

Paineilmakompressorin komponenttien keräysalusta

Juho Jääskeläinen

Opinnäytetyö

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Juho Jääskeläinen	
Työn nimi Paineilmakompressorin komponenttien keräysalusta	
Päiväys 7.5.2012	Sivumäärä/Liitteet 41 + 1
Ohjaaja(t) Tuntiopettaja, Tomi Piironen ja Lehtori, Ari Vuoti	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Painetehto Oy, Suunnittelija, Arto Ollakka	
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli suunnitella ja valmistaa paineilmakompressorin komponenttien keräysalusta solutuotantoon. Keräysalusta toimii tuotantosolussa kompressorin osien varastona ja väliaikaisena työtasona. Tavoitteena oli parantaa työolosuhteita ja tuotteen laatua ja rationalisoida tuotannon toimintaa.</p> <p>Reunaehdot määriteltiin työntekijöiden ja toimeksiantajan kanssa; kaikki osapuolet saivat oman mielipiteensä ja vaatimukset tuotua esille. Reunaehtoien perusteella hahmoteltiin erilaisia luonnoksia ja esitettiin ne osapuolille. Parannusehdotuksien mukaan piirrettiin uusi luonnos ja se hyväksyttiin ohjaajalla ja tuotannon työntekijöillä. Luonnoksen pohjalta tehtiin mittakaavaan käsin piirretty malli. Mallin pohjalta tehtiin tuotteesta 3D-malli ja lopulta prototyyppi.</p> <p>Tuloksena saatiin helppokäyttöinen työkalu kompressoreiden tuotantoon, käyttöohje alustan käyttöön ja tuotteen prototyyppi. Tuotteen testaaminen aloitettiin ja pidemmän ajan hyödyt nähdään tulevaisuudessa. Välittömiä vaikutuksia ovat työergonomian parantuminen ja tuotteen nopeampi läpimenoaika.</p>	
Avainsanat solu, tuotanto, kehitys, suunnittelu, alusta, varasto	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Juho Jääskeläinen			
Title of Thesis Collecting Rack for Air Compressor Components			
Date	May 7, 2012	Pages/Appendices	41 + 1
Supervisor(s) Mr. Tomi Piironen, Lecturer and Mr. Ari Vuoti, Lecturer			
Client Organisation/Partners Painetehto Oy, Designer, Arto Ollakka			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this final year project was to develop manufacturing of an air compressor. The compressors are made in manufacturing cells, where there is no individual component storage. Therefore components may be exposed to impurity and they are not in a logical order. The components need an individual storage for preventing impurities and to rationalize assembly.</p> <p>The project was started by researching the requirements of the designer and manufacture workers. Some drafts were made and the best one was chosen and approved. Modifications were proposed and was used as a model to make the official design of the product. Welding instructions, cutting list and a 3D-model were made. Finally the prototype of the product was welded together and equipped with boxes, working table, wheels and a document holder. Assembling guide specifies the order of the components in the gathering rack. By following the assembling guide and using the rack as a tool a new employee can assemble an air compressor without any external assistance.</p> <p>As a result of this final year project a user-friendly tool was made. It works as a component storage, prevents components from impurities and works together with the assembling guide.</p>			
<p>Keywords cell, manufacturing, develop, collecting, rack, storage</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	8
2	PAINETEHO OY.....	9
3	TUOTANTO JA LOGISTIIKKA.....	10
3.1	Tuotanto.....	10
3.2	Solutuotanto	11
3.3	Materiaalihallinta ja logistiikka.....	13
3.4	Keräysalusta tuotantoympäristössä	14
4	ERGONOMIA	15
4.1	Ergonomian määritelmä	15
4.2	Ergonomia tuotantoympäristössä ja tuotesuunnittelussa	15
5	TUOTESUUNNITTELU.....	18
5.1	Tuotteen suunnittelu.....	18
5.2	Käyttäjäkeskeinen suunnittelu.....	19
5.3	3D-mallinnus.....	20
5.4	3D-mallinnusohjelma SolidWorks	20
6	TYÖN TOTEUTUS.....	21
6.1	Aiheen valinta	21
6.2	Projektin hallinta.....	21
6.3	Aloituspalaveri.....	22
6.4	Työntekijöiden haastattelu.....	22
6.5	Reunaehdot ja niiden täyttäminen.....	23
6.5.1	Helppokäyttöisyys ja ergonomia	23
6.5.2	Liikuteltavuus.....	23
6.5.3	Puhtaus.....	24
6.5.4	Komponenttien palautus	25
6.5.5	Komponenttien säilytys.....	25
6.5.6	Kokoonpano-ohje.....	26
6.6	Ostettavien tuotteiden valinta	26
6.6.1	Pyörät	26
6.6.2	Ottolaatikot	27
6.6.3	Ilmoitustaulu	27
6.6.4	Työtaso.....	28
6.7	Materiaalivalinta, luonnostelu ja mallin tuottaminen.....	28
6.8	Keräysalustan mallintaminen	32

6.9	Katkaisuluettelo ja kokoonpanopiirustus.....	37
6.10	Keräysalustan käyttöohje	37
6.11	Prototyyppi.....	37
7	YHTEENVETO.....	40
	LÄHTEET	41

LIITTEET

Liite 1 Kokoonpanopiirustus ja katkaisuluettelo

ALKUSANAT

Haluan kiittää Painetehto Oy:n suunnittelija Arto Ollakkaa opinnäytetyön aiheesta ja ohjauksesta. Lisäksi haluan kiittää myös Savonia-ammattikorkeakoulun tuntiopettaja Tomi Piirosta opinnäytetyöni ohjauksesta.

Erityisesti kiitän ystäviä ja läheisiä, jotka ovat olleet apuna ja tukena.

Kuopiossa 7.5.2012

Juho Jääskeläinen

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä valmistetaan Paineteho Oy:n paineilmakompressoreiden solutuotantoon keräysalusta. Keräysalustan puutteen vuoksi komponenteilla ei ole loogista järjestystä, ne altistuvat epäpuhtauksille ja ne sekoitetaan helposti muihin projekteihin.

Keräysalusta on osa laatuajattelua ja tuotannon kehittämistä, jatkuva kehittäminen onkin kannattavan liiketoiminnan edellytys. Oikein suunniteltuna keräysalusta selkeyttää kokoonpanoa ja nopeuttaa tuotteen läpimenoaikaa. Kompressorin osat eivät altistu lialle ja työolosuhteet paranevat.

Työn tuloksena on tarkoitus saada helppokäyttöinen ja hyvin toimiva työkalu tuotannon työntekijöille. Keräysalusta suunnitellaan toimimaan yhdessä kompressorin kokoonpano-ohjeen kanssa. Lopputuloksena myös uusi työntekijä voi kokoonpano-ohjeen ja keräysalustan avulla kasata kompressorin ilman ulkopuolista ohjausta.

2 PAINETEHO OY

Pertti Koljonen perusti Painetehto Oy:n vuonna 1979. Yrityksen alkuvuosina keskityttiin lähinnä paineilma- ja hydrauliiikkakomponenttien myyntiin ja huoltoon, myöhemmin niiden lisäksi tuli omien tuotteiden suunnittelu ja valmistaminen. (Painetehto Oy.)

Tärkeä Painetehon tuote on ollut 1990-luvulta lähtien Hydor-traktorikompressorit, jotka ovat käytössä VR:n ratatyökoneissa. Kompressoreiden huolto kuuluu nykyäänkin yrityksen toimenkuvaan, vaikka uusien kompressoreiden valmistus on jo lopetettu. (Painetehto Oy.)

2000-luvulla toimenkuvaan tuli mukaan erikoiskompressorit kaivos- ja tunneliteollisuuteen. Jussi Koljonen siirtyi vuonna 2003 Painetehon omistajaksi edellisen omistajan siirryttyä hallituksen puheenjohtajaksi. Vuosina 2008 ja 2009 yrityksen toimenkuvaan tuli hydrauliikkaputkien valmistus sekä Atlas Copco -kompressorien jälleenmyynti ja huolto. (Painetehto Oy.)

Asiakaskuntana on nykyään yksityisasiakkaiden lisäksi puuteollisuus, ohutlevyteollisuus, kaivosteollisuus, paperiteollisuus ja elintarviketeollisuus. Palvelut jakautuvat kolmeen osa-alueeseen: huolto- ja korjaamopalveluihin, hydrauliiikka- ja paineilmajärjestelmien suunnitteluun ja valmistukseen sekä tarvikkeiden myyntiin. Vuoden 2012 alussa työntekijöitä on yhteensä 28. (Painetehto Oy.)

3 TUOTANTO JA LOGISTIIKKA

3.1 Tuotanto

Tuotanto muodostuu toiminnoista, joita tarvitaan tuotteen tai palvelun aikaansaamiseksi markkinoinnin hankkimalle asiakkaalle (Uusi-Rauva, Haverila, Kouri, Miettinen 2003, 301).

Tuotanto määritellään yleisimmin valmistuslähtöisesti. Tuotanto ja valmistus ymmärretään tarkoittavan samaa termiä, sillä valmistus pitää sisällään tärkeitä tuotannollisia toimintoja ja täten se on tärkeä osa tuotantoa. Tuotantokäsitteellä onkin nykyään laajempi merkitys ja sillä käsitetään kaikki yrityksen toiminnot, joita tarvitaan palveluun tai tuotteen valmistamiseen. (Uusi-Rauva ym. 2003, 301.)

Haverilan mukaan tuotannontekijät jaetaan neljään pääryhmään: pääomaan, työhön, materiaaliin ja tietoon (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri, Miettinen 2009, 352 - 353).

Tuotantoprosessin toteuttamiseen tarvitaan paljon investointeja: toimitilat, koneet, laitteet ja tietotekniikka, jotka kaikki ovat pääomaa. Työntekijöiden panos muodostaa yrityksessä varsinaisen työn. Materiaaliin kuuluu yrityksen käyttämä raaka-aine, vesi, energia sekä kaikki muut fyysiset resurssit. Tieto sisältää yrityksen osaamisen ja kaiken sen tietotaidon, joka mahdollistaa yrityksen toiminnan.

Tuotannon kehittäminen on osa kilpailutoimintaa, kilpailutekijät määritellään asiakaslähtöisesti. Asiakkaalla on aina perustelu, miksi valitsee tietyn tuotteen tai palvelun. Yrityksessä tulee kiinnittää huomiota vain muutamaankin kilpailutekijään, joita korostetaan toiminnassa. Kilpailutekijät tulee siis priorisoida, mutta samalla keskittyä kaikkiin tuotannollisiin tekijöihin, jotta yritys ylläpitää hyvän toimintakyvyn. (Haverila ym. 2009, 352 - 356.)

Tyypillisiä tuotantoyrityksen kilpailutekijöitä ovat:

- hinta
- laatu
- tuotteen ominaisuudet
- toimitusnopeus
- toimitusvarmuus
- räätälöinti
- palvelu
- imago.

Kilpailutekijöitä yhdistelemällä voidaan tuotannolle asettaa tavoitteet, näin jokainen yritys erottuu haluamallaan tavalla muista kilpailijoista. Esimerkiksi räätälöinti vaikuttaa positiivisesti yrityksen imagoon ja palveluun, mutta sillä ei välttämättä ole positiivisia vaikutuksia tuotteen hintaan ja toimitusnopeuteen.

Haverilan mukaan tuotannon keskeiset tavoitteet ovat valmistaa ja toimittaa tuotteet haluttuna aikana ja määränä, laadukkaasti ja mahdollisimman pienin valmistuskustannuksin. Näihin tavoitteisiin soveltuu erinomaisesti solutuotanto.

3.2 Solutuotanto

Soluajattelu on tuore menetelmä; sitä alettiin hyödyntää vasta 1980-luvulla. Soluajattelun kehittyminen on seurausta kohonneesta kilpailuasetelmasta. Tuotteita haluttiin yksilöityinä, edullisemmin ja nopeammin toimitettuna.

Solutuotanto soveltuu parhaiten vaihtelevaan piensarjatuotantoon, kuten Paineteholla kompressoreiden valmistukseen. Tuotanto on jaettu nimensä mukaisesti soluihin, alueisiin, joissa kompressori valmistetaan. Yhden valmistuspisteen ansiosta materiaalia siirretään vähän, ainoastaan varastosta keräysalustaan ja keräysalustasta valmiiseen tuotteeseen.

Tuote valmistetaan yhdessä pisteessä, minkä vuoksi käytetään visuaalista ohjausta. Visuaalisen ohjauksen ansiosta on yksinkertaista korjata virheet ja työskentely solussa voidaan keskeyttää, ilman että keskeytys vaikuttaa muuhun tuotantoon.

Solutuotannolla voidaan tehokkaasti ylläpitää jatkuvaa kehitystä, uudet kehitysiedat saadaan nopeasti saatettua valmiiseen tuotteeseen ja tulokset nähdään välittömästi. Solutuotannolla on useita hyötyjä: materiaalin siirtely on vähäistä, asetus- ja läpimenoajat säilyvät lyhyinä, prosessi on helppo hallita ja keskeneräinen tuotanto jää vähäiseksi. (Opetushallitus, 1998.)

Logistiikan merkitys solutuotannossa on vähäisempi kuin funktionaalisessa tai tuotantolinja-tyyppisessä valmistustavassa. Vähäisen logistiikan ansiosta viiveet vähenevät ja ohjattavuus on helpompaa.



KUVIO 1. Materiaali- ja tietovirta.

Solutuotannossa hyödynnetään usein Lean-johtamisfilosofiaa. Tämä ajattelutapa keskittyy poistamaan tuottamatonta toimintaa, sen avulla parannetaan asiakastyytyväisyyttä, saadaan parempaa laatua, saadaan aikaiseksi alhaisemmat toiminnan kustannukset ja lyhennetään läpimenoaikoja. Ajattelutavassa pyritään vähentämään turhaa tuotantoa, ollaan avoimia ja joustavia kehitysideoille sekä muutoksille. Tuottamatonta toimintaa ovat kuljetukset, varastot, liike, odotusaika, ylituotanto, yliprosessointi ja vialliset tuotteet.

Jatkuva kehittäminen, imuohjaus ja virheiden eliminointi ovat työkaluja tuottamattoman toiminnan poistamiseen. (Kouri, 2010.)

3.3 Materiaalihallinta ja logistiikka

Materiaalihallinnalla tarkoitetaan yrityksen raaka-aineiden, puolivalmisteiden ja lopputuotteiden hankinnan sekä varastoinnin ja jakelun hallintaa. Materiaalihallinta ohjaa yrityksen materiaalivirtoja raaka-aineiden hankinnasta aina lopputuotteen toimittamisen asiakkaalle. Oleellista materiaalihallinnassa on halutun palvelutason ylläpitäminen eikä niinkään puute- ja varastointikustannusten optimointi (Haverila ym. 2009, 443 – 445.)

Logistiikka voidaan jakaa yrityksen sisäiseksi ja ulkoiseksi logistiikaksi. Logistiikalla tarkoitetaan yrityksen materiaalivirtojen ja logistisen tiedon hallintaa. Tarkemmin logistiikka voidaan määritellä varastoinnin, kuljetusten ja hankintojen sekä näihin liittyvien tietojen hallinnaksi yrityksessä ja sen jakeluketjuissa. Logistiikassa pyritään rationalisoimaan kuljetukset ja poistamaan tavaran turha siirtely. Yksinkertaisesti kiteytettynä logistiikan tavoite on saada oikea tuote oikeaan paikkaan ja oikeaan aikaan mahdollisimman edullisesti. (Haverila ym. 2009, 461 – 462.)

Logistiikan keskeisimmät tehtävät ovat materiaalivirtojen ohjaus ja materiaalitoimintojen toteutuksen organisointi. Logistiikkaan tulee kiinnittää huomiota erityisesti silloin, kun sen osuus on suuri yrityksen kustannuksista. Logistinen toimintamalli suunnitellaan tavarantoimittajien ja jakelijoiden kanssa, jotta tavaroiden varastointi ja kuljetukset saadaan kaikkien osapuolien osalta tehokkaaksi. Asiakkaan vaatimaa palvelutasoa pyritään ylläpitämään logistiikan ohjauksella, jolla saadaan vähennettyä varastoinnin, valmistuksen ja kuljetuksien kustannuksia. Materiaalivirtojen tehokkaalla suunnittelulla on mahdollista saada aikaan merkittäviä kustannussäästöjä. (Haverila ym. 2009, 461 – 464.)

3.4 Keräysalusta tuotantoympäristössä

Tuotantotilojen voidaan kuvitella olevan yrityksen asiakas. Asiakkaalle on tärkeää tavaran saapuminen oikeaan aikaan, oikeassa järjestyksessä ja oikeaan paikkaan. Keräysalustan tehtävä tuotannossa on varastoida komponentit väliaikaisesti varaston ja lopputuotteen välille ja näin toimia tärkeänä apuvälineenä kompressorin valmistuksessa. Keräysalusta säilyttää komponentit loogisessa järjestyksessä ja siten selkeyttää ja nopeuttaa valmistusprosessia.

Keräysalustalle kerätään varastossa tarvittavat komponentit niille varattuihin paikkoihin. Kokoonpano-ohje määrittelee kokoonpanojärjestyksen ja samalla komponenttien sijoittelun määriteltyyn järjestykseen alustalle.

Varastosta komponentit kuljetetaan keräysalustan avulla tuotantotiloihin omaan soluunsa. Alusta on solussa kompressorin valmistuksen ajan. Kun kompressori on valmistettu, alusta siirretään takaisin varastoon ja aloitetaan uudelleenvarustelu.

4 ERGONOMIA

4.1 Ergonomian määritelmä

”Ergonomia on ihmisen ja toimintajärjestelmän vuorovaikutuksen tutkimista ja kehittämistä ihmisen hyvinvoinnin ja järjestelmän suorituskyvyn parantamiseksi.” Ergonomian avulla työ, työvälineet, työympäristö ja muu toimintajärjestelmä sopeutetaan vastaamaan ihmisen ominaisuuksia ja tarpeita. Sen avulla on tarkoitus parantaa ihmisen turvallisuutta, terveyttä ja hyvinvointia sekä edesauttaa järjestelmien häiriötöntä ja tehokasta toimintaa. (Työterveyslaitos.)

4.2 Ergonomia tuotantoympäristössä ja tuotesuunnittelussa

Ergonomia on tieteenala, jonka tavoitteena on kehittää työtä, työoloja ja työyhteisöjä vastaamaan työntekijän fyysisiä, psyykkisiä ja sosiaalisia ominaisuuksia ja tarpeita. Ergonomia edistää ja ylläpitää työkykyä sekä tuottavuutta ja laatua. Ergonomia poistaa kitkaa työn ja työntekijän väliltä sekä saa työn sujuvammaksi, tuottavammaksi ja mielekkäämmäksi. (UEF.)

Ergonomia kehittää tuotantotehokkuutta, mihin tälläkin opinnäytetyöllä pyritään. Tuotantoympäristössä otetaan huomioon työtasojen korkeudet, nostoapuvälineiden käytön mahdollisuus sekä komponenttien sijoitus painon mukaan eri korkeuksille. Raskaat painot sijoitetaan alas, jolloin nostamiseen käytettävä voima tulee pääasiassa jaloista.

Kun nostetaan raskaita taakkoja, polvet taivutetaan ja selkä tulisi pitää suorassa, niin että käytössä ovat jalkojen lihakset. Jos selkää pidetään virheellisesti noston ajan köyryssä, puristuvat nikamavälilevyt kokoon enemmän etuosastaan ja samalla työntyvät taaksepäin selkärangan suuntaan. Nostossa on silloin pääasiallisesti käytössä selkälihakset, vipuvarret ovat lyhyet ja niiden on käytettävä suurta voimaa. (Nienstedt, Hänninen, Arstila, Björkqvist 2004, 113.)

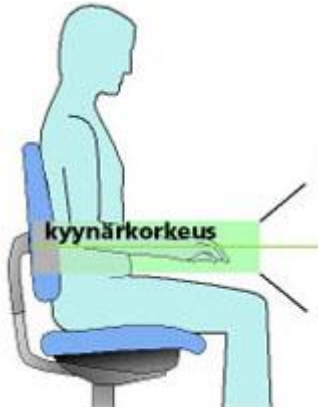
Hyvä nostokorkeus on kyynärpääntason ja rystystason välillä. Rystystason alapuolella olevia nostoja tulisi välttää sekä vähentää tai poistaa kokonaan hartiatason yläpuoliset nostot. Optimaalisessa nostossa taakan etäisyys tulisi olla 25 cm korkeintaan nostajasta ja taakan tulisi olla 75 cm korkeudella ja sitä tulisi nostaa alle 25 cm. Taakasta tulee olla hyvä ote ja välttää vartalon kiertoja noston aikana. Vartalon taivutuskulman suurentuessa kasvavat myös selkään kohdistuvat puristusvoimat. (Riihimäki & Leskinen 2001, 163.)

Ergonomiaosaaminen on tärkeää suunnittelussa, kun parannetaan työvälineitä ja työolosuhteita työkyvyn turvaamiseksi ja ylläpitämiseksi. Ergonomisilla ratkaisuilla on suuri inhimillinen ja taloudellinen lisäarvo työntekijälle ja yritykselle. (Väyrynen, Nevala, Päivinen 2004, 7.)



KUVA 1. Kyynärkorkeus seisten.

Suositteltu työskentelykorkeus on seisten 70-80cm. (Intolog Oy.)



KUVA 2. Kyynärkorkeus istualtaan.

Ergonomisessa istumatyössä jalat tulee saada tason alle ja kyynärpäät ovat hieman kohotettuna työtasolla. (Intolog Oy.)

5 TUOTESUUNNITTELU

5.1 Tuotteen suunnittelu

Tuotteen suunnittelu tarkoittaa tiedon käsittelyä ja luomista sellaisen rakenteen löytämiseksi, joka kykenee toteuttamaan halutut toiminnot. Voidaan myös ajatella että suunnittelu tarkoittaa prosessia, jossa tieto muuttuu tarpeista, vaatimuksista ja reunaehdoista sellaisen rakenteen kuvaukseksi, joka kykenee tuottamaan nämä. (Hietikko 2007, 12.)

Tuotekehitysprosessi sisältää seuraavat vaiheet:



KUVIO 2. Tuotekehitysprosessin perusvaiheet.

Tuotekehitys lähtee liikkeelle tarpeiden selvittämisellä. Lähtötietoihin kuuluu selvittää suunniteltavan tuotteen tehtävä ja sille asetetut vaatimukset. Suunnitteluprosessissa tehdään varsinainen työ, joka on koko prosessin tavoite. Suunnittelun tuloksissa kasataan työstä suunnitelma, jonka perusteella valmistetaan lopputuote.

Tuotesuunnittelussa tulee ottaa huomioon monia rajoituksia, kuten sopivuus ihmiselle, valmistus, käyttö ja kuljetus. Tehtyjen ratkaisuiden takana tulee olla useiden asioiden huomioonottaminen, kuten turvallisuus, ergonomia, käytettävyys, valmistus, tarkastus, kokoonpano, kuljetus, käyttö, kunnossapito, kierrätys ja hävittäminen.

On tärkeä pitää mielessä, että erityisesti turvallisuuteen, ergonomiaan ja käytettävyyteen vaikuttavat tekijät ovat ajankohtaisia koko tuotteen elinkaaren ajan. (Väyrynen ym. 2004, 24.)

Tuotteen valmistuskustannuksista noin 80 % määritellään suunnittelupöydällä, eli suunnittelijan päätöksistä. Tästä syystä valmistus ja kokoonpano tulee huomioida tarkkaan projektin alkuvaiheessa, muutokset tuotteeseen ovat lähes ilmaisia suunnitteluvaiheessa, mutta kustannukset nousevat merkittävästi jos muutoksia tehdään myöhemmin valmistusprosessissa tai valmiiseen tuotteeseen. (Hietikko 2007, 17.)

5.2 Käyttäjakeskeinen suunnittelu

Käyttäjakeskeistä suunnittelua voidaan lähestyä neljän tavoitteen avulla. Pyrkimys on tehdä tuotteista ja ylipäänsä ihmisen elinympäristöstä mahdollisimman käytettäviä ja helposti ymmärrettäviä. Lopputuloksen on oltava sellainen, että:

- Käyttäjä pystyy määrittämään kullakin hetkellä mahdolliset toiminnot
- Asiat ovat selkeästi näkyvillä sisältäen järjestelmän mallin, eri toimenpidevaihtoehdot ja näiden toimintojen vaikutukset
- Järjestelmän tila on helppo havaita ja arvioida hetkestä riippumatta
- Kytkennoistä tulee tehdä luontevia vaadittujen toimintojen ja aikomusten välillä, toimenpiteiden ja seurausten välillä, sekä näkyvän tilan ja järjestelmän tilan tulkinnan välillä.
(Väyrynen ym. 2004, 22.)

Käyttäjakeskeiseen suunnitteluun liittyy oleellisesti arviointi.

Käytettävyyssuunnittelusta voidaan tehdä seuraava jaottelu:

- Käyttäjakeskeinen suunnittelu: tuotekehitysprosessin alusta alkaen perehdytään sen käyttäjiin ja tehtäviin (tehtäväänalyysi)
- Osallistuva suunnittelu: tuotteen käyttäjät mukaan suunnitteluryhmään tai -ryhmiin
- Kokeellinen suunnittelu: toteutetaan käytettävyysskojeita, simulointia, prototyyppien evaluointia mittaamalla käyttäjäkoehenkilöiden suoritusta asetetusta tehtävästä
- Iteratiivinen suunnittelu: suunnittele, kokeile, mittaa ja arvioi, suunnittele uudelleen, kunnes määritetty käytettävyyden vaatimustaso on saavutettu
- Käyttäjätuen suunnittelu: käytännön opetus ja käyttöohjekirjat.
(Väyrynen ym. 2004, 28-29.)

5.3 3D-mallinnus

3D-mallinnuksella on mahdollista luoda kolmiulotteisia objekteja ja kuvia tietokonegrafiikan avulla. Kolmiulotteinen malli eroaa tavallisesta kaksiulotteisesta esityksestä siten, että sillä on virtuaalinen syvyys sekä perspektiivin omaava muoto (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 9). 3D-grafiikka on tietokonegrafiikkaa, mikä on keinotekoisien kuvien tuottamista tietokoneen avustuksella.

Tietokonegrafiikka on yleistynyt vasta viime vuosikymmeninä, mutta on kuitenkin alana paljon vanhempi mitä yleisesti uskotaan. Valtaosa grafiikan tuottamiseen tarvittavista algoritmeista on keksitty jo 1960- ja 1970-luvulla, vaikka vasta myöhemmin tietokoneet kehittyivät tarpeeksi kyetäkseen reaaliaikaiseen grafiikan tuottamiseen (Kokkarinen, Kuutti & Nieminen 2001, 17). 1980-luvulla tuli suunnittelijoille ensimmäiset henkilökohtaiset PC-tietokoneet, piirto-ohjelmat olivat tuolloin kankeita ja kalliita tuotteita. AutoCad on ensimmäinen laajalle levinnyt piirto-ohjelma, jonka suosio alkoi 1990-luvun alkupuolella. (Hietikko 2007, 14.)

1995 julkistettiin ensimmäinen versio SolidWorksista, joka otettiin hyvin vastaan sen helppokäyttöisen käyttöliittymän vuoksi (Hietikko 2007, 15).

5.4 3D-mallinnusohjelma SolidWorks

3D-mallinnusohjelmia on useita, näistä koulutusohjelman aikana eniten käytetty on SolidWorks. Opinnäytetyössäni käytin myös tätä ohjelmaa, onhan siitä tullut varsin tuttu työkalu ja tallennettavissa olevat tiedostomuodot tekevät siitä yhteensopivan kaikkien mallinnusohjelmien kanssa.

”Dassault Systèmes SolidWorks Corp. tarjoaa täyden valikoiman 3D-työkaluja, joiden avulla voit luoda, simuloida, julkaista ja hallita tietoja. SolidWorksin tuotteet ovat helppoja oppia ja käyttää. Ne toimivat saumattomasti yhdessä, joten voit tehdä suunnittelutyötäsi entistäkin helpommin, nopeammin ja edullisemmin. SolidWorks panostaa tuotteidensa helppokäyttöisyyteen, jotta insinöörit, suunnittelijat ja muut alan asiantuntijat voivat luoda aiempaa parempia tuotteita 3D-ominaisuuksia tehokkaasti hyödyntäen.” (SolidWorks.)

6 TYÖN TOTEUTUS

6.1 Aiheen valinta

Työ saa alkunsa käyttäjän tarpeista, näitä selvitettiin ensimmäisessä työvaiheessa. Otin yhteyttä Painetehon suunnittelija Arto Ollakkaan, hän ehdotti aiheeksi paineilmakompressorin osille keräysalustaa.

Tuotantosolussa ei ole erillistä varastoa, jossa osia voitaisiin säilyttää tuotannon ajan. Keräysalusta toimii osien varastointina, tuo loogisuutta ja käyttäjäystävällisyyttä kompressoreiden tuotantoon. Käytiin läpi keräysalustan tehtävää, vaatimuksia ja reunaehtoja, näistä muodostui laaja paketti, joka loi toimivan pohjan insinööriyölle.

6.2 Projektin hallinta

Projekteissa on oleellista aikataulun tekeminen ja noudattaminen; se selventää työskentelyä ja tavoiteltuun lopputulokseen pääseminen on varmempaa. Aikataulu laadittiin käänteisessä järjestyksessä, ensin sovittiin milloin työn tulee olla valmis. Selvitettiin, mitä kuuluu työn viimeistelyyn ja julkistamiseen. Työn osuuteen kuuluu raportin kirjoittaminen, 3D-kuvan tekeminen ja muut tuotokset, kuten katkaisuluettelo ja kokoonpanokuva. Varsinainen suunnittelu edeltää työtä; etsitään tietoa, täytetään reunaehtoja, luonnostellaan ja punnitaan eri vaihtoehtoja. Ennen suunnittelua orientoidutaan, selvitetään reunaehdot ja tuotteen tarve

Palaverit pidettiin kahden viikon välein ja jokaisesta palaverista laadittiin muistio, joka toimi sidosryhmien välillä tiedon välittäjänä. Palavereiden välille asetettiin tavoitteet, työskentely oli selkeää ja johdonmukaista.

6.3 Aloituspalaveri

Aloituspalaverissa selvitettiin suunnittelun lähtötiedot. Palaveri aloitettiin kierroksella Painetehto Oy:n tuotantotiloissa, Arto Ollakka kertoi yrityksen paineilmakompressoreiden valmistamisesta. Kierroksella kävi ilmi keräysalustan tarve ja sen toimiminen työkaluna tuotannossa. Keskusteltiin eri lähestymistavoista työhön ja päätettiin, että otetaan suunnitteluun mukaan tuotannon työntekijät. Koska työntekijät ovat tuotteen varsinaisia käyttäjiä ja keräysalustasta halutaan tehokas ja helppokäyttöinen, on työntekijän mielipide ja apu korvaamaton näiden vaatimuksien täyttämiseen. Tuotesuunnittelua voidaankin perustellusti kutsua käyttäjäkeskeiseksi.

6.4 Työntekijöiden haastattelu

Lähtötietojen selvitystä jatkettiin työntekijöiden haastattelulla. Tuotannon työntekijät ovat kompressoreiden valmistajia ja käyttävät keräysalustaa apuvälineenä, joten heillä oli selkeitä vaatimuksia ja näkemyksiä alustasta. Tehtiin hahmotelma alustasta ja se esiteltiin työntekijöille. Hahmotelma sisälsi keräysalustan lisäksi kokoonpanoalustan, jossa oli suunniteltu tehtävän kompressorin ilmapään kasaus, mutta tämä hahmotelma hylättiin ja kokoonpano haluttiin tehdä erillisellä alustalla.

Työntekijät painottivat yksinkertaisuutta ja selkeyttä. Alustasta ei saisi tulla vaikeaselkoinen ja huonosti käytettävissä oleva.

Näkemyserojen huomiointi ja muutokset on tärkeä osa jo lähtötietojen selvityksessä. Hyvien lähtötietojen ansiosta varsinainen suunnitteluprosessi on johdonmukaista.

6.5 Reunaehdot ja niiden täyttäminen

Reunaehtojen täyttäminen on osa varsinaista suunnitteluprosessia. Työntekijöiden sekä ohjaajan kanssa määriteltyjen reunaehtojen täytyminen on toimivan työkalun edellytys. Ratkaisuihin tulee kiinnittää erityistä huomiota ja niiden tulee olla hyvin perusteltuja.

6.5.1 Helppokäyttöisyys ja ergonomia

Lähtötietojen mukaan tuotannon työntekijät tekevät paljon työtä istualtaan, minkä perusteella ottolaatikat sijoitettiin alustaan. Alustan keskitaso on 80 cm korkeudella. Siinä laatikat ovat vaakatasossa ja niiden käyttäminen on helppoa niin istualtaan kuin seisaaltaan. Ylätason etuosa on 100 cm:n korkeudella ja se on kallistettu 17 - asteen kulmaan. Kallistuksen ansiosta laatikoiden sisältö on näkyvillä, vaikka työntekijä on istuma-asennossa.

Työtaso on 5 cm keskitasoa alempana, joten sen korkeus on 75 cm.

Kun työntekijä seisoo, ovat hänen kyynärpänsä rentoina ja asento ei ole väsyttävä (kuva 1).

Työtason korkeus on myös istuma-asennossa ergonominen, kun halutaan tehdä tarkkuutta vaativaa istumatyötä. Polvet mahtuvat tason alle ja kyynärpäät saadaan luontevasti työtasolle (kuva 2) (Intolog Oy).

6.5.2 Liikuteltavuus

Alustaa käytetään kokoonpanon työkaluna yhdessä työpisteessä kerrallaan. Työvaiheen aikana alustaa tulee saada siirrettyä sopivalle paikalle työtason käyttöä tai osien keräystä varten. Alustalla siirretään osia varastosta tuotantotiloihin ja sieltä takaisin, minkä vuoksi siitä on tehty teollisuuspyörillä liikuteltava.

6.5.3 Puhtaus

Hydrauliikkaosat vaativat puhtaat ja tiiviit säilytystilat. Tuotantotiloissa on pölyä ja muuta pientä hiukkasta, jotka eivät ole toivottu lisä näille komponenteille.

Kompressori valmistetaan erillisistä osista ja liitoksia on paljon. Liittimiin jää herkästi epäpuhtauksia ja epäpuhtaudet pääsevät järjestelmään öljyn mukana.

Epäpuhtauksia pääsee järjestelmään mm. järjestelmän kokoonpanon yhteydessä, nesteen täytön tai lisäyksen yhteydessä, järjestelmän ulkopuolelta ja järjestelmän sisällä käytön aikana.

Epäpuhtauksia ovat torjumassa useat suodattimet:

- painesuodatin
- paluusuodatin
- imusuodatin
- ohivirtaussuodatin.

Painesuodatin sijaitsee ennen kaikkia muita komponentteja ja estää epäpuhtauden pääsyn järjestelmää. Paluusuodattimen kautta kulkee kaikki järjestelmästä palaava neste. Paluusuodatin estää epäpuhtauden pääsyn nestesäiliöön. Imusuodatin on säiliössä ennen pumppua. Neste on säiliössä niin puhdasta, että imusuodatin on lähinnä imusiivilä, johon isoimmat epäpuhtaudet suodattuu. Ohivirtaussuodatin on varakeino: jos varsinainen suodatin menee tukkoon, neste ohjataan ohivirtaussuodattimen läpi.

Suodattimien välillä on paljon liitoksia ja osakokoonpanoja. Ensimmäisellä käyttökerralla kaikki kokoonpanossa syntyneet epäpuhtaudet lähtevät liikkeelle ja päätyvät eri osien kautta suodattimeen.

Suodattimien välillä on useita osia, kuten venttiileitä, joissa epäpuhtaudet aiheuttavat jumiutumista. Pumpussa epäpuhtaudet aiheuttavat ennenaikaista kulumista tai pahimmillaan konevaurion.

6.5.4 Komponenttien palautus

Kompressoreilla on oma tuoterakenne, joka pitää sisällään kaikki kompressoriin kuuluvat osat. Osia ovat letkut, liittimet, venttiilit jne. Tämä rakenne tulostetaan osaluettelona, jonka mukaan jokaiselle kompressorille kerätään varastosta osat.

Koska kompressoriin tulee päivityksiä, osia korvataan kokoonpanoilla ja työntekijät voivat koota järjestelmän eri tavalla, minkä vuoksi aiheutuu erikseen ja yhdessä tilanne, jossa kerättyjä osia saattaa jäädä yli. Todetut palautettavat osat merkitään alustan mukana kulkevaan osalistaan huomiokynällä ja komponentit laitetaan erilliseen palautuslaatikkoon palautusta varten.

Osien palauttamisella varastosaldot saadaan pidettyä oikeana. Varastosaldojen paikkaansa pitävyys edesauttaa komponenttien toimintavarmuutta ja poistaa komponenttien puutteista johtuvat viiveet tuotannossa.

6.5.5 Komponenttien säilytys

Keräysalusta on käytössä solutuotannossa, solu on yksikkö ja se on erillään varastosta, joten siellä ei ole omaa varastointimahdollisuutta kompressorien osille. Komponentteja säilytetään alustalla kokoonpanon ajan, josta ne kerätään vaihteittain valmistamista varten.

Komponentit tulee säilyttää vahingoittumattomissa, peltilevyt sijoitetaan alustan taakse niille tarkoitettuun telineeseen. Pellit pysyvät mukana alustalla, eivätkä ne sekoitu muiden osien joukkoon. Jäähdytinkennolle on varattu teline alustan päätyyn, kennossa on ohuet rivat, jotka vääntyvät herkästi. Kennon vauriot vältetään pehmustamalla telineen terävät reunat.

Hydrauliikkaletkut tulevat tulpattuina, joten ne eivät vaadi suljettua säilytystilaa. Letkut laitetaan roikkumaan liittimistä alustan päätyyn tehtyihin hakasiin. Hakasia on eri levyisille letkuille. Painavat ja suurikokoiset komponentit säilytetään alatasolla. Niiden käsittely on helpompaa ja vaunun käsittely tukevampaa, kun painopiste on alhaalla.

.

6.5.6 Kokoonpano-ohje

Kompressorin kokoonpano-ohjeen avulla voi uusikin työntekijä koota kompressorin ilman ulkopuolista ohjausta. Kokoonpano-ohjeessa on varoitettu vaaroista, ilmoitettu kiristysmomentit, merkitty letkujen paikat ja ilmoitettu kaikki muu oleellinen tieto, jotta kompressori toimii, kuten on suunniteltu.

Kompressorille on laadittu kokoonpano-ohje, jossa tuotteen valmistus on jaoteltu eri osa-alueisiin. Kokoonpanon osa-alueisiin on listattu komponentit, näiden osa-alueiden mukaan valittiin erikokoisia laatikoita, joihin määritetyt komponentit sijoitetaan. Laatikot numeroidaan, mikä helpottaa komponenttien keräystä ja selkeyttää kokoonpanoa. Koska kokoonpano tehdään numerojärjestyksen mukaan, työn keskeytyessä voidaan palata työpisteelle ja nähdä yhdellä silmäyksellä, missä työvaiheessa ollaan menossa.

6.6 Ostettavien tuotteiden valinta

Ostettavien tuotteiden valinta on myös osa suunnitteluprosessia. Alustaan ei ole taloudellisesti kannattavaa valmistaa kaikkia komponentteja itse, joten käytettiin ostosia. Hankinnoissa kiinnitettiin huomiota vaatimuksien täyttymiseen ja tuotteen hintalaatusuhteeseen.

6.6.1 Pyörät

Painetehon tuotanto- ja varastotiloissa on maalattu betonilattia, joka on tasainen ja helppo pitää puhtaana. Lattialla saattaa olla pieniä roskia, kiviä ja muuta epäpuhtauksia, mikä tulee ottaa huomioon pyörän materiaalia valittaessa. Pyörän tulee olla pinnaltaan pehmeä, jotta pienet roskat eivät estä pyörää liikkumasta. Pehmeä materiaali ei jätä betoniin jälkiä ja on käytökseltään vakaa; liian kova materiaali on liukas käsitellä ja aiheuttaa herkemmin lukkiutumista.

Pyöräksi valittiin polyamidikeskiöinen ja polyuretaanirenkaalla varustettu teollisuuspyörä. Pyörät rullaavat hyvin, ovat edullisia ja pitkäkestoisia.

Pyörän halkaisija on 75 mm ja leveys 28 mm, kantavuutta on 90 kg / pyörä. Kiinnityslaatta on kolmiomallinen. Kiinnitys saadaan tukevasti alustan alakulmiin kolmesta pisteestä pulttaamalla ilman, että alustaan tehdään erillisiä kiinnityspisteitä.

6.6.2 Ottolaatikot

Ottolaatikko on laatikkotyyppi, jonka pääty on avoin. Avoimen päädyn ansiosta osien poimiminen on helppoa; laatikon sisään ei tarvitse kurkata, vaan sisältö on selkeästi näkyvillä.

Laatikoille on asetettu useita eri vaatimuksia. Laatikoiden tulee olla kestäviä, pestävissä, pölytiivitä ja läpinäkyvällä kannella varustettuja. Laatikon mitoitus tehdään reiluksi, jotta sisältö ei mene sekavaksi ja komponenttien poiminta on helppoa.

Ssi-shäefer on laatikkovalmistaja, jonka valikoimasta löytyy myös ottolaatikoita. Laatikot on valmistettu polypropeenista, niiden lämmönkestonajaksi luvataan -20 - +100 - astetta, joka riittää asetetuille vaatimuksille ja mahdollistaa konepesun. Polypropeeni on liuottimien, emästen ja happojen kestävä. Pesuaineineen valinta ei siis ole tarkasti rajattu. Laatikoiden pohja on aaltomainen, joten komponentit eivät pääse helposti liukumaan laatikossa ja sisältö pysyy selkeänä. Kansien ansiosta laatikon sisältö pysyy puhtaana. Kannet ovat läpinäkyviä, joten laatikon sisältö on näkyvillä, vaikka kannet ovat paikoillaan.

Ylätasolle tulee neljä 300 * 220 * 200 mm laatikkoa ja keskitasolle kolme kappaletta 500 * 320 * 145 mm laatikkoa.

6.6.3 Ilmoitustaulu

Ilmoitustaulu sisältää osalistan, mahdollisen kokoonpano-ohjeen, käyttöohjeen, projektinumeron ja mahdollisuuden merkinnöille.

Ilmoitus- ja valkotauluja on monella eri valmistajalla tarjolla, mutta niiden hinnat eivät ole järkevässä suhteessa taulun käyttötarkoitukseen. Tähän on olemassa huomattavasti edullisempi ja toimiva ratkaisu; valkoiseksi maalattu peltilevy. Ratkaisu on käytössä Painetehon tuotantotiloissa ja se on todettu toimivaksi. Tässä alustaan tulevassa ratkaisussa erona on se, että taulu on säädettävän varren päässä ja se on kooltaan pienempi. Ilmoitustaulun koko on 600 * 400 mm, eli kahden A4- arkin koko vierekkäin asetettuna. Tämä koko riittää papereiden säilytykseen ja tilaa jää merkinnöille.

Varrellisia ilmoitustauluja ei ole toimittajilla tarjolla, joten varsi sovellettiin litteiden näyttöjen kiinnitysratkaisusta. Varsi on tukeva ja kestää taulun painon.

Peltilevy itsessään on huterä, joten pelti kiinnitetään 21 mm vaneriin. Peltilevy toimii valkotauluna, siihen voidaan kirjoittaa merkintöjä valkotaulutusseilla ja kiinnittää papereita magneeteilla.

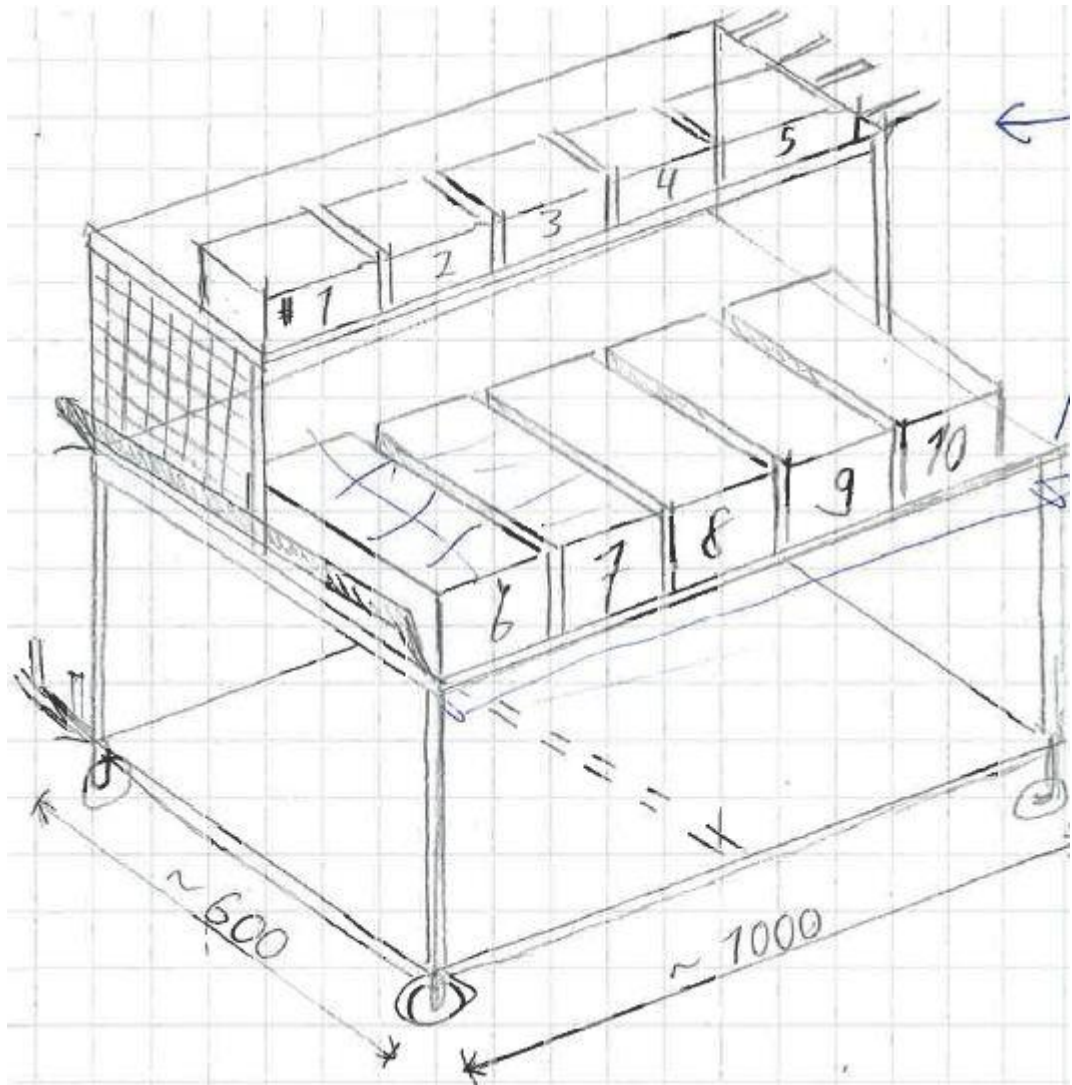
6.6.4 Työtaso

Työntekijöiden vaatimukseen kuului työtaso, jonka päällä on mahdollisuus tehdä pieniä kokoonpanoja, tutkia papereita ja säilyttää väliaikaisesti työkaluja. Työtaso valmistettiin vanerista ja varustettiin kiskoilla. Vaneri on 21 mm filmivaneria, se on tukeva ja edullinen, ei ime kosteutta sekä kestää kolhuja ja raskaita taakkoja. Kiskojen ansiosta työtaso menee keskitason alle ja on vedettävissä esiin tarvittaessa, joten taso ei kasvata alustan ulkomittoja. Kiskoiksi valittiin kuulalaakeroitu malli, jonka liikerata on 500 mm ja suurin sallittu kuorma 100 kg.

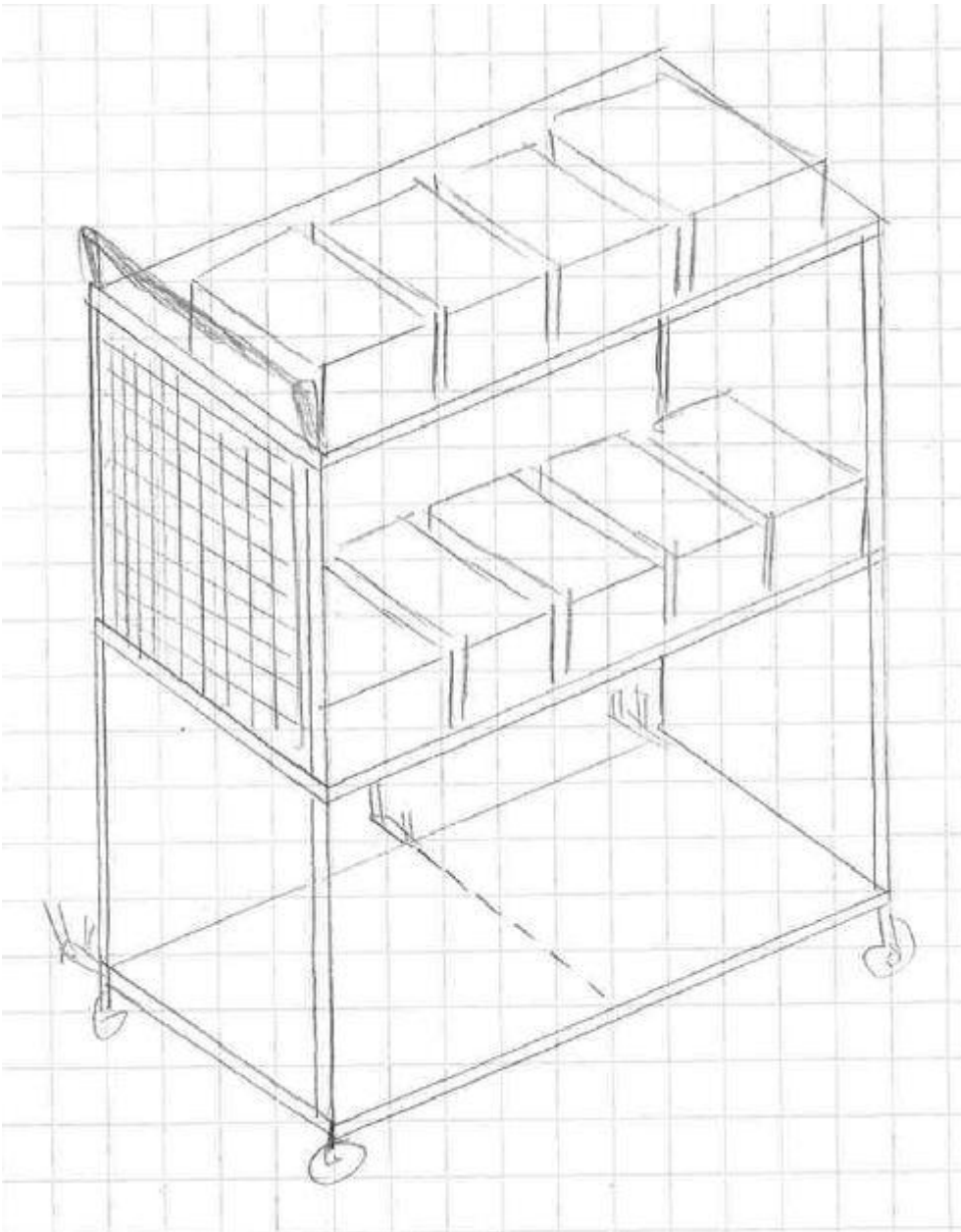
6.7 Materiaalivalinta, luonnostelu ja mallin tuottaminen

Suunnittelun ensimmäinen tulos on tuotteen malli. Luonnosvaiheessa määriteltiin, että rungossa käytetään profiiliputkea. Profiiliputki on edullista, kevyttä ja sitä on helposti saatavilla, sekä se on hitsattavissa ilman erikoismenetelmiä. Käytettävä putki on ns. huonekaluputkea, mitoiltaan 35 * 30 * 3 mm.

Ensimmäiset luonnokset tehtiin käsivaralla paperille. Luonnoksia oli useita, joista valittiin yrityksen ohjaajan, Arto Ollakan kanssa kehittämiskelpoisimmat. Jäljelle jäi kaksi luonnosta, matala (kuva 3) ja korkea malli (kuva 4).



KUVA 3. Matala malli.

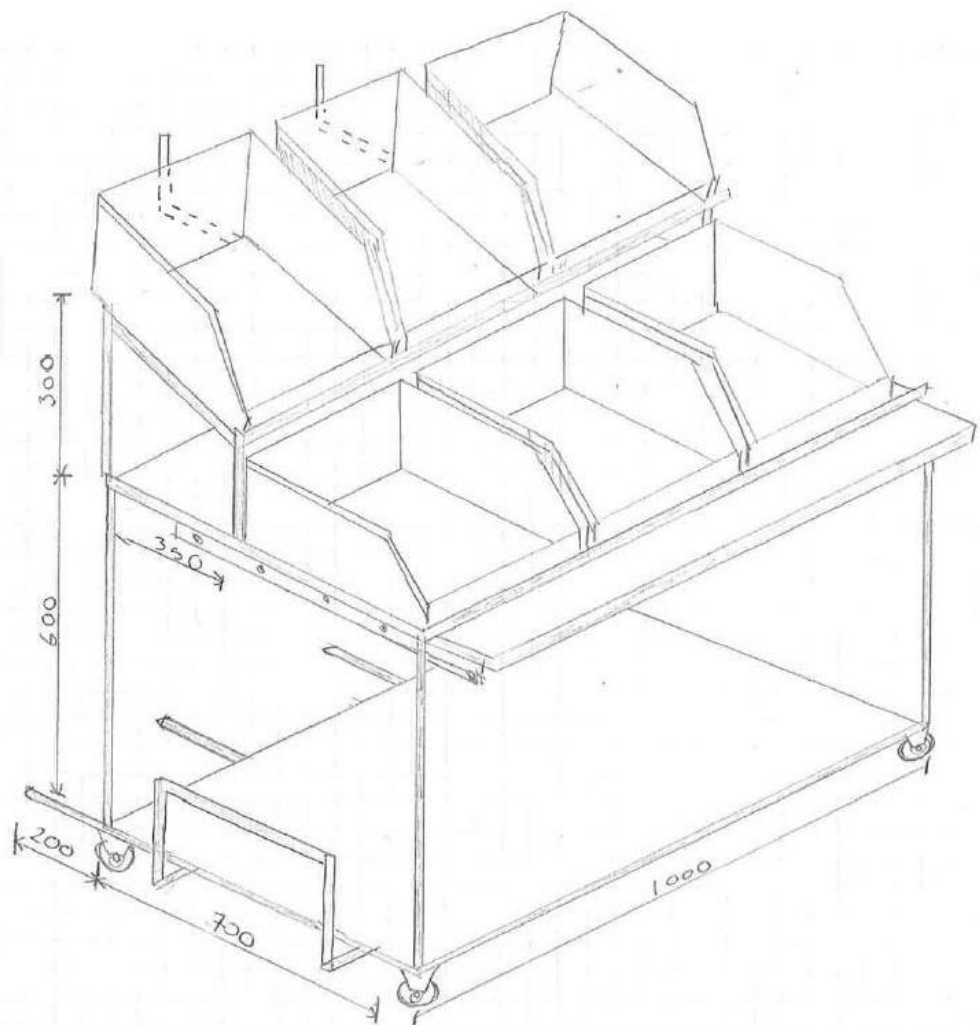


KUVA 4. Korkea malli.

Kahdesta luonnoksesta valittiin tuotannon työntekijöiden kanssa soveltuvimmaksi matala malli. Se käyttäytyy vakaammin, työtasolle saa suuremman pinta-alan, keskitason laatikoiden käsittely on kätevämpää, laatikot ovat selkeästi esillä ja kennolle saa telineen alustan päätyyn. Kennon reunat olisivat tulleet korkean mallisessa alustassa yli ja kennon kulmat olisivat olleet tällöin herkkiä vaurioille. Lisää kehittämistä oli laatikoiden sijoittelussa, kennon telineessä ja ilmoitustaulussa.

Kirjatuilla kehittämistarpeilla piirrettiin viimeinen käsivaralla tehty luonnos, jonka yrityksen ohjaaja ja tuotannon työntekijät hyväksyivät. Luonnoksen tavoitteena oli saada raaka versio alustasta ja sellainen saatiin aikaiseksi yhteistyössä kaikkien osapuolien kanssa.

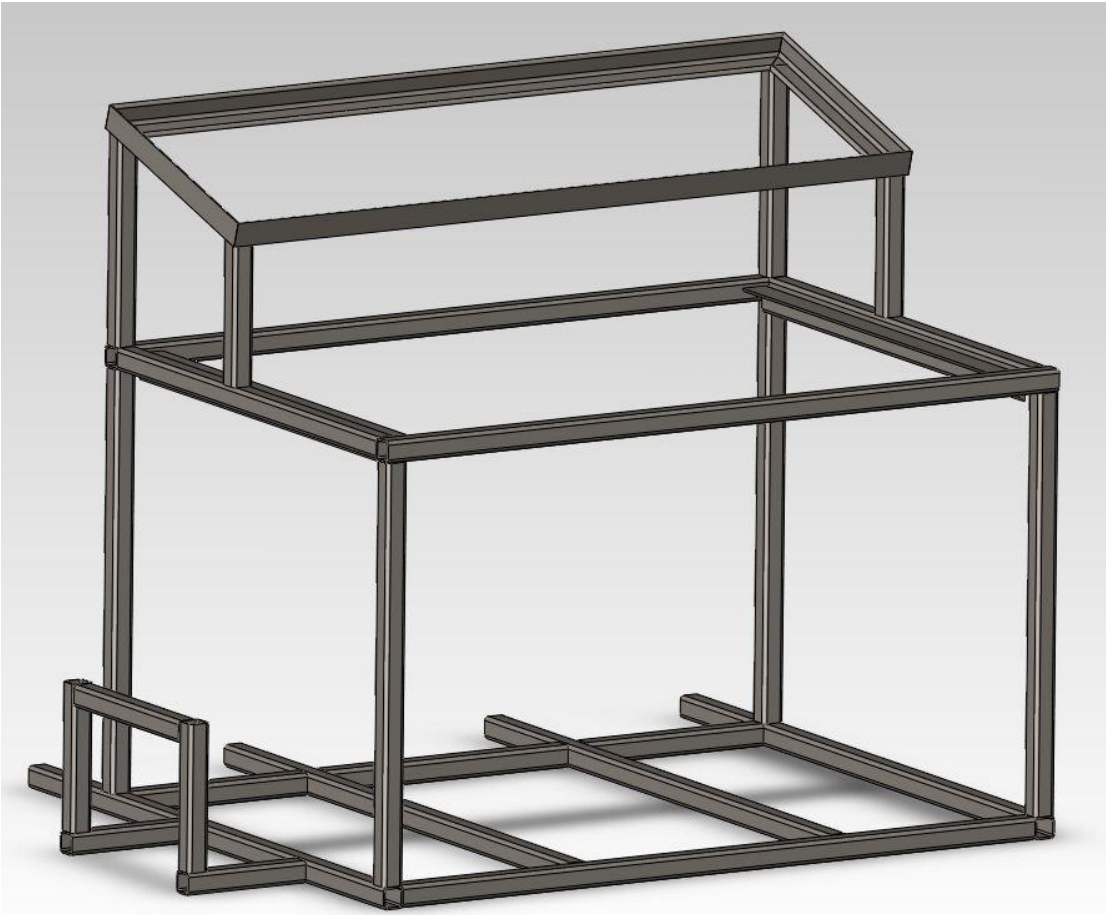
Luonnoksen mukaan piirsin mittakaavaan tarkan mallin. Mitat määriteltiin komponenttien koon ja määrän, kennon koon, laatikoiden, letkujen sekä suojapeltien mukaan. Laatikko- ja työtasojen korkeudet määriteltiin ergonomia huomioonottaen, kuten reunaehtojen täyttämässä on mainittu.



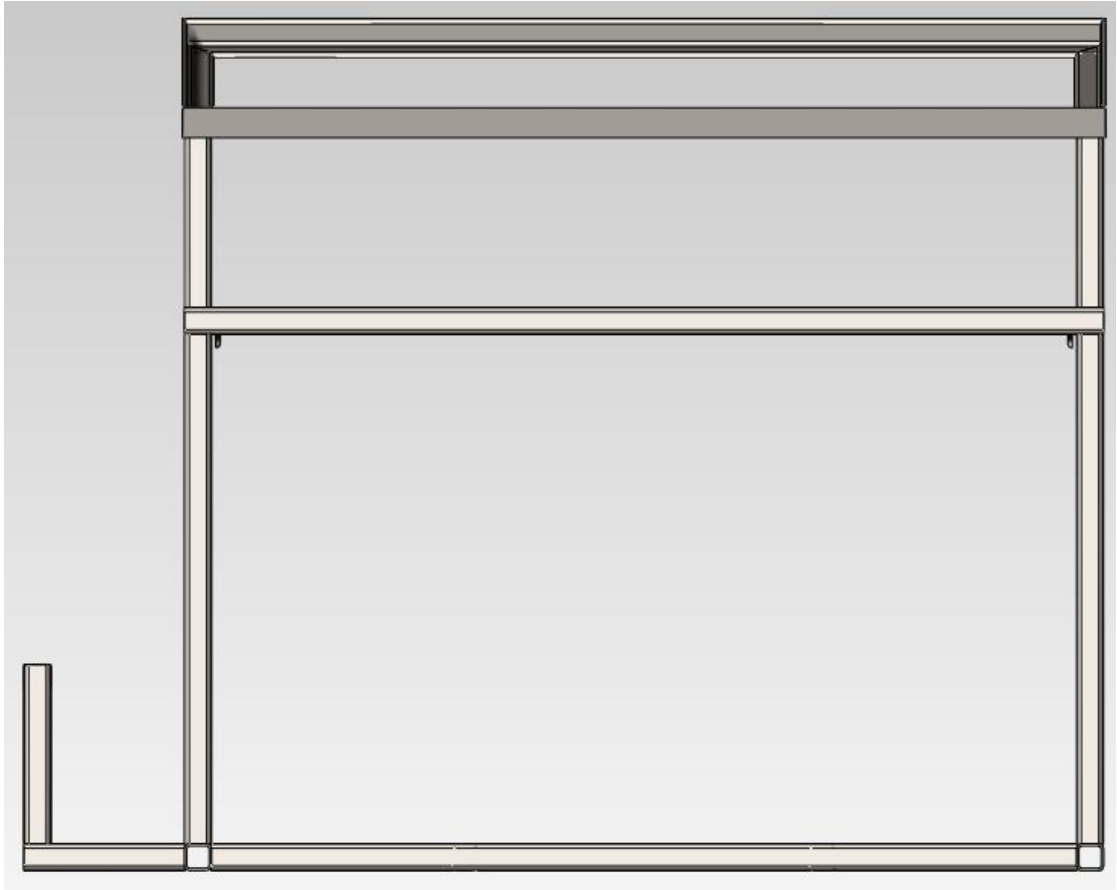
KUVA 5. Mittakaavaan piirretty malli.

6.8 Keräysalustan mallintaminen

Tarkkaan piirretyn mallin ansiosta 3D-mallin tekeminen oli johdonmukaista. Malli valmistettiin 3D-sketsistä, ns. rautalankamallista. Sketsiin aseteltiin profiilit ja määriteltiin päätyjen asettelu. Päätyjen asettelussa otettiin huomioon samanmittaisten putkien hyödyntäminen.

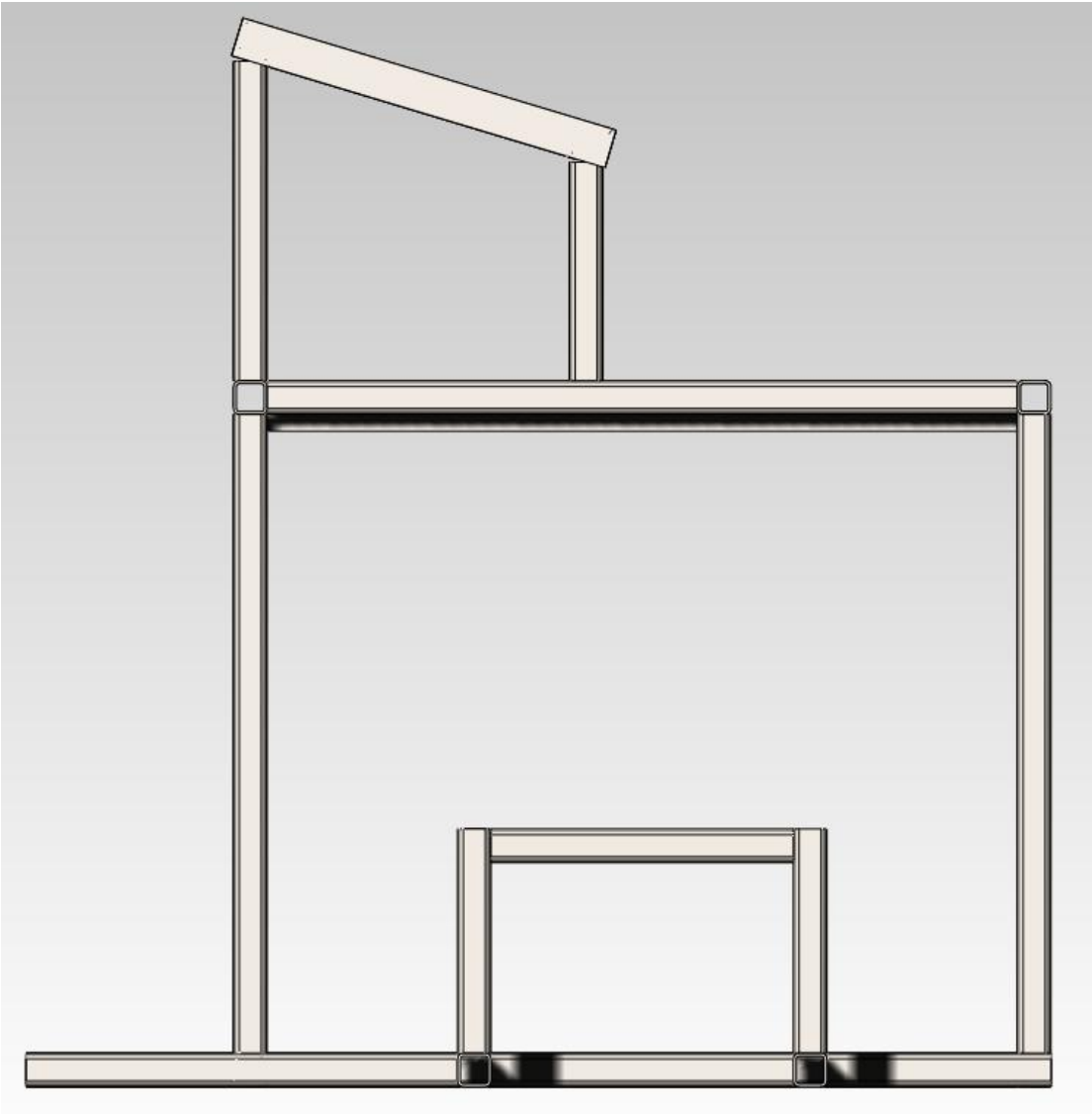


KUVA 6. 3D-malli.



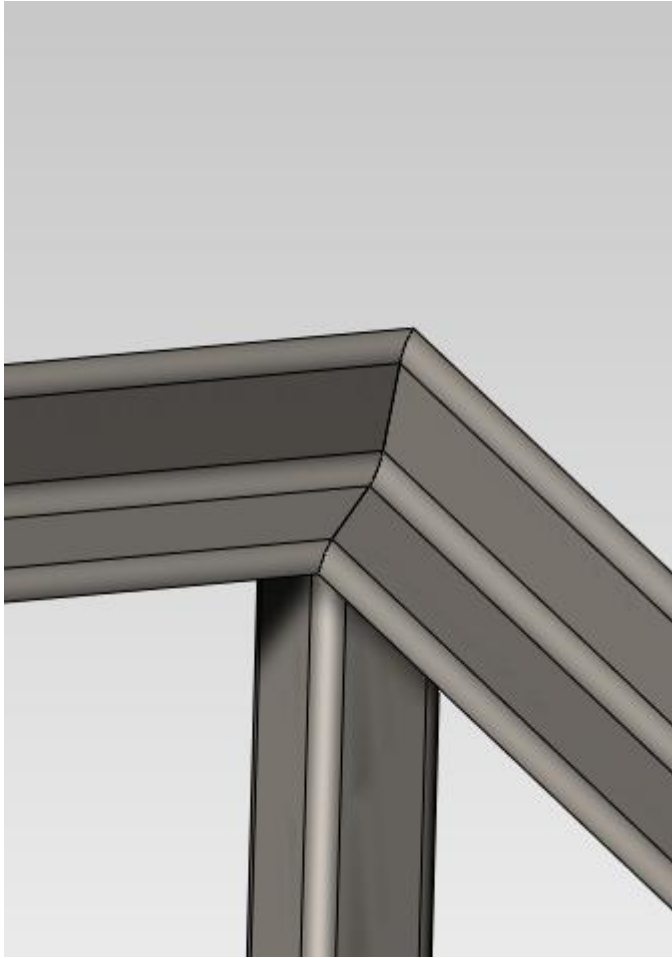
KUVA 7. Etuprofiili.

Etuprofiilista näkyy vasemmalla puolella jäähdytinkennon teline. Kulmaraudat keskimmäisten poikkiputkien alapuolella kannattelevat vanerista keskitasoa. Kulmaraudat toimivat samalla työtason kiskojen kiinnityksenä.



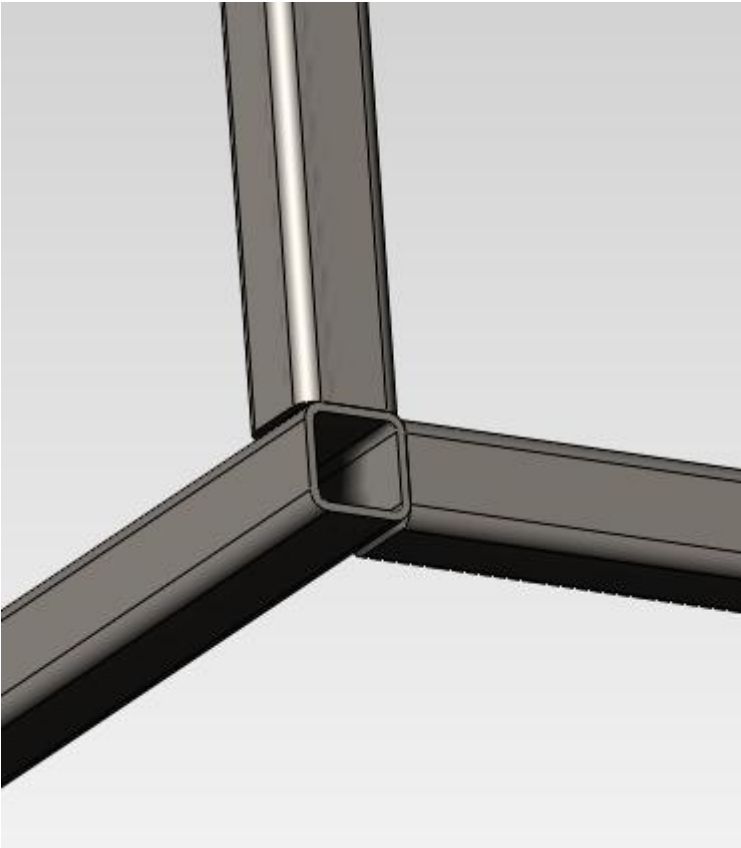
KUVA 8. Sivuprofiili.

Sivuprofiilista voidaan havaita ylätason 17 - asteen kaltevuus. Ylätason L-rautakehikon sisään asetetaan vaneri. L-raudan korkeus on 35 mm ja vanerin vahvuus 21 mm, kulmaan jää 14 mm korkea este estämään ottolaatikoita valumasta.



KUVA 9. Viisteet.

Ylätason L-rautojen päädyt ovat viistetyt. Kehikon alataso jää tasaiseksi ja vaneri kiinnittyy tukevasti jokaista kulmaa vasten.



KUVA 30. Putkien asettelu.

Putket ovat aseteltu niin, että alataso jää tasaiseksi ja pyörän kiinnitys on mahdollista kolmesta pisteestä.

6.9 Katkaisuluettelo ja kokoonpanopiirustus

3D-mallista tehtiin A4-kokoinen kokoonpanopiirustus, johon liitettiin katkaisuluettelo (liite 1).

Katkaisuluettelossa havainnollistuu symmetria; yksittäisiä putkia on vain kaksi kappaletta. Katkaisuluettelon tarkoituksena on osoittaa kaikkien osien määrä, mitat sekä päätyjen mahdolliset viisteet.

Hitsauspiirustusta ei pidetty tarpeellisena. Selkeästi tehdyllä kokoonpanopiirustuksella kokoonpano on mahdollista eikä virhetulkintoja synny. Hitsaus ei tarvitse erikoismenetelmiä ja hitseille ei asetettu erillisiä vaatimuksia. Kaikissa hitseissä käytetään ympärihitsausta ja a-mittana 3 mm:ä.

Kokoonpanopiirustus havainnollistaa tuotteen kokoonpanon. Se voi olla pieni osa-alue tai esittää useiden pienempien kokoonpanojen kokonaisuutta. Kokoonpanopiirustusta käytetään tässä työssä myös hitsauspiirustuksena.

6.10 Keräysalustan käyttöohje

Käyttöohje on tehty tukemaan keräysalustan käyttöä. Käyttöohjeessa on mainittu mitä tarkoitusta varten tietty laatikko, teline ja koukku ovat. Ohje sisältää selkeät toimintaohjeet, kuten laatikoiden pesu, nosto-ohjeet, laatikoiden järjestys ja komponenttien palautus.

6.11 Prototyyppi

Prototyyppi on suunnitteluprosessin viimeinen vaihe. Tuotteen prototyyppi valmistettiin välittömästi kun kokoonpanopiirustus saatiin valmiiksi. Prototyypillä tarkistetaan tuotteen sopivuus tarkoitettuun toimintaympäristöön. Siitä selvitetään mahdolliset virheet, kirjataan parannusehdotukset ja kokeillaan tuotteen käytettävyyttä.



KUVA 41. Alusta hitsattuna.



KUVA 52. Prototyyppi.

Prototyypin valmistuksessa katkottiin ensimmäiseksi L-raudat ja profiiliputket oikeisiin mittoihin katkaisuluettelon mukaan. Kokoonpanopiirustuksen perusteella alusta kottiin ja hitsattiin yhteen. Vanerit leikattiin ja kiinnitettiin alustaan, pyörät pultattiin kiinni ja peltilevyille tehtiin teline alustan takaosaan.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tuloksena valmistui keräysalusta kompressorin osille. Projektin läpivieminen onnistui ongelmitta hyvin suunnitellun projektinhallinnan ja aikataulun noudattamisen ansiosta.

Keräysalusta suunniteltiin ja valmistettiin yhteistyössä tuotannon työntekijöiden kanssa. Käyttäjätavallinen suunnittelu on hyvä työtapa tuotteita suunniteltaessa, käyttäjä kokee olleensa mukana kehittämässä itselleen työkalua ja näin tekee tuotteesta helppokäyttöisen. Työtasojen ja komponenttien ergonomisella asettelulla on työstä saatu fyysisesti vähemmän rasittavampaa ja alusta on miellyttävä käyttää.

Kokoonpano selkeytyi. Tuotteen valmistaminen on nopeampaa ja tuloksena ovat lyhyemmät läpimenoajat. Kannellisten laatikoiden käyttöönoton ansiosta kompressorin osat eivät altistu epäpuhtauksille.

Prototyypin testaus on aloitettu ja tulevaisuudessa nähdään pidemmän ajan vaikutukset. Prototyyppiä testataan aluksi vain tietyn kompressorityypin tarpeisiin. Paineteholla on erityyppisiä ja erikokoisia kompressoreita. Tulevaisuudessa voidaankin alustan mittoja muuttamalla saada se soveltuvaksi kaikkien kompressoreiden tuotantoon.

LÄHTEET

Haverila, M., J., Uusi-Rauva, E., Kouri I., Miettinen A. 2009. *Teollisuustalous*. Tampere: Hämeen Kirjapaino Oy.

Hietikko, E. 2007. *Tietokoneavusteinen suunnittelu*. Tampere: Juvenes Print.

Intolog Oy. 2010. yrityksen www-sivu [viitattu 20.3.2012] Saatavissa: <http://www.intolog.fi/ratkaisut/suunnitteluohjeet/tyotason+korkeus/>

Itä-Suomen yliopisto. 2012. yliopiston www-sivu [viitattu 19.3.2012] Saatavissa: <http://www.uef.fi/laake/ergonomia>

Kokkarinen, I., Kuutti, W., Nieminen, J. 2001. *Tietokonegrafiikka*. Helsinki: Talentum.

Kouri I. 2010. Lean Management [verkkodokumentti] [viitattu 12.3.2012] Saatavissa: http://tredea-fi-bin.directo.fi/@Bin/5d8bb7433e64eb0398e5a5e5c03acbf4/1332830882/application/pdf/42650/Lean_Kouri.pdf

Lehtovirta, P., Nuutinen, K. 2000. *3D-sisältötuotannon peruskirja*. Jyväskylä: Docendo.

Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A., Björkqvist, S-E. 2004. *Ihmisen fysiologia ja anatomia*. Porvoo: WS bookwell.

Opetushallitus. 1998. opetushallituksen www-sivu [viitattu 18.3.2012] Saatavissa: <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/tuottavatehdas/tehdas5.html>

Paineteho Oy. yrityksen www-sivu [viitattu 18.3.2012] Saatavissa: <http://www.paineteho.fi/>

Riihimäki, H., Leskinen, T. 2001, *Käsin tehtävät taakkojen nostot ja siirrot*. Työfysioterapia. Helsinki: Työterveyslaitos

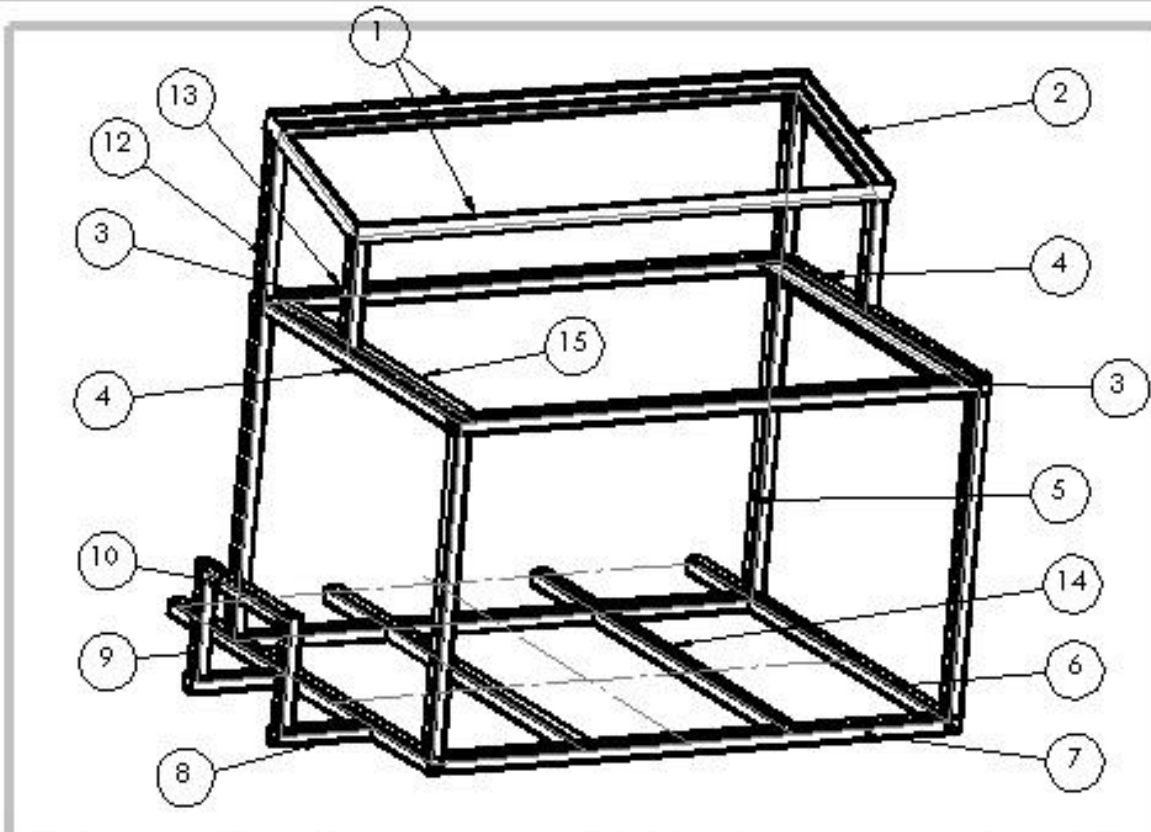
SolidWorks Corp. 2012. yrityksen www-sivu [viitattu 19.3.2012] Saatavissa: http://www.solidworks.fi/sw/6453_SVF_HTML.htm

Työterveyslaitos. 2011. työterveyslaitoksen www-sivu [viitattu 19.3.2012] Saatavissa: http://www.ttl.fi/fi/ergonomia/mita_ergonomia_on/Sivut/default.aspx

Uusi-Rauva, E., Haverila, M., Kouri, I., Miettinen, A. 2003. *Teollisuustalous*. 4. painos Tampere: Tammer Oy.

Väyrynen, S., Nevala, N., Päivinen, M. 2004. *Ergonomia ja käytettävyys suunnittelussa*. Tampere: Tammer Oy.

Liite 1.



ITEM NO.	QTY.	DESCRIPTION	LENGTH
1	2	L 35 X 35 X 5	1035
2	2	L 35 X 35 X 5	348.21
3	2	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2,60	1030
4	2	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2,60	670
5	4	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2,60	570
6	2	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2,60	915
7	1	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2,60	970
8	2	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2,60	180
9	2	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2,60	200
10	3	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2,60	270
11	1	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2,60	370
12	2	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2,60	285
13	2	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2,60	195
14	2	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2,60	885
15	2	L 35 X 35 X 5	670

SHEDDING OF CORD ON THE NEAR SIDE OF THE DESIGNER TO BE MADE IN THE AREA		NO.	DATE AND SIGNATURE OF THE DESIGNER	DO NOT SIGN THIS FORM	BY WHOM
NAME	DESIGNER	DATE	SIGNATURE	NO.	NAME
DESIGNER'S NAME	NO.	DATE	SIGNATURE	NO.	NAME
DATE	DESIGNER	DATE	SIGNATURE	NO.	NAME
Keräysalusta_A4				A4	NO.
NAME		DATE		SIGNATURE	