuttaa parempi järjestys työpisteelle. Kokoonpanoyksikkö on osa varaston ja keräilyn jatkokehitystä, jossa pyritään tuomaan osat siisteissä keräilyvaunuissa työpisteelle.

3.3 CE-merkintä

CE-merkintä on eräänlainen valmistajan antama takuu siitä, että tuote täyttää Euroopan unionin asettamat turvallisuutta, terveyttä, ympäristöä ja kuluttajasuojaa koskevat vaatimukset. Se mahdollistaa tuotteen vapaan liikkumisen Euroopan talousalueella. Sähköhydraulisella nostopöydällä on CE-merkintä. Kokoonpanopöydälle ei tarvita CE-merkintää, koska se on uniikkikappale eikä sitä valmisteta myyntitarkoitukseen. (2.)

4 Korkeussäädettävä nostopöytä

Kokoonpanopöydän korkeudensäätö toteutetaan Haklift ABT Oy:n sähköhydraulisella nostopöydällä. Kuvassa 4.1 on kyseinen nostopöytä. Nostopöydälle on vaihtoehtoina kolme kokoa. Valitun kokoluokan maksimi kuorma on 2000 kg. Nostopöydän ominaisuudet:

- Kolme kokoa: 1000, 2000 ja 4000 kg
- Asennuksiin, korjauksiin ja paketointiin ym.
- Käyttöjännite 3-vaihe / 380...400 V
- Johdon päässä oleva ohjauslaite nosto- ja laskutoiminnolla sekä hätäpysäytyskytkimellä.
- Varustettu suojakehyksellä, joka estää pöydän laskeutumisen mikäli jotakin jää väliin.
- Toimitetaan täydellisenä koottuna ilman virtapistoketta.
- CE-merkittyjä.
- Ei saa lämpökäsitellä. (3.)

Taulukossa 4.1 on nostopöydän tekniset ominaisuudet.

Max. Kuorma	Min. Korkeus	Max. Korkeus	Pöydän mitat	Nostoaika	Paino
2000kg	230mm	1050mm	1600 x 1000mm	20s	268kg

Taulukko 4.1 Korkeussäädettävän nostopöydän tekniset tiedot (3.)



Kuva 4.1 Sähköhydraulinen nostopöytä (3.)

5 PF 1,6 m² suodinlevy

PF 1,6 m² suodinlevy on valmistettavien painesuodattimien pienin kokoluokka. Pienien kokoluokkien suodattimet myydään yleensä lääketeollisuuden ja kullan prosessikäyttöön. PF 1,6 m² painesuodattimia valmistuu vuosittain noin 15 kappaletta.

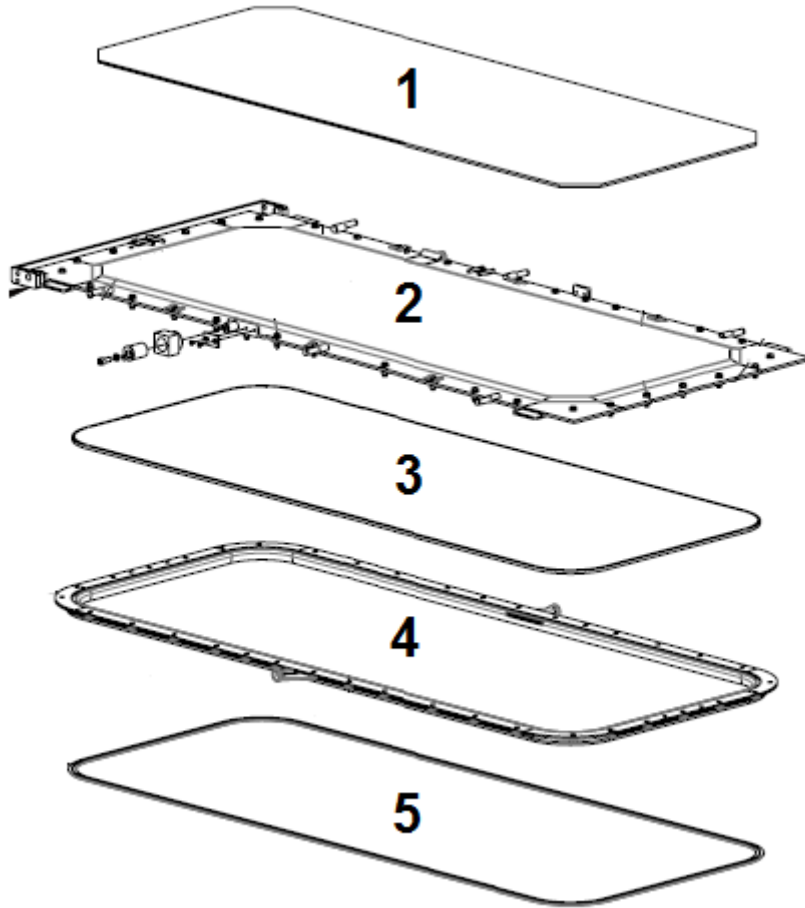
5.1 Suodinlevy ja sen toimintaperiaate

Suodinlevy on painesuodattimen sisällä oleva levykokoontapano, jonka avulla voidaan erottaa kiintoaine nesteestä suodattamalla. Suodinlevyjen koko vaihtelee suodattimien käyttötarkoituksen perusteella. Levyn koko perustuu pinta-alan kiintoaineen tuoton määrään. Tässä PF-koneessa levy pystyy tuottamaan 1,6 neliometriä kiintoainetta yhdellä suodinlevyllä. Suodatuksen aikana kiintoaineen kokonaismäärä riippuu suodatinkangas lukumäärästä. Suodinlevyjen välissä kulkee suodatinkangas, jonka avulla kiintoaine saadaan suodatettua ajon aikana. Kangas liikkuu puristuksen jälkeen sille annetun liikkeen matkan ja kiintoaine tiputetaan lietekouruun jatkokäsittelyä varten. (1.)

5.2 Suodinlevyjen kokoonpanon toteutus

Suodinlevyjen kokoonpano aloitetaan pienien tavaroiden osakokoonpanoilla. Suodinlevyjen kasaus suoritetaan kokoonpanopöydän päällä. Aluksi kokoonpanopöydän päälle tuodaan kehys. Kehystä ympäröi uraradat molemmilla puolilla. Isompaan urarataan kiinnitetään tiivistelista. Tämän jälkeen kehys käännetään toisinpäin. Kehyksen päälle tuodaan kumikalvo. Kalvo asennetaan kehysten pienempään uraan. Tämän jälkeen kumikalvon ja kehysten päälle laskeetaan levy. Levy kiinnitetään kehukseen pulttien ja muttereiden avulla. Kumikalvo jää puristuksiin kehysten uraradan ja levyn väliin. Levyn päällä olevaan altaaseen sovitetaan muoviritilät. Levyn toiseen päähän kiinnitetään telan kannattelijat. Kannattelijoihin kiinnitetään tela ja kankaan puhdistajat. Tämän jälkeen valmis suodinlevy nostetaan lattialle. Kun kaikki suodinlevyt on tehty valmiiksi, niihin kiinnitetään ripustuslevyt, joiden avulla koko levypakka voidaan nostaa kerralla painesuodattimen sisälle. (1.)

Kuvassa 5.1 on karkea malli suodinlevyn kokoonpanon räjäytyskuvasta.



Kuva 5.1 Suodinlevyn räjäytyskuva (1.)

1. Muoviritilä
2. Levy
3. Kumikalvo
4. Kehys
5. Tiivistelista

6 Liikemekanismit

Kehitystyön alussa tutustuin käytännönläheisiin liikemekanismeihin. Vaihtoehtoja löytyi useampia. Vaihtoehtojen valinnassa oli ratkaisevaa käytännön toteutus. Toteutuksen pitää olla helposti asennettavissa ja kustannuksiltaan edullinen. Monimutkaisten liikemekanismissien toteutus voi johtaa isoihin valmistuskustannuksiin.

Pyöritysmekanismin toteutusta tarkastelin ensimmäiseksi ellipsisen liikeradan osalta. Kysymys kuului, voidaanko pyörimis- ja lineaarinen liike toteuttaa saman aikaisesti. Eri mekanismeilla pystytään toteuttamaan tietynlaisia pyörimisliikkeitä vain muutamilla pienillä rakennemuutoksilla. Toisaalta valmistusmenetelmän ja käytön näkökulmasta ellipsiliike ei ollut edullisin vaihtoehto. Täten tarkastelu-kohteiksi täytyi ottaa muita mahdollisia liikemekanismeja.

Pyöritysliike voidaan toteuttaa myös perinteisesti aksiaalisin liikkein. Liikkeen pitää sisältää kuitenkin lineaarista liikettä, jotta suodinlevyä kääntäessä sen keskipistettä pystytään siirtämään asentajasta poispäin. Näin saadaan aikaiseksi saumaton työskentely.

Pyöritysmekanismi toteutetaan x- ja y-tasokoordinaatistossa. Normaalin pyörimisen yhteydessä kokoonpantava suorakulmainen suodinlevy osuisi asentajan vyötärön seudulle, mikä aiheuttaisi väistämislisliikkeen levyn pyörimisen yhteydessä. Oikealla pyörimismekanismilla voidaan ehkäistä turhia väistöliikkeitä asennuksen yhteydessä.

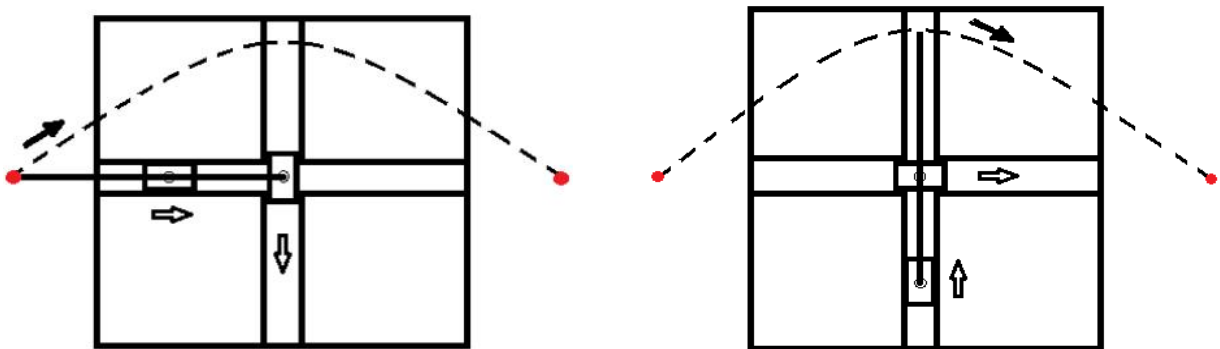
Valintapäätöksen pisteytystaulukon perusteella voidaan valita paras vaihtoehtoratkaisu. Paras ratkaisu valitaan kustannusten, käytännöllisyyden, tehokkuuden ja turvallisuuden pisteytyksen summana.

6.1 Vipuvarsimekanismi

Ensimmäiseksi vaihtoehtoratkaisuksi valittiin ellipsiliikettä toteuttavan mekaaninen laite. Kuvassa 6.1 laitteen pääperiaatteena on luoda ellipsinen liikerata vipuvarsimekanismin avulla. Mekanismi on yksinkertainen ja helposti toteutettavissa. Vipuvarren kiinnityskohdan säädöllä voidaan saada aikaan erikokoisia ellipsisiä liikeratoja.

Neliön muotoinen perustuslaatta sisältää kaksi uraa, jotka ovat 90° kulmassa toisiinsa nähden. Uurissa kulkevat kelkat ovat kiinnitettynä vipuvarteeseen. Vipuvarren punainen päätepiste kertoo ellipsiliikkeen muodon.

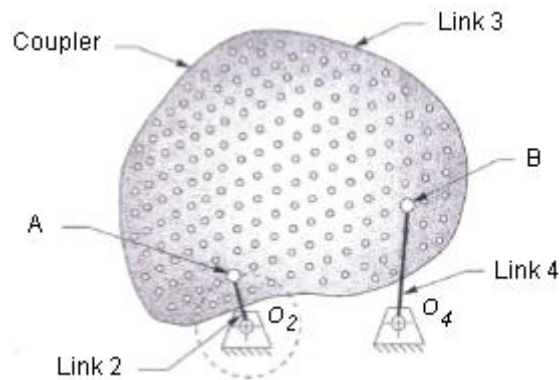
Menetelmää käytetään lähinnä ellipsisten ääriviivojen piirtämiseen. Mekanismin käyttö on kyseenalaista painavien osien liikuttelussa. Päätepiisteeseen kiinnitetty kappale aiheuttaa vipuvarren mitoista huolimatta momenttia kelkkoihin. Kiinnitettävän kappaleen vapaan pyörimisen toteuttaisi laakeri punaisessa pisteessä. Laitteen toimintavarmuutta ei pystytä toteamaan, koska kyseistä laitetta ei ole vielä markkinoilla. Laite pitäisi valmistaa itse. Mekanismi voi olla häiriöherkkä ja se vaatisi kunnonvalvontaa ja huoltotoimenpiteitä tietyin väliajoin. (4.)



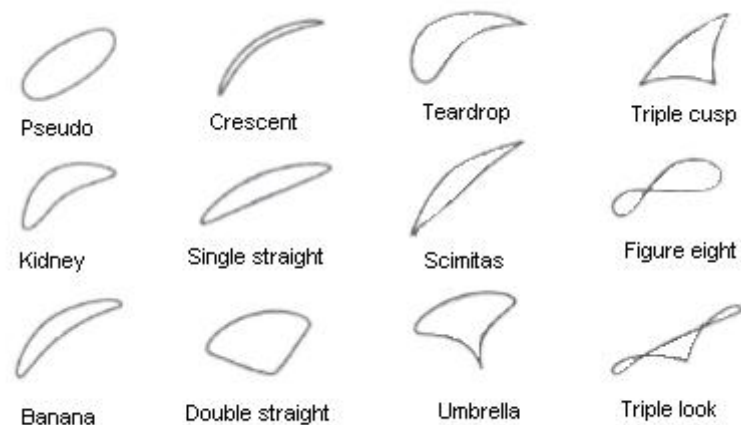
Kuva 6.1. Ellipsisen liikeradan havainnollistava kuva

6.2 Kiertokangen nivelmekanismi

Toinen vaihtoehtoratkaisu on kiertokangen ratakäyrät. Se on nivelmekanismi, jonka liikkeiden avulla voidaan luoda monimutkaisia liikeratoja kiertokangen pisteillä. Kuvassa 6.2 kiertokankea voidaan laajentaa määrättömässä tasossa. Jokainen kiertokangen piste vaikuttaa ratakäyrän muotoon. Nivelmekanismeja ja ratakäyriä voidaan käyttää moniin hyödyllisiin tarkoituksiin koneensuunnittelussa. Ratakäyrillä voidaan toteuttaa lähes suoria ratoja ja suuria ympyrän kaaria. (5, s.85-86.). Kuvassa 6.3 on selvennys kiertokangen ratakäyristä.



Kuva 6.2. Esimerkki kiertokangen laajennetusta ratakäyrästä (5, s.85)



Kuva 6.3 Esimerkkejä kiertokangen ratakäyristä (6, s.38)

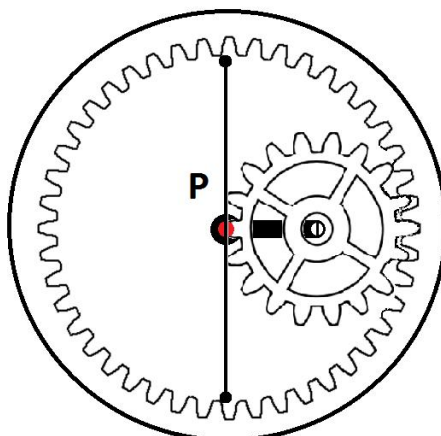
6.3 Hammaspyörämekanismi

Hammaspyörillä toteutetaan pyörivä liike, johon pystytään liittämään myös lineaarinen liike. Kuvassa 6.4 hammaspyörämekanismi toteuttaa molempia yhtä aikaa.

Mekanismin hyöty todetaan hammaspyörien suhdeluvulla. Pyöreä hammasrata sisältää puolet enemmän hampaita kuin sen sisällä oleva hammaspyörä. Hammaspyörään on kiinnitetty vipuvarsi, jonka keskipiste on pyöreä hammasrata. Vipuvarren pituus on puolet pyöreän hammasradan säteestä. Tällöin hammaspyörä pyörii ketterästi hammasrataa pitkin. Hammasradan ja -pyörän suhdeluku on 2:1. (7.)

Kun hammaspyörän hampaaseen kiinnitetään esimerkiksi akselimekanismi ja hammaspyörää pyöritetään, huomataan sen toteuttavan lineaarista liikettä. Kun tuen paikkaa siirtää hammaspyörän keskipisteeseen päin, se mahdollistaa myös ellipsisen liikkeen.

Punainen piste P liikkuu edestakaisin, kun hammaspyörää liikutetaan vipuvarren avulla. Kuvan piste P on tällä hetkellä keskipisteasemassa. Hammaspyörää pyörittämällä vastapäivään, piste P liikkuu ylöspäin. Myötäpäivään pyörittäessä piste P liikkuu alaspäin.

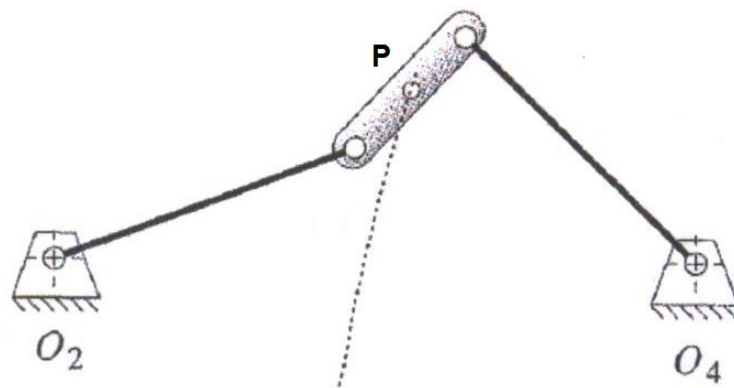


Kuva 6.4. Toimintaperiaate lineaariliikkeen toteutuksesta.

Hammaspyörämekanismia käytetään konepajatekniikassa paljon. Tämä mielenkiintoinen vaihtoehtoratkaisu on rakenteeltaan hyvin yksinkertainen ja sen liikerataa voidaan muokata haluttuun muotoon. Käytännön toteutettavuus voi kuitenkin olla haaste. Rakenteeseen vaikuttavat kuormitukset ovat kyseenalaisia toimivuuden kannalta. Valmistuskustannukset voivat nousta korkeiksi, jos mekanismi teetätetään mittatilaustyönä.

6.4 Suoravientimekanismi

Suoravientimekanismeille on suuri tarve erilaisissa koneistoissa. Suoravientimekanismi sallii työkalun jatkuvan liikkeen. Kuvassa 6.5 työkalun täytyy pystyä seuraamaan liikerataa suorasti ja vapaalla nopeudella. Vaihtoehtoratkaisuksi on valittu James Wattin kehittämä suoravientimekanismi. (6.s.44)



Kuva 6.5. James Wattin suoravientimekanismi (6, s.44)

Mekanismia käytetään yleisesti auton jousituksissa. Piste P on kiinnitetty taka-akseliin ja O_2 sekä O_4 ovat kiinni rungossa. Piste P kulkee suoraa liikettä tukipisteiden välillä. Samaa mekanismia voidaan käyttää myös kokoonpanopöydässä. Tukipisteet voidaan kiinnittää nostopöytään. Piste P toimisi lineaariliikkeen toteuttajana vaakasuuntaisessa tasossa. Kiinnityksenä on akselilaakerointi. Mekanismi olisi helposti valmistettavissa ja kustannuksiltaan edullinen. Tämä suoravientimekanismi on tunnettu maailmanlaajuisesti eri kulkuneuvoissa. (5, s. 95-96.)

6.5 Johdemekanismi

Johdemekanismien avulla voidaan toteuttaa monipuolisia ratkaisuja konepajatekniikassa. Ratkaisuksi kehittyi suoraviivainen liike vierintälaakerein, johon yhdistetään aksiaalinen pyöritysmekanismi. Suoraviivaisessa liikkeessä vierintäosin toteutettuna rataprofiili voi olla hyvin monen muotoinen. Mekanismin avulla voidaan toteuttaa yksinkertainen ja helppo sovellutus konepajatekniikkaan.

Tavallisimmat johdepinnat ovat taso- tai lieriöpintoja. Vierintäjohteita käytetään pääasiassa työstökeskusten, robottien, kappaleenkäsittelyautomaattien ja muiden vastaavien koneenrakennuksen valmistustekniikkaan liittyvien erikoiskoneiden lineaariliikkeiden osina. Rakennetyyppejä on monia. Vierintäosina käytetään kuulia, rullia tai neuloja. Kuvassa 6.5 on lineaarijohteen kokoonpano.

Lineaarijohteilla on pieni kitkakerroin, mistä seuraa pienemmät työntövoimat ja pienempi tehontarve. Ne voidaan tehdä välyksettömiksi. Johteiden elinikä on suuri eikä voitelun tarvetta ole. Lineaarijohteet ovat konepajan asennuksiin käytännöllinen valinta, ja ne ovat helposti asennettavissa.

Lineaarijohteiden varjopuolina voidaan mainita iskunkestävyys ja vaimennuskyky. Johteet ovat myös arkoja epäpuhtauksille. Lisävarusteiden ansiosta lineaarijohteita voidaan käyttää epäpuhtauksille alttiissa ympäristössä. Monimutkaiset vierintälaakerit ovat kalliita ja ne vievät enemmän tilaa. (8, s.287.)



Kuva 6.6. Lineaarijohde (9.)

6.6 Toteutettavan liikkeen valintapäätös

Valintapäätöksen pisteytystaulukossa käsitellään niitä asioita, jotka vaikuttavat eniten lopulliseen valintaratkaisuun. Taulukossa 6.1 valittiin käsiteltäviksi asioiksi kuormitus, huollettavuus, käytännöllisyys, kustannukset ja asennettavuus. Jokaiseen sarakkeeseen annetaan piste sen mukaan, kuinka hyväksi kyseinen ratkaisu voidaan todeta. Pisteytysalue on 1 - 4. Kullekin käsiteltävälle osaluueelle annetaan oma painoarvo, koska ne eivät ole tasaisesti verrattavissa toisiinsa. Piste ja sille annettu painoarvo kerrotaan yhteen, ja lopuksi ratkaisusta saadut pisteet summataan.

Valintapäätöksen pisteytystaulukko

	Kuormitus	Huollettavuus	Käytännöllisyys	Kustannukset	Asennettavuus	Yhteensä
Vipuvarsimekanismi	1	3	2	3	2	16
Kiertokangen nivelmekanismi	3	3	2	3	2	19
Hammaspyörämekanismi	1	1	2	1	2	10
Suoravientimekanismi	3	4	3	3	3	23
Johdemekanismi	4	4	4	3	4	27

Pisteytys		
Huono	1	
Heikko	2	
Hyvä	3	
Kiitettävä	4	

Painoarvo		
Kuormitus	1,2	
Huollettavuus	1,5	
Käytännöllisyys	2	
Kustannukset	1,5	
Asennettavuus	1	

Taulukko 6.1 Valintapäätöksen pisteytystaulukko

Parhaaksi vaihtoehtoratkaisuksi valikoitui lopulta lineaarijohteiden avulla suoritettava liike, johon yhdistetään pyöritysmekanismi.

Vaihtoehtoratkaisujen valintamenetelmä on tarpeellinen. Suunnittelutyössä pitää olla avarakatseinen ja punnita eri vaihtoehtoratkaisuja ja niiden oikeita toteutusmenetelmiä. Valintapäätökseen ja pisteytykseen vaikutti pääasiassa käytännöllisyys ja toteutettavuus.

7 Komponenttien valinta

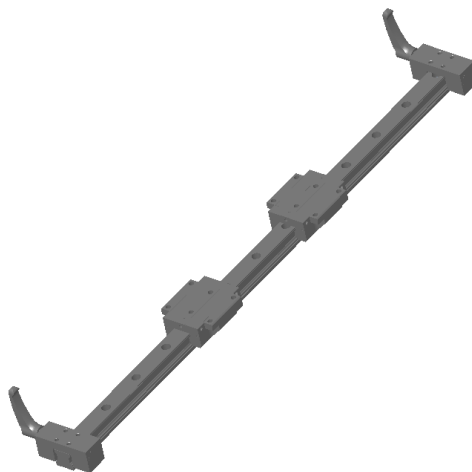
Suodinlevyjen kokoonpanoasennus voidaan toteuttaa lukuisilla erilaisilla menetelmillä. Erilaisten menetelmien laajan valikoiman vuoksi asennuksen tulisi olla mahdollisimman yksinkertainen ja yleispätevä.

Kokoonpanopöydän komponenttien mitoituksessa kriteerinä olivat konstruktion käsiteltävyys ja massan vaikutus. Suodinlevyjen kokoonpanossa komponentit on mitoitettu tasaisesti jakautuneelle massalle noin 410 kg.

Seuraavassa on käsitelty kokoonpanopöydän kolmen komponentin ominaisuuksia ja valintaa. Valinnoissa on otettu huomioon työergonomian kehittäminen.

7.1 Lineaarijohteet

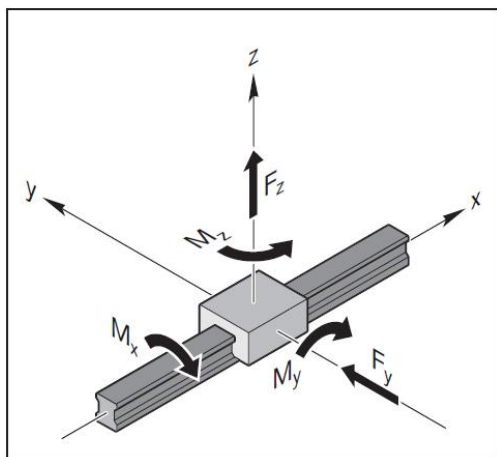
Kokoonpanopöydän painopisteen siirron toteuttavat lineaarijohteet. Lineaarijohteiden avulla voidaan liikuttaa konstruktiota, helpottaa ja parantaa työntekoa. Liike on suunniteltu niin pitkäksi, että suodinlevyjen asennus on toimiva. Lineaarijohteen pituus on 1036 mm. Liikettä rajataan johteiden päihin sijoitetuilla pysäytysmekanismeilla. Lialta ja pölyltä lineaarijohdetta suojataan toimittajan tuotevalikoimasta valikoidulla haitaripalkeilla R1620 302 00 ja R1620 304 00. Kuvassa 7.1 on lineaarijohde kahdella johdekelkalla ja pysäytysmekanismeilla.



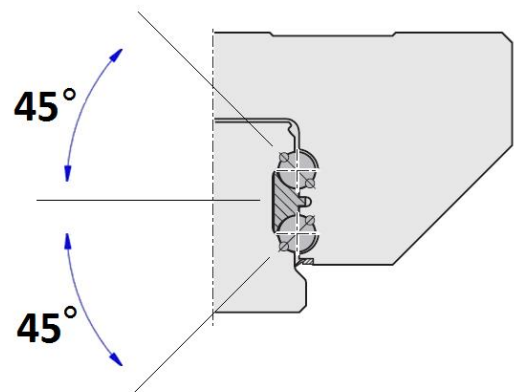
Kuva 7.1 Lineaarijohteen kokoonpano FNS Size 35

Valitsin Rexroth Bosch Group tuotevalikoimasta lineaarijohteiksi SNS R1605 303 31, 1036 mm ja johdinkelkoiksi FNS R1651 313 20. Yhteen lineaarijohteeseen tulee kaksi kelkkaa. Linearijohdekokoonpanon tuotekoko on 35. (9.)

FNS-johdinkelkoissa kosketus johdinkiskoon tapahtuu neljällä kuularivin välityksellä. Kuularivi kiertää kehää laakerivaunun sisällä kuulapitimien ja päätylevyjen ohjaamana. Kosketus tapahtuu 45° kulmassa vaakatasoon nähden, joka mahdollistaa johteen vapaan asettamisen miten päin vain. Johdinkelkka pystyy myös ottamaan vastaan kaiken suuntaisia voimia. Lineaarijohteiden mitoituksessa momentin aiheuttama kuormitus on tärkeämmässä osassa kuin suora staattinen kuorma. Kuvissa 7.2 ja 7.3 lineaarijohteen poikkileikkaus ja mahdollisten kuormitusten vastaanottaminen.



Kuva 7.2 Kuormitukset (9.)



Kuva 7.3 Johteen poikkileikkaus (9.)

Rexroth Bosch Group FNS 35 -lineaarijohdin on mitoitettu kestävämpään suurempia kuormituksia kuin kokoonpanopöydässä ilmenee. Kokoonpanopöydässä asennuslevyyn kiinnitetty laakeriyksikkö aiheuttaa taivutusmomenttia M_x - ja M_y -suunnissa johdinkelkkoihin. FNS 35 -johdinkelkalle ilmoitetaan taivutusmomentin kestoksi M_x -suunnassa 890 Nm ja M_y -suunnassa 565 Nm. Kahden johdinkiskon asentaminen lähekkäin kasvattaa suurinta sallittua taivutusmomenttia.

7.2 Laakeriyksikkö

Pyörimismekanismissa valitsin säteis- ja aksiaalikuormitusta kestävästä laakeriyksiköstä. Laakeriyksikkö on SKF:n tarjoama FY 50 TF -tuote. Kuvan 7.4 laakeriyksikkö pystyy ottamaan vastaan pienestä koostaan huolimatta 15 - 35 kN:n kuormia sisäisen mekanismin ansiosta. Vaikka kokoonpanopöytä aiheuttaa pääosin staattista kuormitusta, se tuottaa myös momenttia pyörimiselimeen. Herkkäliikkeinen laakeriyksikkö edesauttaa kokoonpanopöydän konstruktion käsiteltävyyttä. Taulukossa 7.1 on esitetty laakeriyksikön tekniset tiedot. (10.)



Kuva 7.4. Y-laakeriyksikkö (10.)

SKF FY 50 TF

Tekniset tiedot:	
Mitat:	
Akseli x Korkeus x Pulttijako	50 x 43 x 111 mm
Kuormitus:	
Dynaaminen	35,1 kN
Staattinen	23,2 kN
Aksiaalinen	15,0 kN
Pyörimisnopeus	4000 r/min
Massa	2,5 kg

Taulukko 7.1 Laakeriyksikön tekniset tiedot (10.)

7.3 Paineilman jakotukki

Työergonomia on yksi tarpeellinen näkökohta suunnittelutyön ohella. Ergonomia perustuu työntekijän työtilan tarpeiden optimaaliseen käyttöön. Suodinlevyen kokoonpanossa tarvitaan työkaluja, jotka toimivat paineilmalla. Työkaluja ovat muun muassa mutteriväännin, puhalluspistooli, ilmaporakone ja hiomalaitteet. Työ on suoritettu tähän päivään asti yhdellä pitkällä paineilmaletkulla, johon voidaan kytkeä vain yksi paineilmatyökalu. Paineilmaletkun käyttö on turvallisuusnäkökulman kannalta haitallinen, koska siihen voi helposti kompastua. Työn sujuvuuden kannalta oleellisinta on tuoda kaikki tarvittavat työkalut lähelle työntekijää.

Kuvassa 7.5 on työturvallisuuden ja -ergonomian kehitysidean ratkaisuksi valittu Pneumaconin tarjoama joustava moduulirakenteinen Multi-Link-jakotukki. Jakotukki kiinnitetään korkeussäädettävän nostopöydän päälle. Sen tarkoituksena on jakaa jatkuva paine ilma eri paineilmakomponentille. Tällä menetelmällä saadaan karsittua pitkät paineilmaletkut pois kulkukäytäviltä ja kaikki paineilmatyökalut ovat heti käytettävissä. Jakotukki säästää aikaa ja tilaa.



Kuva 7.5. Moduulirakenteinen Multi-Link-jakotukki (11.)

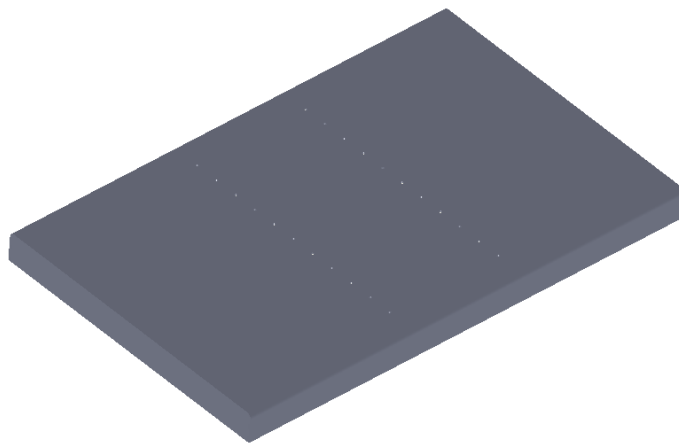
Jakotukin ominaisuudet ovat kattavat. Ulostulot voidaan asettaa eri kulmiin toisiinsa nähden. Jakotukilla on hyvät virtausarvot, pieni painehäviö, pitkä käyttöikä ja nopea asennusaika. (11.)

8 Rakenteellinen toteutus

Kokoonpanoyksikön rakenteessa olennaista oli tarvittavien komponenttien ja mekaanisten osien sijoittaminen pieneen tilaan. Kokoonpanoyksikkö kokonaisuudessaan sijoitetaan tuotantohallissa omaan soluunsa. Solua voidaan tarvittaessa siirtää toiseen työpisteeseen, jos tuotantohallin layoutiin halutaan muutos. Ympäröivää asennustilaa ei tulla eristämään ulkoiselta lialta tai melulta.

8.1 Kokoonpanoyksikön nostopöytä

Kokoonpanoyksikön nostopöydän lähtökohtana oli toimia konstruktion alustana ja korkeudensäädön työvälineenä. Nostopöytä on riittävän tukeva ja se vaimentaa asennusvaiheessa aiheutuvia värähtelyjä. Pöytää peittää 6 mm:n paksuinen teräslevy. Siihen voidaan helposti porata ja kiinnittää suunniteltavat kappaleet. Kuvassa 8.1 nostopöydän tason vaatima ala on 1600 mm x 1000 mm, jonka päälle kiinnitetään lineaarijohteet.

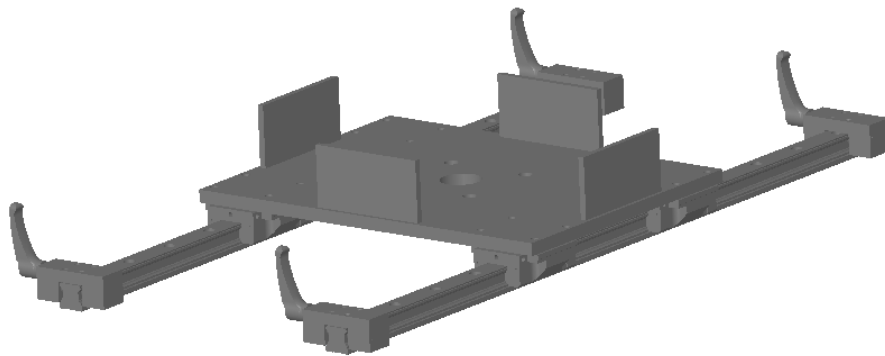


Kuva 8.1 Nostopöydän karkea mallinnus

8.2 Lineaarijohteiden sijoitus

Lineaarijohteet on kokoonpanopöydässä sijoitettu nostopöydän päälle. Tärkeintä on saada tukeva ja tasapainoinen lineaarinen liike vaakasuuntaisessa tasossa. Lineaarijohteiden välinen etäisyys on 400 mm. Johteet kiinnitetään kokoonpanopöytään M9 pulteilla. Kiinnityspulttien lukumäärä on 11 kappaletta johdetta kohti.

Lineaarijohteiden päälle kiinnitetään asennuslevy. Se toimii ns. siirtopetinä (Kuva 8.2). Siirtopeti antaa pohjan pyörimismekanismiin toteutukselle.



Kuva 8.2. Kokoonpanopöydän siirtopeti

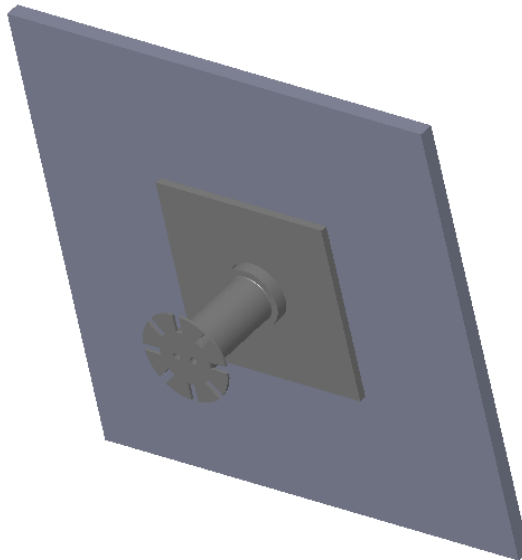
Kuvassa 8.2 asennuslevyn lukitus tapahtuu jokaiseen kelkkaan neljällä M10 pultilla. Asennuslevyyn hitsataan suorakulmaiset levyt tukemaan rungon taipumia. Levyjen koko on 150 x 78 x 4 mm.

Lineaarijohteiden pituus on 1036 mm. Siirtoliikkeen pituus on keskiasemasta noin 300 mm suuntaansa. Liike on konstruktion toimivuuden kannalta tarpeeksi pitkä.

8.3 Pyöritysmekanismin toteutus

Pyöritysliike toteutetaan SKF:n 50 mm halkaisijaltaan olevalla laakeriyksiköllä (Kuva 8.3). Laakeriyksikköön kiinnitetään akselin kokoonpano. Akselin kokoonpanon painopiste asetetaan mahdollisimman matalaksi.

Levyjen ideana on kannatella kokoonpanopöydän runkoa sekä tukea että lieventää akseliin kohdistuvia kuormituksia. Akselin materiaali on S355J0 ja se hitsataan tukilevyihin kiinni. Akselin päähän kiinnitetään pyörimisliikkeen estävä pyöreä teräslevy M8 pulteilla.

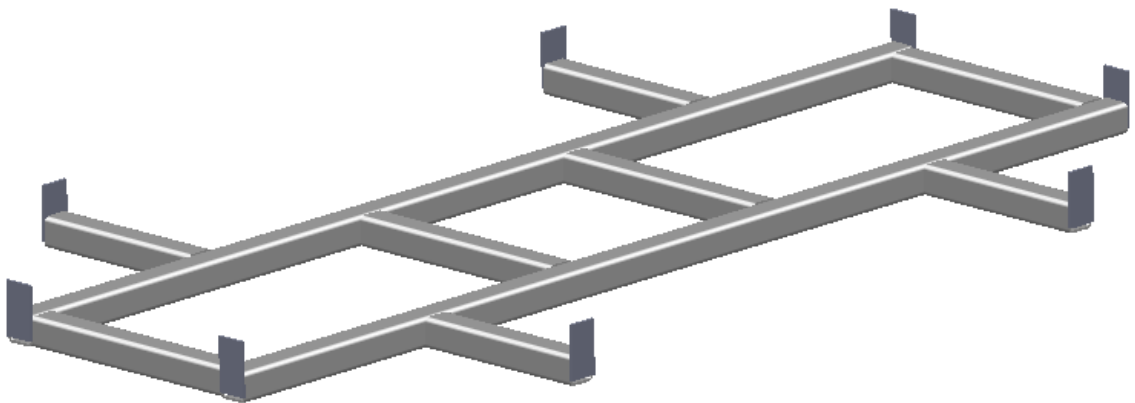


Kuva 8.3 Pyörimisliikkeen toteuttava kokoonpano

Huoltotoimenpiteet voidaan toteuttaa vaivattomasti. Kokoonpanon purkaminen on helppoa ja nopeaa. Kokoonpano on nostettavissa siirtopedistä poistamalla pyöreä teräslevy akselin päästä.

8.4 Kokoonpanopöydän runko

Rungon suunnittelussa oli otettava huomioon käsiteltävien suodinlevyosien kriittiset mitat ja miten niitä käsitellään kokoonpanovaiheessa. Pääajatuksena oli luoda mahdollisimman yksinkertainen ja kevyt runko. Kuvassa 8.4 runko on suunniteltu RHS neliöputkesta. RHS-putken mitat ovat 50 x 50 x 4 mm. Runko painaa noin 32 kg hitsauksen jälkeen. Putkien päihin tulee levyt tukemaan suodinlevyjen kokoonpanoasennusta. Levyjen ja putkien alalaitaan jätetään 10 mm ilmarako korroosion estämiseksi. Rungon materiaali on S355J2H rakenneteräs. Runko hitsataan pyörimisliikkeen toteuttavaan kokoonpanoon.

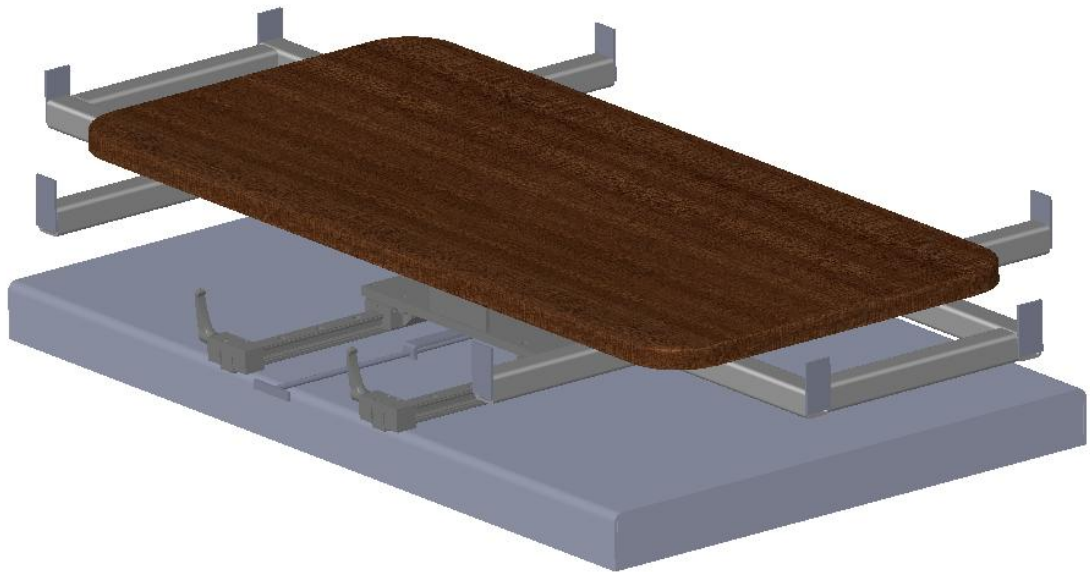


Kuva 8.4 Kokoonpanopöydän runko

Runkoon kiinnitetään lopuksi päällekkäin kaksi 20 mm paksuista filmivaneria, jotka muotoilevat suodinlevyn kehyksen sisämittoja. Filmivanerin mitat ovat 1600 x 750 mm. Kiinnitys tapahtuu putkiin porattuihin reikiin ruuvien avulla. Filmivanerin merkitys korostuu kokoonpanon kumikalvoasennuksen aikana, jolloin kumikalvon alapuolelle on saatava tukeva tasainen taso.

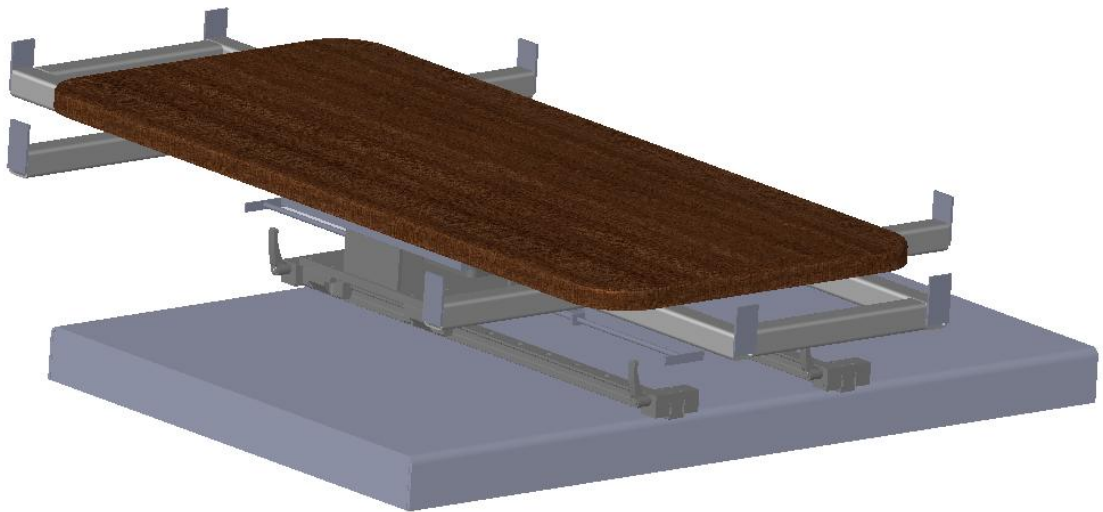
8.5 Lopullinen layout

Lopulliseen kokoonpanoon hitsataan lukitussalpa molemmille puolille siirtopetiä. Lukitussalpa toimii pyörimisliikkeen pysäytysmekanismina. Lukitus tapahtuu käsin kun pöytää on pyöritetty 90°. Asentaja voi halutessaan pysäyttää pöydän myös 45° kulmaan, jos tarve vaatii. Lukitus parantaa kokoonpanopöydän turvallisuutta ja helpottaa työskentelyä eri kokoonpanovaiheissa. Kuvassa 8.5 on kokoonpanopöydän layout.



Kuva 8.5 Kokoonpanopöydän layout

Asennuksen eri vaiheissa kokoonpanopöytää voidaan siirtää siten, että se auttaa työntekijän joustavaa työskentelyä (Kuva 8.6). Lineaarijohteiden ansiosta pöytä väistää asentajaa, kun siihen on tarve.



Kuva 8.6 Siirtopedin ansiosta työn tekeminen on nopeampaa ja joustavampaa.

8.6 Rakenteen kuormitusten tarkastelu

Kokoonpanoyksikköä kuormittavat ulkoiset kuormitukset voidaan jakaa karkeasti kahteen eri ryhmään, staattisiin ja dynaamisiin kuormituksiin. Staattisella kuormituksella tarkoitetaan kuormitusta, jonka vaikutussuunta ja suuruus pysyvät vakiona. Tällaista kuormitusta esiintyy pelkästään rakenteen ollessa paikallaan, jolloin kuormitus muodostuu suodinlevyn ja konstruktion painovoimasta. Suunnittelussa staattisen kuormituksen avulla tehdään karkeasuunnittelu sekä valitaan rakenneosat ja alustavat komponentit. Dynaamiset kuormitukset esiintyvät pyörimisliikkeen aikana massojen kiihtyvyyksistä. (12.)

Konstruktion aiheuttamaa kuormitusta tarkastellaan tässä staattisena kuormituksena. Värähtelyt aiheuttavat rakenteelle myös dynaamista kuormitusta, mutta sen määrittämistä en katsonut aiheelliseksi.

Suodinlevyn massa:

$$m_{\text{suodinlevy}} = m_{\text{levy}} + m_{\text{kehys}} + m_{\text{kalvo}} + m_{\text{komponentit}} + m_{\text{tela}}$$

$$m_{\text{suodinlevy}} = 218 \text{ kg} + 94 \text{ kg} + 16 \text{ kg} + 23 \text{ kg} + 60 \text{ kg}$$

$$m_{\text{suodinlevy}} = 411 \text{ kg}$$

Konstruktion kokonaismassa:

$$m_{\text{kok}} = m_{\text{suodinlevy}} + m_{\text{levyt}} + m_{\text{laakeri}} + m_{\text{runko}} + m_{\text{akseli}}$$

$$m_{\text{kok}} = 411 \text{ kg} + 48 \text{ kg} + 2,5 \text{ kg} + 32 \text{ kg} + 4 \text{ kg}$$

$$m_{\text{kok}} = 497,5 \text{ kg}$$

Kuormitus lineaarijohteen kelkkaa kohti:

$$F = \frac{m_{\text{kok}} \cdot g}{4} \quad (1)$$

$$F = \frac{497,5 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{4} = 1220,1 \text{ N} \approx 1220 \text{ N}$$

Massasta aiheutuvan momentin vaikutus johdinkelkkoihin:

$$M = \frac{F \cdot l}{4} \quad (2)$$

$$M = \frac{((497,5 - 23 \text{ kg}) \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) \cdot 0,4 \text{ m}}{4} = 465,5 \text{ Nm}$$

Massasta aiheutuvan taipuman tarkastelu:

$$f = \frac{F \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I} \quad (3)$$

$$f = \frac{4655 \text{ N} \cdot 400^3 \text{ mm}}{48 \cdot 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 129707 \text{ mm}^4} = 0,227 \text{ mm}$$

9 Kustannusarvio

Kustannusarvio perustuu komponenttien yksikköhintojen kyselyyn paikallisilta laitetoimittajilta ja Outotec (Filters) Oy:n ostajilta. Kustannusarviossa laskin tärkeälle tarvittavan kappaleen kuutiometrin ja sen tiheyden keskenään. Vastaukseksi tuli paino kilogrammoissa. Kerroin kilogrammat raudalle määritellyn €/kg kanssa, mistä tuli suuntaa antava hinta kyseiselle kappaleelle. Lisäksi on huomioitava, että kustannusarviossa olevat komponenttien hinnat ovat ohjehintoja. Näissä hinnoissa ei ole yrityskohtaisia alennuksia, jolloin komponenttien hinnat saattavat pudota huomattavasti. Suurimmat kustannukset tulevat väistämättä lineaarijohteista. Tarvittavia työstömenetelmiä ja niiden hintoja ei ole otettu mukaan kustannusarvioon. Taulukossa 9.1 on kustannusarvio pöydästä.

Kappale	Tarve	Hinta	Yhteensä
Lattalevyt			
500 x 500 x 16 mm	1 kpl	3 € / kg	94 €
500 x 380 x 16 mm	1 kpl	3 € / kg	72 €
200 x 200 x 8 mm	1 kpl	3 € / kg	8 €
150 x 78 x 8 mm	4 kpl	3 € / kg	9 €
90 x 50 x 5 mm	8 kpl	3 € / kg	4 €
Lukituslevy	1 kpl	3 € / kg	20 €
RHS neliöputki 50 x 50 x 4	6,96 m	5,5 € / m	40 €
Pysäytystanko	2 kpl	3 € / kg	4 €
Akseli d = 65	1 kpl	2,2 € / kg	50 €
Laakeriyksikkö FY 50 TF SKF	1 kpl	70,64 €	71 €
Lineaarijohteet	2 kpl		
SNS R1605 303 31, 1036mm	2 kpl		
FNS R1651 313 20	4 kpl	850 €	1 700 €
Clamp unit R1619 342 82	4 kpl		
Haitaripalkeet	6 kpl		
Filmivaneri	2 kpl	50 €	100 €
Työhinta	16 h	32 € / h	512 €
Teräksen tiheys: 7850 kg / m ³		Yhteensä:	2 683 €

Taulukko 9.1 Kokoonpanopöydän kustannusarvio (1.)

Lineaarijohteiden hinta on muodostunut kaikkien siihen mukaan tulevien lisäosien kanssa. Kustannusarvio on yksilöidyn komponenttihinnoin 2683 €

10 Työtuntien vertailu ja tavoite

Teollisuustuotannossa kiinnitetään huomiota yhä enemmän työkustannuksiin. Kustannukset pyritään minimoimaan jokaisella työn osa-alueella. Tavoitteiden asettaminen on yksi lähtökohta kustannusten hallintaan. Sitä tarkastellaan myös tässä työssä. Lisäkustannukset johtuvat yleensä osapuutteista, myöhästymisistä sekä hukkatöistä. Hukkatöihin kuuluvat väärinvalmistettujen osien saattaminen toimintakuntoon. Hukkatöitä esiintyy harvoin levynkasauksen yhteydessä.

Levynkasaustyö on toteutettu yleensä kahdella asentajalla. Se kaksinkertaistaa käytettävät työtunnit, mutta edistää työn saattamista loppuun. Kokoonpano onnistuu yhdellä asentajalla. Toinen asentaja voidaan vapauttaa kiireellisempiin kokoonpanotöihin. Levykasaustunnit saadaan minimoitua tarkoin suunnitellulla layoutilla ja oikeilla työvälineillä.

Päätavoite on luoda työympäristö, joka nopeuttaa levyjen kokoonpanoa. Siihen liittyy tavaroiden oikeat sijoituspaikat sekä joustava työskentelyasema.

10.1 Suodinlevyjen kokoonpanoon käytetyt tunnit

Kokoonpanon työtunteja valvotaan päivittäin. Jokaisen projektin työtunnit jaetaan eri osa-alueisiin. Levykasaukseen käytetään koneesta riippuen keskimäärin 30 – 130 tuntia. Taulukossa 10.1 esitetään vuoden 2008 suodatinkoole käytettyjen tuntien määrät. Valitsin esimerkkikohteeksi vuoden 2008, koska sinä vuonna tehtiin useita eri suodatinkokoja.

Taulukossa käsiteltävät kohdat ovat suuntaa antavia, miten levyjen lukumäärät vaikuttavat käytettyihin tunteihin. Niitä ei voida suoranaisesti jakaa toisillaan, koska työhön liittyy paljon pientavaran käsittelyä. Suodinlevyn kokoamiseen itsessään ei mene kauan, mutta pienet osakokonaisuudet vaativat oman ajan kokoamisessa. Täten voidaan todeta kauanko yhden levyn valmistaminen kestää.

Vuosi	Koko	Levyjen lukumäärä	Käytetyt tunnit	Tunnit / levy
2008	9,5/12,5	6	26	4
	16/19	10	51	5
	19/25	12	45	4
	25/25	16	115	7
	25/32	16	77	5
	28/32	18	109	6
	32/32	20	151	8

Taulukko 10.1. Suodattimiin käytetyt työtunnit vuonna 2008 (1.)

10.2 Tavoitetuntien määrittely

Tavoitetunnit voidaan saavuttaa helposti luomalla paras mahdollinen työympäristö. Tämä tarkoittaa sitä, että asentajan ei tarvitse käyttää aikaa etsien työpis-teeltään oikeita työvälineitä, vaihtaen paineilmaletkujen paikkoja, tuomalla oikeat työvälineet välittömään läheisyyteen ja lopettamalla turha liikkuminen työpis-teellä. Järjestelmällinen työympäristö edesauttaa turvallisuusnäkökohtien para-nemisessa.

Oheinen taulukko (Taulukko 10.2) kuvaa vuosilta 2006 - 2011 käytettyjen tunti-en keskiarvoja. Tunnit on eri kokoluokan suodattimista. Säästötavoiteprosentin asettaminen perustuu realististen tavoitteiden saavuttamiseen. Varsinainen säästö nähdään vasta sitten, kun kokoonpanoyksikkö on valmis ja sillä on val-mistettu täydellinen levypakka. Valmiin kokoonpanoyksikön oletetaan tuottavan 12 % tuntisäästöt. Vuosien 2006 - 2011 ajalta tuntisäästö ylttäisi noin 840 tuntiin, jos suodattimia valmistuu vuodessa keskimäärin 15 kappaletta. Taulukossa 10.2 esitetään tuntimäärä suodatinta kohti.

Vuosi	Käytetyt tunnit KA	12% säästötavoite	KA - 12%
2006	41	36	5
2007	89	78	11
2008	85	75	10
2009	65	57	8
2010	58	51	7
2011	62	55	7
Keskiarvo	67	59	8

Vähennys yht:	56
----------------------	-----------

Taulukko 10.2 Tavoitetuntien määrittely (1.)

11 Kokoonpanoyksikön layout

Layout-suunnittelu tarkoittaa tilojen optimointia käyttöä varten. Kokoonpanoyksikön layout-suunnittelua tehdessä tulee ottaa huomioon käytettävät työkalut, tilantarve, käytettävissä olevat tilat ja riittävä työskentelyalue. Muuten toiminta voi olla hankalaa tai jopa mahdotonta. Tuotantohallin rajallinen tilankäyttö aiheuttaa haasteita layout-suunnittelulle.

Edellinen A-pukeille kasattava kokoonpanopöytä vaati ylimääräistä tilaa työympäristöstä, koska asentajan täytyi pystyä liikkumaan sen ympäri. Kokoonpanoyksikön suunnittelu on tilaa säästävämpi vaihtoehto suodinlevyjen kokoonpanolle, jonka avulla saavutetaan pienempi tilantarve.

Kun suodinlevyjen kokoonpanosta halutaan suurin hyöty irti, kokoonpanopöydälle on tehtävä rakenteellisia muutoksia. Tällöin pystytään rajoittamaan liikkumisen määrää. Pyörivä ja liikkuva kokoonpanopöytä edistää tilankäytön tarpeita.

Layout-ratkaisulla voidaan päästä huomattaviin läpimenoaikojen lyhentämisiin. Järkevällä tilankäytöllä voidaan pienessäkin tilassa jatkaa tuotantoa yrityksen kasvaessa. Toisaalta huono layout-suunnittelu voi johtaa turhiin investointeihin. Huono tilankäyttö voi vaatia tuotannolta monikertaisen neliömetrimäärän tarvittavaan verrattuna.

Layoutin tulisi mahdollistaa joustava tuotteen siirtyminen seuraavaan vaiheeseen. Näissä siirtomatkojen optimointi on tärkeää layout-suunnittelua tehtäessä.

Layout-suunnittelua ei pidä tehdä yksin. Hyvä layout perustuu usean eri ihmisen näkemyksiin toimivasta layoutista. Ehdotusten perusteella valitaan parhaat ratkaisut ja niiden pohjalta suunnitellaan mahdollisimman hyvä layout. (14.)

11.1 Layout-ratkaisujen valintapäätös

Layout-suunnittelussa oleellisinta oli luoda mahdollisimman monta toimivaa layout-ratkaisua. Jokaisessa layoutissa tuli ilmetä seuraavia näkökulmia:

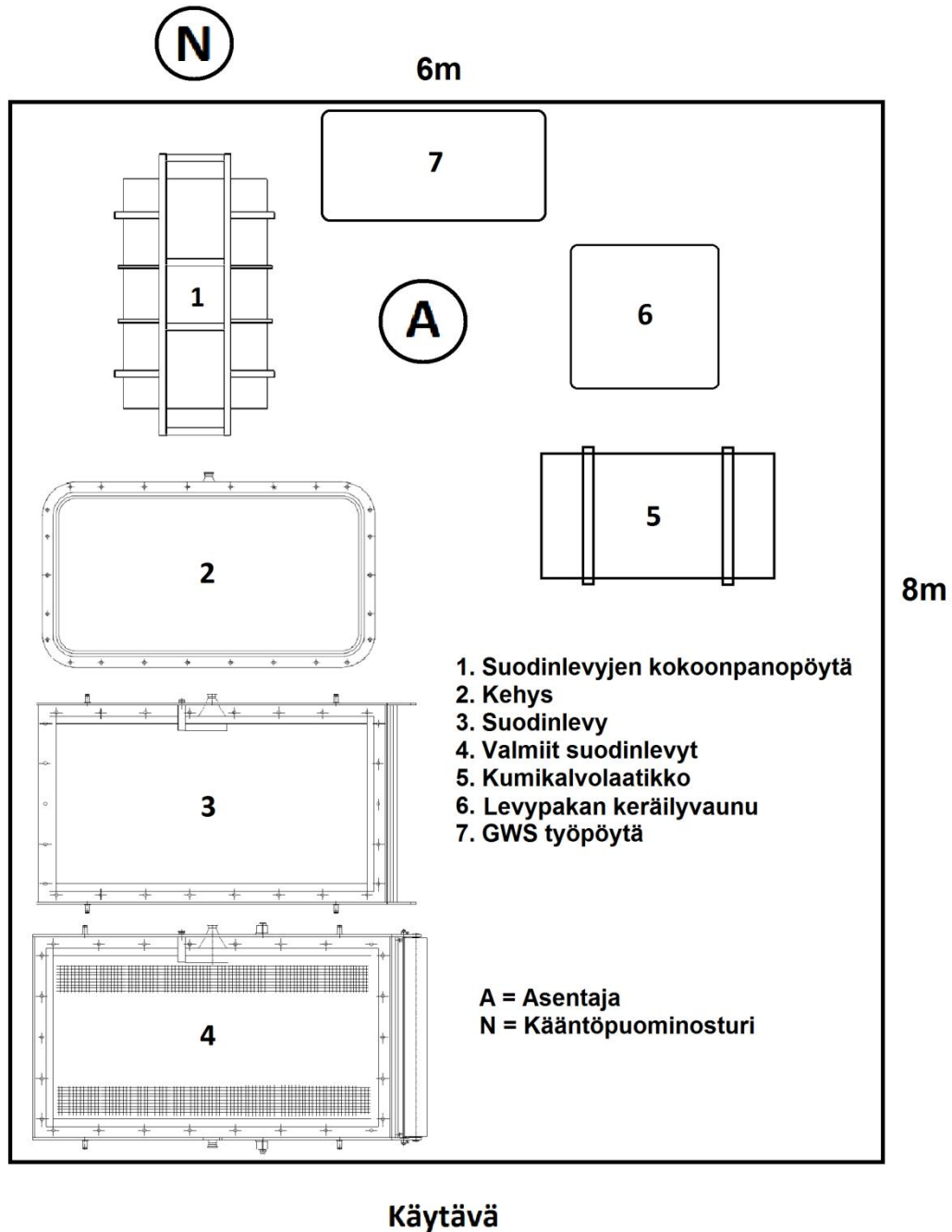
- Tilojen optimaalinen käyttö.
- Kääntöpuominosturin paikka ja käyttö.
- Työpöydän ja kumikalvolaatikon sijainti.
- Keräilyvaunun välitön läheisyys.
- Materiaalia liikutetaan niin vähän kuin mahdollista.
- Työturvallisuus ja -tyytyväisyys on otettu huomioon.
- Layout on helposti ja joustavasti muutettavissa.

Layout-suunnittelussa tarkastelin kaikkea layoutiin vaikuttavia tekijöitä. Perehdyin suodinlevyjen osakokoonpanolistaan. Listan perusteella pystyin mallintamaan isojen osien kuvat layout-paperille. Ne ovat numeroituna lopullisessa layout-mallissa. Pienet osat sijoitetaan tuotantoon budjetoituihin keräilyvaunuihin. Keräilyvaunut ovat osa uutta varaston jatkokehitys suunnitelmaa. Suunnittelin viisi eri layout-mallia. Niiden perusteella syntyi lopullinen layout. Valinnassa käytin apuna asentajien ja tuotannon esimiesten näkemyksiä parhaasta vaihtoehdosta.

Valintaan vaikuttivat asentajien kokemukset suodinlevyjen kasausmenetelmästä. Kääntöpuominosturin käyttö ja tavaroiden sijoittelu säästää aikaa töiden etenemisessä. Osat ovat sijoitettu siten, että ne edesauttavat nosturin käsiteltävyyttä. Lopullisessa layout-mallissa kääntöpuominosturia voidaan käyttää siten, että se toimii yhdensuuntaisesti levyjen ja kehysten käsiteltävyyden kannalta. Kääntöpuominosturia ei täten tarvitse kääntää isoja osia liikutellessa. Kumikalvolaatikon tuli sijaita mahdollisimman lähellä kokoonpanopöytää. Se ei saa aiheuttaa turvallisuusriskiä kumikalvoja siirtäessä kokoonpanopöydälle. Työpöydän ja keräilyvaunun pitää olla lähellä asentajaa, koska niitä käytetään jokaisen suodinlevyn kokoonpanovaiheessa. Valmiit suodinlevyt siirretään käytävän viereen odottamaan siirtoa painesuodattimeen. Kokoonpanopöydän sijaintiin vaikutti sen helppo käsiteltävyys.

11.2 Lopullinen layout

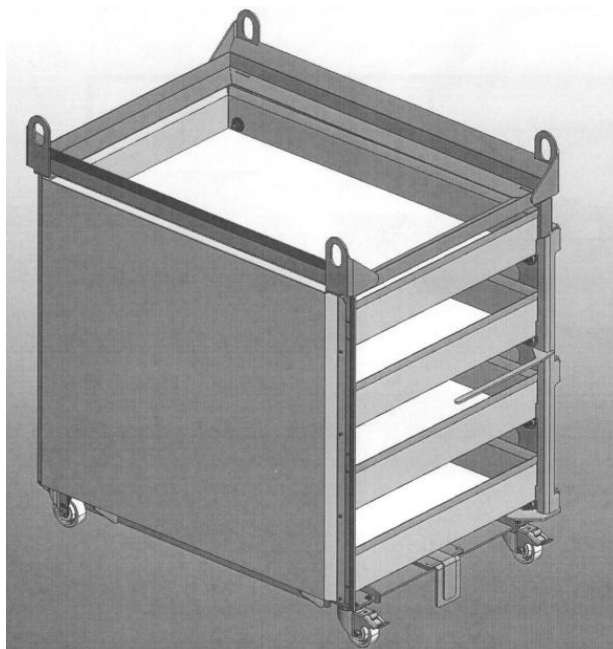
Lopullinen layout-malli on esitetty kuvassa 11.1. Asentajan ei tarvitse liikkua työpisteellä, koska kaikki työkalut ja kokoamiseen tarvittavat osat on tuotu lähelle työpistettä. Kääntöpuominosturin käyttö toimii yhdensuuntaisesti suodinlevyjien kokoonpanopöydän ja valmiiden suodinlevyjien välillä.



Kuva 11.1 Layout-malli

12 Keräilyn jatkokehitys

Outotec (Filters) Oy toteuttaa varaston ja keräilyn jatkuvaa kehitystä tuotantohallissa. Tuotantotiloihin on ostettu useita kuvan 12.1 näköisiä keräilyvaunuja, joiden avulla pienet tavarat voidaan tuoda lähelle työpistettä. Suodinlevyjen koostamiseen on varattu yksi keräilyvaunu hallitsemaan pienten osien käsittelyä. Kun tietyn painesuodattimen levynkasaus alkaa, kokoonpanoyksikköön tuodaan sille koneelle kerätty tavara keräilyvaunuilla. Ennen tavara tuotiin työpisteelle useilla eri lavoilla aiheuttaen turhaa tilantarvetta työympäristössä. Keräilyvaunun ansiosta se tukee säästötavoitetuntien mahdollista toteutumista. Taulukossa 12.1 on keräilyvaunun tekniset ominaisuudet.



Kuva 12.1 Keräilyvaunu on siirrettävissä sekä käsin että hallinosturilla (1.)

Tuotantohallin keräilyvaunut

Runkomitat	1272 x 920 mm	Laatikko (4 kpl)	1200 x 800 x 150 mm
Kokonaispituus	1324 mm	Lavapaikka (taso)	850 x 1250 mm
Kokonaiskorkeus	1380 mm	Laatikon avautuma	810 mm
Omamassa	283 kg	Kokonaispituus avattuna	2051 mm
Kokonaismassa	1283 kg		

Taulukko 12.1 Keräilyvaunujen tekniset tiedot (1.)

13 Jätehuolto

Jätehuollon tarkoituksena on saattaa kaikki suodinlevyjen kokoonpanossa syntynyt jätetavara oikeaan lajittelupaikkaan. Työympäristö on pysyvästi siistinä. Roskat ja muut työssä käytettävät jätteet voivat aiheuttaa turvallisuusriskejä.

Kokoonpanoyksikköön varataan kaksi jätekeräysastiaa, joihin voidaan lajitella kahdenlaisia jätteitä. Lähinnä pahvi ja energiajätteet lajitellaan. Pahvinkeräykseen menevät jätteet lajitellaan omaan astiaan. Astia tyhjenetään pahvinkeräysyksikköön jatkokäsittelyä varten. Muut energiajätteet kuten muovit, kelmut, teipit ja kangas lajitellaan niille varattuun astiaan. Astian täytyttyä se vietään jätehuoltokeräyspisteelle.

14 Muokattavuus ja joustavuus

Kokoonpanoyksikön suunnittelussa tuli ottaa huomioon lukuiset ulkopuoliset tekijät, jotka voivat vaikuttaa yksikön toimintaan. Ulkopuolisilla tekijöillä voidaan tarkoittaa tilaa, joka rajoittaa tärkeän layoutin toteuttamista. Levynkasaukseen vaaditun tilan pitää toteutua tuotantohallissa, ja kääntöpuominosturia joudutaan käyttämään jokaisessa kokoonpanotyössä. Kokoonpanoyksikön lopullista layoutia voidaan soveltaa, kun sille tulee tarve. Jos kokoonpanoyksikön paikkaa joudutaan siirtämään tuotantohallissa, se voidaan toteuttaa myös peilikuvana, jolloin kyseiset toiminnalliset määreet ajavat asiansa läpi samalla tavalla kuin alkuperäisessä layoutissa.

Levynkasauksessa pienien osien saattaminen toimintakuntoon vaatii työtilaa ja sille on varattu oma työpöytä layoutissa. Kokoonpanopöydän päälle toteutetaan filmivanerista tehty työtaso. Filmivaneri antaa toisen työskentelytason pienten tavaroiden käsittelyyn.

15 Yhteenveto ja päätelmät

Outotec (Filters) Oy:lle tehty suodinlevyjen kokoonpanoyksikkö oli tarpeellinen kehityskohde tuotantohallin käyttöön. Tuotantohalliin ei ole ennen tehty perusteellista kehitystyötä jonkin kokoonpanoalueen uudelleen suunnittelua varten. Suodinlevyjen kokoamista voidaan täten suorittaa tehokkaammilla työkaluilla ja menetelmillä opinnäytetyön tuloksien ansiosta.

Työ oli kokonaisuudessaan haastava ja opettavainen kokemus. Suunnittelin kokoonpanopöydän alusta asti itse ja pääsin soveltamaan koulussa opittuja asioita. Keskustelin kehitystyön alussa monien teknistä alaa opettavien opettajien ja työelämän asiantuntijoiden kanssa. Sain mielenkiintoisia ideoita työtäni varten, minkä ansiosta pystyin luomaan järkevän toteutuksen kokoonpanoyksikölle.

Kokoonpanopöydän liikemekanismien suunnittelu tuotti eniten päänvaivaa. Halusin tuoda opinnäytetyössä esille useita liikemekanismeja, joiden avulla voidaan toteuttaa erilaisia liikeratoja. Jouduin käyttämään paljon aikaa käytännöllisten liikemekanismien etsimiseen. Suunnittelua rajoittivat tuotantohalliin hankitut sähköhydrauliset nostopöydät, joiden päälle kokoonpanopöydän konstruktio oli tarkoitus suunnitella. Pisteytystaulukon avulla sain valittua käytännöllisimmän liikemekanisimiratkaisun.

Työssä pystyin käyttämään paljon omakohtaisia kokemuksia asioiden esille tuomisessa. Sain yritykseltä lainaksi tietokoneen, jonka avulla pystyin käyttämään lähiverkon materiaalia työn edistämiseksi. Suunnittelutyö tapahtui SolidWorks 2011 -suunnitteluohjelmiston avulla. Työkuvat on tehty Outotecin piirustusohjelle.

Tuotantovolyymien kasvaessa suodinlevyjen kokoonpanoyksikön tärkeys korostuu. Tarkoin suunniteltu kokoonpanopöytä ja sen ympärille kehitetty layout toteuttaa säästötavoitteiden onnistumista. Suodinlevyjen kokoonpanoyksikkö antaa hyvän pohjan laajentaa ja kehittää suodinlevyjen kasaustoimintaa tulevaisuudessa tarpeiden mukaan.

Kuvat

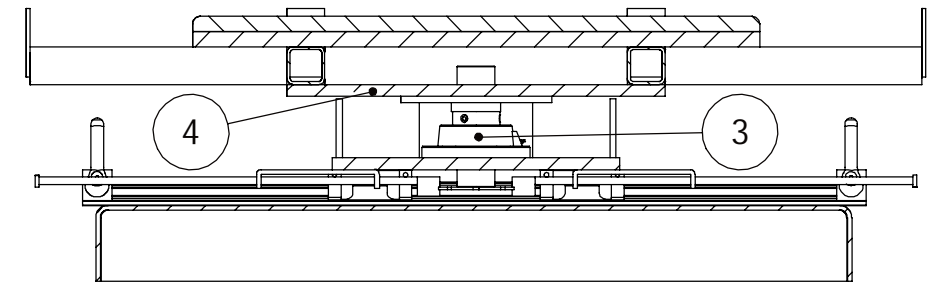
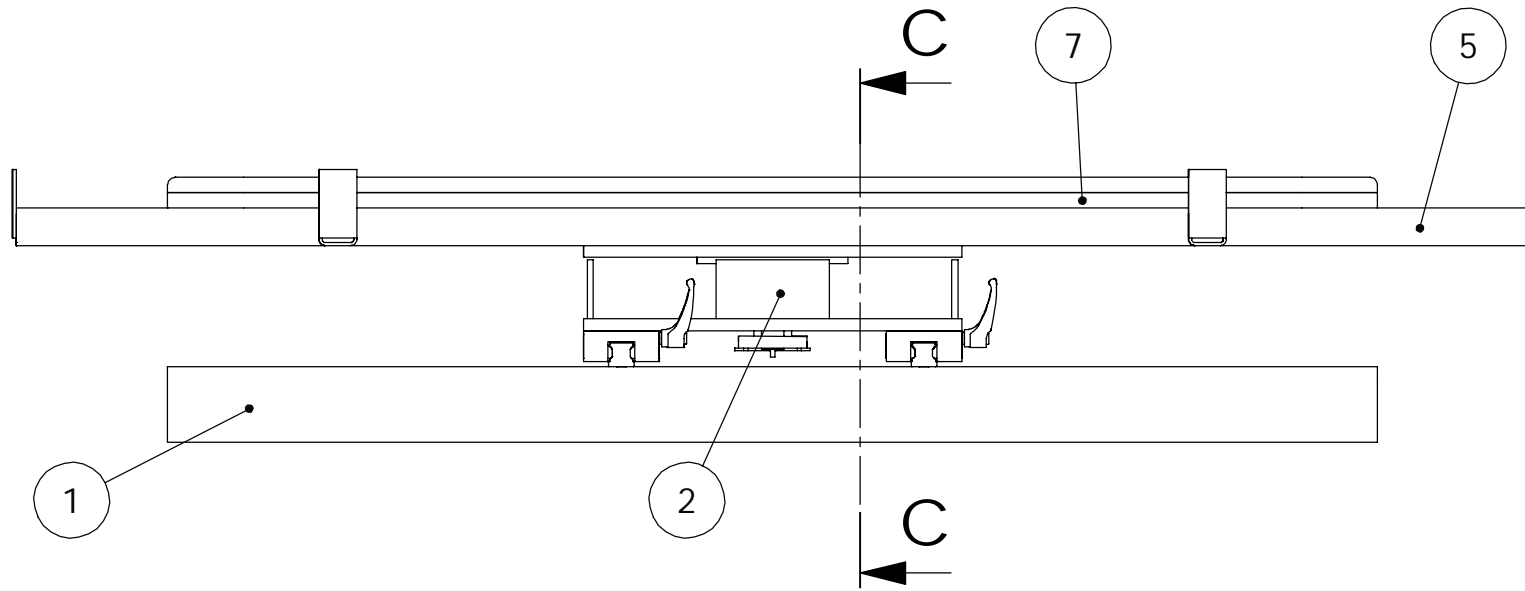
- Kuva 2.1 Painesuodatin, s.6
- Kuva 2.2 Plant-järjestelmä, s.6
- Kuva 4.1 Sähköhydraulinen nostopöytä, s.9
- Kuva 5.1 Suodinlevyn räjäytyskuva, s.11
- Kuva 6.1 Ellipsisen liikeradan havainnollistava kuva, s.13
- Kuva 6.2 Esimerkki kiertokangen laajennetusta ratakäyrästä s.14
- Kuva 6.3 Esimerkkejä kiertokangen ratakäyristä, s.14
- Kuva 6.4 Toimintaperiaate lineaariliikkeen toteutuksesta, s.15
- Kuva 6.5 James Wattin suoravientimekanismi, s.16
- Kuva 6.6 Lineaarijohde, s.17
- Kuva 7.1 Lineaarijohteen kokoonpano FNS Size 35, s.19
- Kuva 7.2 Kuormitukset, s.20
- Kuva 7.3 Johteen poikkileikkaus, s.20
- Kuva 7.4 Y-laakeriyksikkö, s.21
- Kuva 7.5 Moduulirakenteinen Multi-Link-jakotukki, s.22
- Kuva 8.1 Nostopöydän karkea mallinnus, s.23
- Kuva 8.2 Kokoonpanopöydän siirtopeti, s.24
- Kuva 8.3 Pyörimisliikkeen toteuttava kokoonpano, s.25
- Kuva 8.4 Kokoonpanopöydän runko, s.26
- Kuva 8.5 Kokoonpanopöydän layout, s.27
- Kuva 8.6 Siirtopedin ansiosta työn tekeminen on nopeampaa ja joustavampaa, s.28
- Kuva 11.1 Layout-malli, s.36
- Kuva 12.1 Keräilyvaunu on siirrettävissä sekä käsin että hallinosturilla, s.37

Taulukot

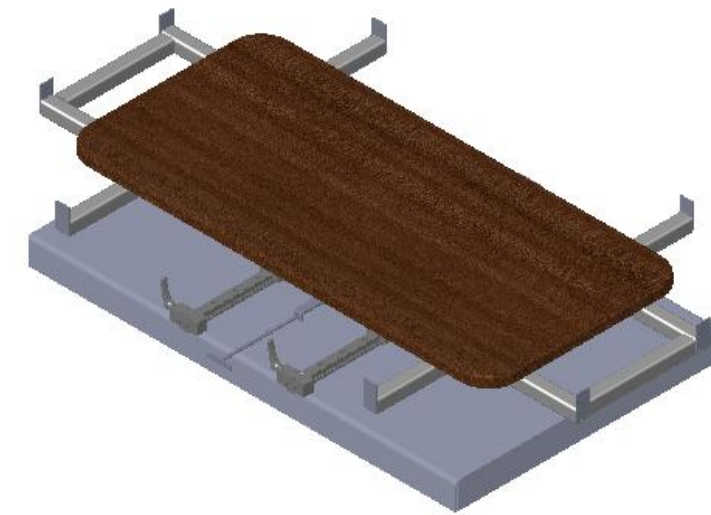
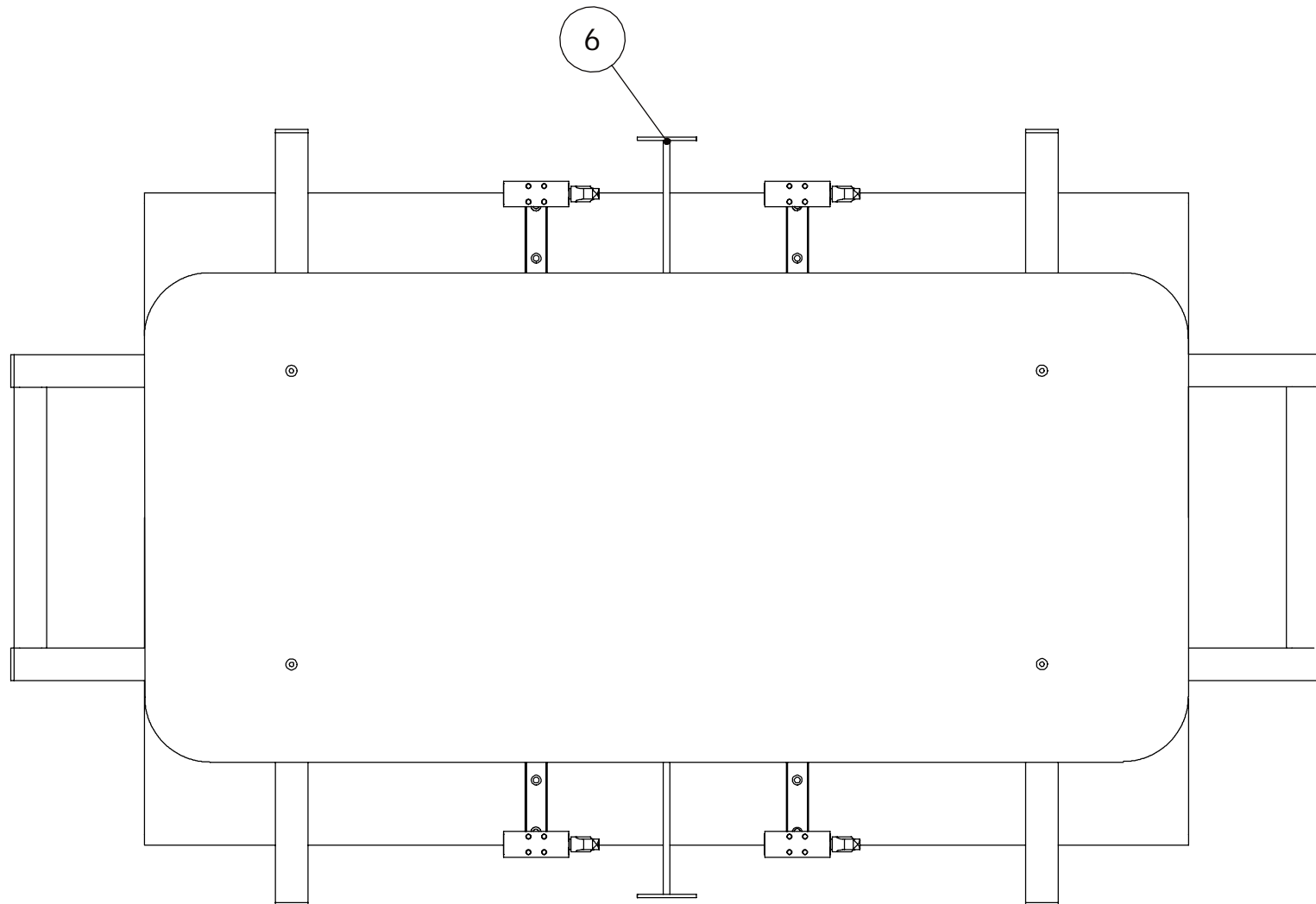
- Taulukko 4.1 Korkeussäädettävän nostopöydän tekniset tiedot, s.9
- Taulukko 6.1 Valintapäätöksen pisteytystaulukko, s.18
- Taulukko 7.1 Laakeriyksikön tekniset tiedot, s.21
- Taulukko 9.1 Kokoonpanopöydän kustannusarvio, s.31
- Taulukko 10.1 Suodattimiin käytetyt työtunnit vuonna 2008, s.33
- Taulukko 10.2 Tavoitetuntien määrittely, s.33
- Taulukko 12.1 Keräilyvaunujen tekniset tiedot, s.37

Lähteet

1. Outotec (Filters) Oy:n lähiverkon materiaali
2. CE-merkintä: Tuote vastaa vaatimuksia
http://ec.europa.eu/finland/news/press/101/10779_fi.htm (Luettu 26.1.2012)
3. ABT-sähköhydraulinen nostopöytä
<http://www.haklift.com/naytatuote.php/abt-sahkohydraulinen-nostopoyta-upotettava-malli> (Luettu 26.1.2012)
4. Jarmo T. Alander: Mekanismit
<http://lipas.uwasa.fi/~TAU/AUTO2040/slides.php?Mode=Printer&File=1000Mekanismit.txt> (Luettu 30.1.2012)
5. Norton, Robert L. 1992. Design of Machinery: An Introduction to the synthesis and Analysis of Mechanisms and Machines. Singapore: McGraw-Hill Inc.
6. Sopenan, J. 2011. Mekanismioppi. Saimaan ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikka. Lappeenranta
7. Hypocycloidal gear train
<http://web.ncf.ca/ch865/englishdescr/Epicycle.html> (Luettu 30.1.2012)
8. Airila, M. Karjalainen, J. Mantovaara, U. Nurmi, L. Ranta, A. Verho, A. 1985. Koneenosien suunnittelu 4. Erityisalueet. Porvoo: WSOY
9. Bosch Rexroth Group tuotekatalogi R310EN_2202_2009_06.pdf (Luettu 6.2.2012)
10. SKF: Product data
<http://www.skf.com/skf/productcatalogue/Forwarder?action=PPP&lang=en&imperial=false&windowName=null&perfid=212501&prodid=212501050> (Luettu 14.2.2012)
11. CEJN: Paineilmatuotteet
http://cejn.com/upload/download/pdf_catalogues/Pneumatic_Finnish.pdf (Luettu 9.3.2012)
12. VTT Tiedotteita:Putkipalkkien ja korkealujuuksisten terästen käyttö ajoneuvorakenteissa <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1999/T2008.pdf> (Luettu 31.1.2012)
13. Valtanen, Esko. 2010. Tekniikan taulukkokirja, Mikkeli: Genesis-Kirjat Oy
14. Marjosalmi, M. 2009. Varaston layout-suunnittelu ja sisäisen varastointijärjestelmän kehittäminen. Opinnäytetyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikka.

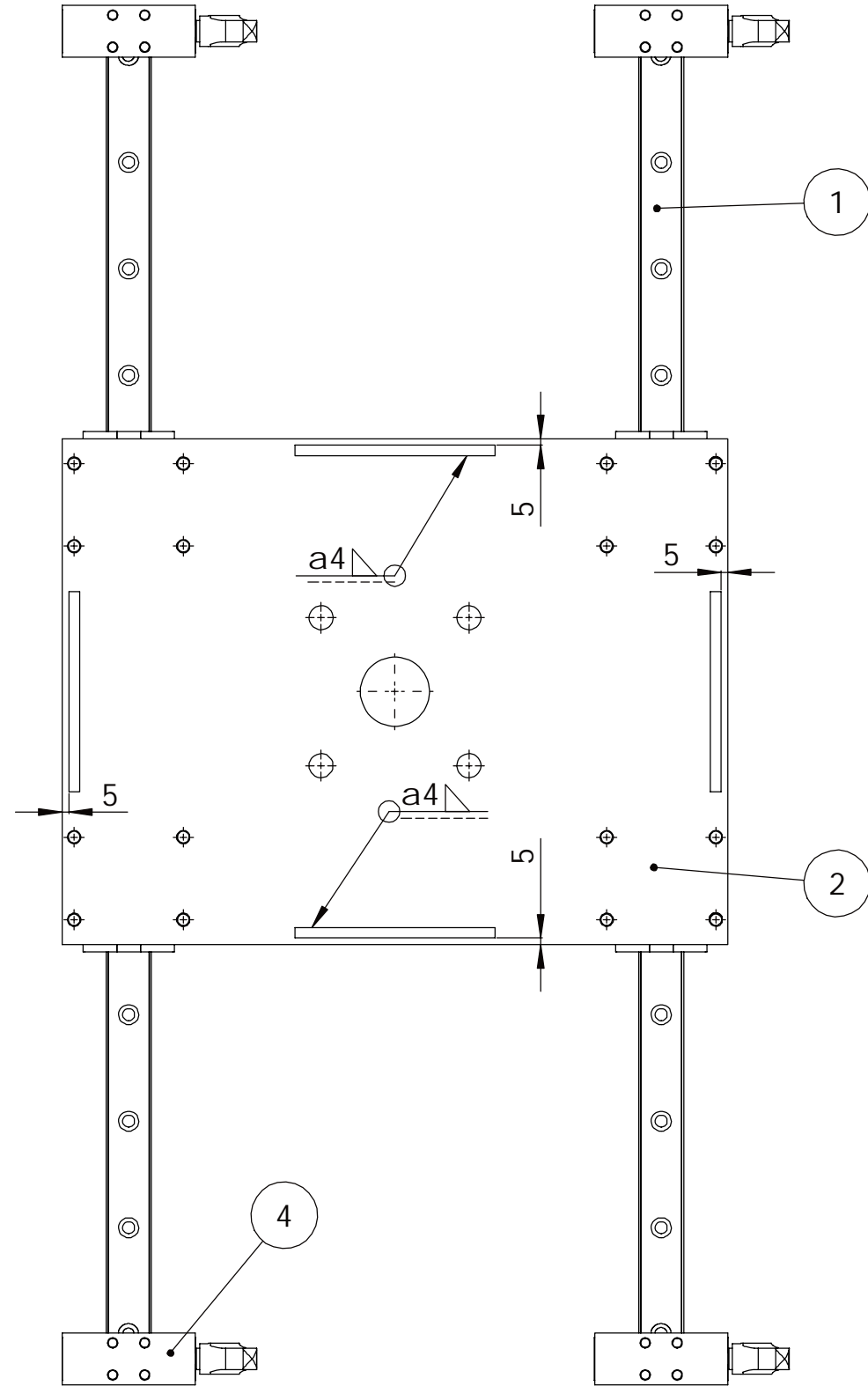
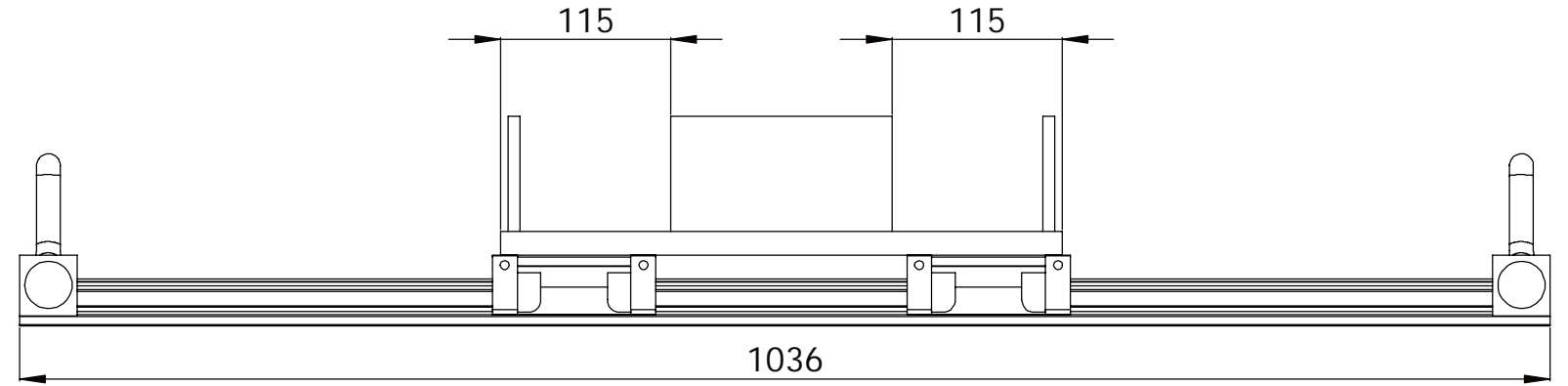
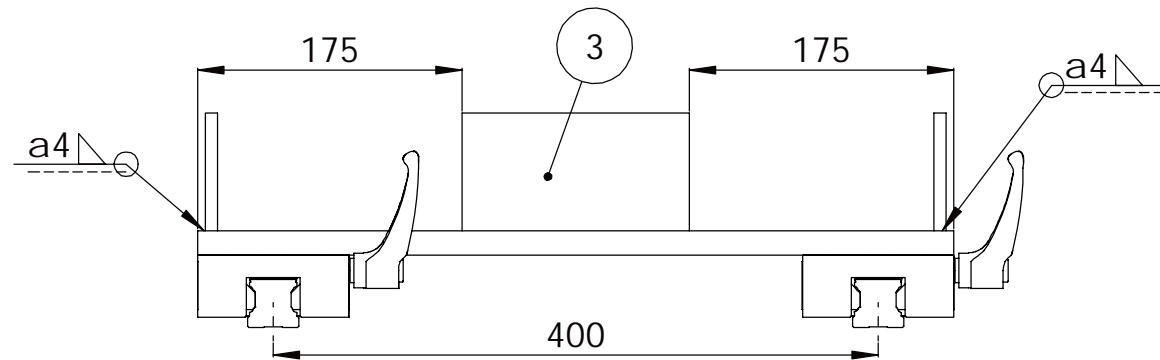


C-C 1 : 10



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	100-1	Nostopöytä	1
2	100-2	Siirtopeti	1
3	100-3	Laakeriyksikkö	1
4	100-4	Pyörimismekanismi	1
5	100-5	Kokoonpanopöydän runko	1
6	100-6	Lukitusmekanismi	2
7	100-7	Filmivaneri	2

Dimensional tolerances	Machining EN 22768-1-m Flame cutting EN ISO 9013-A	Welded constr. EN ISO 13920-B Welding Quality Level EN 5817 C								
	Description	Weight								
	Kokoonpanopöytä									
	Loppukokoonpano		Scale 1:10							
			<table border="1"> <tr> <td>Drawn</td> <td>Date</td> <td>Name</td> <td>Scale</td> </tr> <tr> <td>Check</td> <td>26.3.2012</td> <td>JarKos</td> <td>1:10</td> </tr> </table>	Drawn	Date	Name	Scale	Check	26.3.2012	JarKos
Drawn	Date	Name	Scale							
Check	26.3.2012	JarKos	1:10							
	Drawing no.	Revision								
	100									

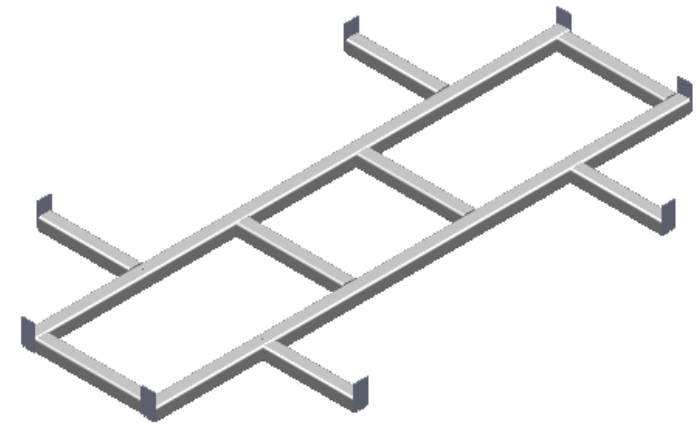
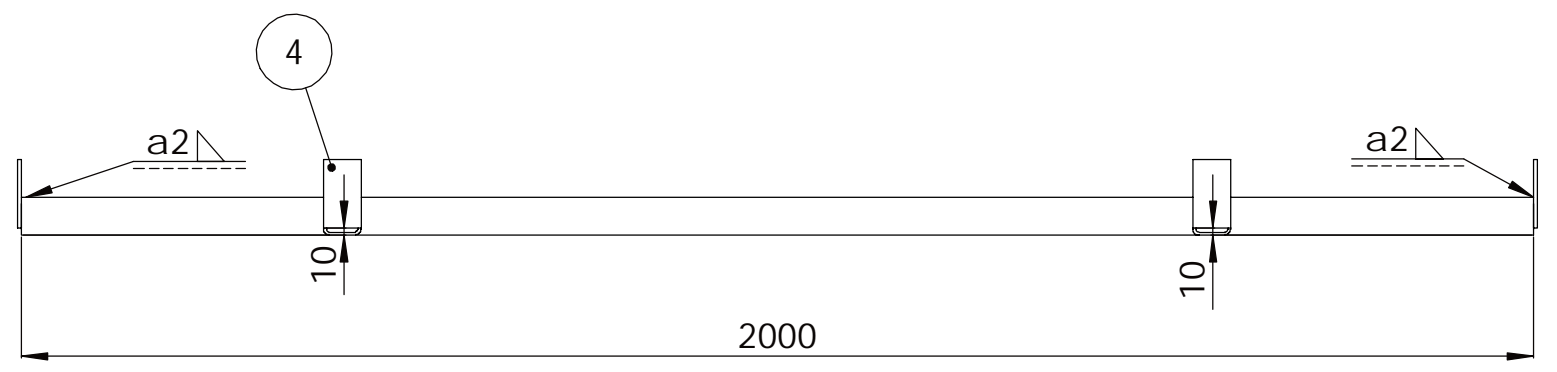
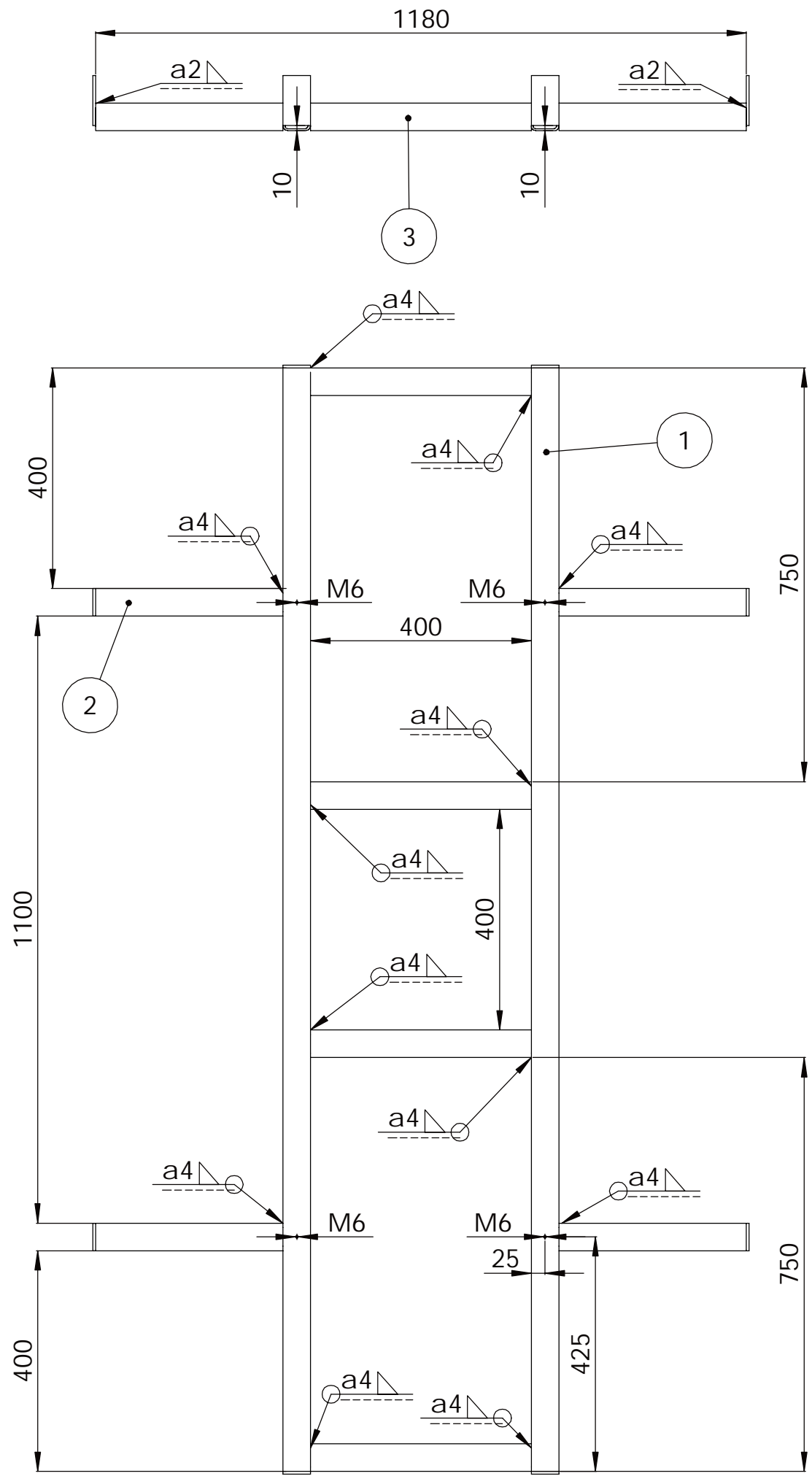


Siirtopeti kiinnitetään lineaarijohteiden jokaiseen vaunuun neljällä M10 pultilla ja M10 aluslevyllä.

Lineaarijohteet suojataan haitaripalkeella pölyltä ja lialta.

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	Keskellä/ QTY.
1	100-2-1	Lineaarijohde kokoonpano	2
2	100-2-2	Asennuslevy	1
3	100-2-3	Tukiraudat Aihio: 150 x 78 x 8 mm	4
4	100-2-4	Manual Clamp Unit R1619 342 82	4

Dimensional tolerances	Machining EN 22768-1-m Flame cutting EN ISO 9013-A	Welded constr. EN ISO 13920-B Welding Quality Level EN 5817 C	
		Description	Weight
Siirtopeti			
Kokoonpano			
		Date	Name
		26.3.2012	JarKos
		Scale	1:10
		Drawing no.	Revision
		100-2	



Lattaraudat hitsataan putkipalkkien päihin tukemaan käsiteltäviä suodinlevyjä.
Muista 10mm ilmarako!

Putkipalkkien materiaali: S355J2H / 420MH Dual laatu

Pitkiin putkipalkkeihin porataan neljä reikää filmivaneria varten. Vaneri kiinnitetään M6 senkkikanta ruuveilla

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	Mitat	QTY.
1	100-5-1	Putkipalkki SFS 5001 50x50x4	Pituus: 2000 mm	2
2	100-5-2	Putkipalkki SFS 5001 50x50x4	Pituus: 340 mm	4
3	100-5-3	Putkipalkki SFS 5001 50x50x4	Pituus: 400 mm	4
4	100-5-4	Lattarauta	Aihio: 90 x 50 x 5 mm	8

Dimensional tolerances	Machining EN 22768-1-m Flame cutting EN ISO 9013-A	Welded constr. EN ISO 13920-B Welding Quality Level EN 5817 C	
		Description	Weight 33 kg
Runko		Date: 22.3.2012	Name: Jarkos
Kokoonpano		Scale: 1:10	
Drawing no. 100-5		Revision	