



LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Lahti University of Applied Sciences

HYDRAULIPURISTIN

Case: Finnjowe Oy

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotantopainotteinen mekatroniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2012
Jesse Tähtinen

Lahden ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka

TÄHTINEN, JESSE:

Hydraulipuristin
Case: Finnjowe Oy

Mekatroniikan opinnäytetyö, 30 sivua, 31 liitesivua

Kevät 2012

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella hydraulinen puristin monipuoliseen konepajakäyttöön. Työn toimeksiantajana toimi nastolalainen puuntyöstökoneisiin erikoistunut tilauskonepaja Finnjowe Oy.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään hydraulisenpuristimen suunnittelua, lähtien liikkeelle hydrauliiikan perusteista päätyen loppuratkaisuna valmiiksi suunniteltuun ja mitoitettuun C-runkoiseen hydraulipuristimeen. Työn alussa käydään läpi hydrauliiikan perusasioita sekä puristimen kannalta keskeisiä komponentteja. Hydrauliiikan perusteiden ja termien jälkeen työ tarkastelee puristinta suunnittelun näkökulmasta jakaen sen kahteen osaan: hydrauliiikkaan sekä mekaniikkaan. Edellä mainitulla jaolla työ etenee loppua kohden kertoen komponenttien mitoituksista ja valintaperiaatteista. Ennen lopullista yhteenvetoa tutkitaan lopullista suunnitelmaa turvallisuusnäkökulmista erilaisten riskianalyyysien voimin. Opinnäytetyön tuloksena valmistuivat suunnitelma hydraulisesta puristimesta sisältäen puristimen työpiirustukset, hydrauliiikan mitoitus, tarvittavat lujuuslaskelmat sekä hydrauliiikkakaavio.

Avainsanat: hydrauliiikka, konesuunnittelu

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

TÄHTINEN, JESSE: Hydraulic presser
Case: Finnjowe Oy

Bachelor's Thesis in Mechatronics 30 pages, 31 appendices

Spring 2012

ABSTRACT

The objective of this thesis was to design a hydraulic presser for the diverse needs of a workshop. The thesis was commissioned by Finnjowe Oy located in Nastola, Finland. The company is specialized in manufacturing special woodworking machinery for the woodworking industry.

The study focuses on designing a hydraulic presser, starting from the basics of hydraulics and ending with a fully designed and fully dimensioned C-framed presser. In the beginning of the thesis, some general information about hydraulics and hydraulic components considering a hydraulic presser is provided. After the basics and terms of hydraulics are explained, the thesis explores the designing of the presser itself dividing it into two parts, hydraulics and mechanics. Using this partition, it approaches the end explaining how the right hydraulic components were chosen. In addition, the safety requirements of a hydraulic presser are thoroughly discussed using a few different risk analysis methods.

As a result of the thesis, a fully designed hydraulic presser with technical drawings, hydraulic calculations, strength calculations and with a hydraulic diagram was created.

Key words: hydraulics, machine designing

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	OPINNÄYTETYÖN TAVOITTEET	2
3	FINNJOWE OY	3
4	HYDRAULIIKKA	4
4.1	Hydrauliikan perusteita	4
4.2	Hydraulisen, mekaanisen ja sähköisen tehonsiirron vertailu	5
4.2.1	Hydrauliikan etuja	5
4.2.2	Hydrauliikan haittoja	6
4.3	Komponentit	6
4.3.1	Hydraulikoneikko	7
4.3.2	Hydrauliventtiilit	9
4.3.3	Hydraulisyylinteri	9
4.3.4	Letkut ja putkistot	11
4.3.5	Hydrauliikassa käytetyt laskentakaavat	12
5	PURISTIMEN SUUNNITTELU	12
5.1	Suunnittelun lähtökohdat	13
5.2	Suunnittelun toteutus	14
5.3	Mitoitus	15
5.3.1	Hydrauliikka	15
5.3.2	Mekaniikka	16
6	SUUNNITTELUN TULOKSET	21
6.1	Hydrauliikka	21
6.2	Mekaniikka	21
7	TURVALLISUUS	23
7.1	Yleistä koneturvallisuudesta	23
7.2	Puristimen turvallisuus	24
7.3	Riskianalyysi	25
7.3.1	Syy-seuraus-kaavio	26
7.3.2	Vika- ja vaikutusanalyysi	27

8	YHTEENVETO	29
	LÄHTEET	31
	LIITTEET	32

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on suunnitella hydraulipuristin konepajakäyttöön. Puristin on tarkoitus toteuttaa Finnjowe Oy:ssä opinnäytetyön lopputuloksena valmistuneiden suunnitelmien ja dokumenttien mukaan. Se tulee valmistuttuaan toimimaan konepajassa nykyisen käsikäyttöisen hydraulipuristimen tilalla.

Puristimen on tarkoitus pystyä tuottamaan n. 400 kN:n puristusvoima, ja sen on oltava runkorakenteeltaan C-mallinen. Rungon mallivaatimus juontaa juurensa yrityksen tiloista, joihin ei ole tarkoituksenmukaista sijoittaa normaalirunkoista läpisyötettävää puristinta. Valmista puristinta käytetään apuna tuotannossa koneiden kokoonpanossa, laakereiden asennuksessa, sovitteiden puristamisessa sekä koneiden runkopalkkien oikaisuissa. Puristimen suunnittelussa on käytetty SolidWorks-ohjelmaa, jota on pystytty hyödyntämään niin 3D-mallintamisessa kuin lujuuslaskelmienkin toteuttamisessa.

Työ rajoittuu tarvittavien komponenttien mitoittamiseen sekä mekaniikan suunnitteluun. Itse puristimen toteuttaminen jää täten tämän työn ulkopuolelle. Suunnittelun sisältönä ovat niin toiminnallinen muotoilu kuin myös riittävän lujat rakenteet. Työn alussa käsitellään hydraulikkaa perusteiden tasolla, jotta lukijalle muodostuisi parempi kuva kokonaisuudesta ja lopputulokseen johtavien ratkaisujen syistä.

2 OPINNÄYTETYÖN TAVOITTEET

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella toimiva ja turvallinen hydraulipuristin, joka täyttää annettujen standardien asettamat vaatimukset. Puristin suunnitellaan pienkonepajan tarpeet ja tilat huomioiden.

Tavoitteita asettaessa tärkeimmiksi seikoiksi nousevat turvallisuus ja käytännöllisyys. Puristimen on oltava turvallinen niin sen käyttäjälle kuin ohikulkijallekin. Turvallisuustavoitteet tulevat tarkemmin annettujen standardien mukaan. Standardit määrittelevät tarkasti, millaisia ominaisuuksia kustakin puristintyypistä on löydyttävä. Käytännöllisyyden asettamat tavoitteet liittyvät tuotteen ulkonäköön ja toimintaan kuitenkin turvallisuutta heikentämättä. Kustannukset ovat yleensä projekteissa määräävä tekijä. Tässä tapauksessa komponenttien ja materiaalien valintaan vaikuttava hinta ei ole olennainen, mutta kustannustehokkuus kuuluu silti tavoitteiden piiriin, vaikka ei tärkeimmäksi nousekaan.

3 FINNJOWE OY

Finnjowe Oy suunnittelee ja valmistaa erikoiskoneita ja laitteita puuteollisuuteen. Koneet suunnitellaan asiakkaiden tarpeiden mukaisiksi. Asiakkaina on puu-, vaneri-, parketti- ja taloteollisuuden yrityksiä sekä muutamia muiden alojen edustajia. Finnjowen asiakkaisiin kuuluu niin ulkomaisia kuin kotimaisia suuria puuteollisuuden asiakkaita sekä muutamia pienyrityksiä. (Finnjowe 2011 a.)

Yritys on suunnitellut ja valmistanut koneita ja laitteita 20 vuoden ajan. Suunnitteluprosessin jälkeen yritys valmistaa koneet ja laitteet käyttövalmiiksi asiakkaalle asennuksineen. (Finnjowe 2011 a.)

Finnjowe Oy käyttää suunnittelussa 3D-ohjelmistoa ja valmistaa koneet sekä laitteet Finnjowen konepajatiloihissa Nastolassa. Yritys pystyy tarjoamaan tuotteet pääosin omien resurssiensa varassa, mutta tarvittaessa käytetään myös alihankintaa. (Finnjowe 2011 a.)

Konepajalta löytyy tavalliseen metallintyöstöön työkaluja kuten sahoja, poria, jyrsinkoneita sekä muutamia erilaisia yhdistelmäkoneita. Yrityksen tilat ovat olleet Nastolassa aina vuodesta 1993 alkaen. Konesuunnittelusta on kokemusta jo 80-luvun alusta. (Finnjowe 2011 a.)

Finnjowen laajaan asiakaskuntaan kuuluu sekä ulkomaalaisia että kotimaisia asiakkaita. Tunnettuja kotimaisia asiakkaita ovat mm. Best Furniture Oy, Incap Furniture Oy, Kaluste Kirsi Oy, Oy Karelia Parketti Ltd, Lapponia House Oy, Makron Oy, Makron Engineering Oy, Novart Oy, Upofloor Oy. Ulkomaisista asiakkaista mainittakoon Karl Scheucher GmbH & Co KG ja Madeiras Iglesias S.A (Finnjowe 2011 b.)

4 HYDRAULIIKKA

4.1 Hydrauliiikan perusteita

Hydrauliiikka kuuluu fluiditekniikkaan, jonka osa-alueita ovat hydrauliiikka, hydrostatiikka, hydrodynamiikka ja pneumatiikka. Hydrostatiikassa käytetään paineenalaista nestettä tehonsiirrossa, jossa järjestelmän tekemä työ luodaan paine-energian avulla. Hydrodynamiikassa puolestaan tutkitaan liikkuvan nesteen mekaniikkaa. Hydrodynaaminen järjestelmä käyttää täten hyväkseen nesteen liike-energiaa. Esimerkkinä hydrodynamiikasta mainittakoon vaikka nesteen pyörittämä turbiinipyörä vesivoimalaitoksessa. (Fluidfinland 2011.)

Hydrostatiikasta käytetään lyhyttä yleisnimeä hydrauliiikka. Hydrauliiikassa väliaineena voidaan käyttää mm. vettä, emulsiota, mineraaliöljyä, synteettisiä öljyjä tai kasvisöljyjä (Fluidfinland 2011). Näistä yleisimmin käytetty väliaine teollisuudessa on mineraaliöljy, kun taas esimerkiksi kasvisöljyjä käytetään ympäristön niin vaatiessa esimerkiksi elintarviketeollisuudessa tai järvissä käytettävissä imuruoppaajissa. Pitää kuitenkin muistaa, että eri väliaineet luovat erilaisia vaatimuksia laitekoonpanoja suunniteltaessa. Lähinnä korroosio, käyttölämpötila ja viskositeetti ovat määrääviä seikkoja.

Hydrauliset tehonsiirtojärjestelmät muuttavat mekaanisen energian hydrauliseksi tehoksi. Mekaaninen teho siis siirtyy hydrauliseksi paineeksi ja tilavuusvirraksi. Mekaaninen energia tuotetaan tavallisimmin sähkö- tai polttomoottorilla. Työkohteen toimilaitteet muuttavat hydraulisen energian takaisin mekaaniseksi energiaksi. Yleisimpiä hydrauliiikan käyttökohteita ovat erityyppiset nostimet, puristimet, liikkuvan kaluston maatalouskoneet ja kaivurit. (Keinänen & Kärkkäinen 1997, 97 - 98.)

4.2 Hydraulisen, mekaanisen ja sähköisen tehonsiirron vertailu

4.2.1 Hydrauliiikan etuja

Hydraulisen järjestelmän etuina on joustavuus ja komponenttien hyvä teho-painosuhte. Teho saadaan siirrettyä toimilaitteille putkia tai letkuja pitkin, jolloin niiden vienti kohteeseen voidaan toteuttaa sopivinta reittiä, esim. koneen runkoa seuraten tai jopa rungon sisällä. Suurin hyöty savutetaan kuitenkin mielestäni voimassa, joka hydraulikalla pystytään tuottamaan väliaineen kokoon puristumattomuuden vuoksi verrattuna esimerkiksi paineilmaan.

- Hydraulikkajärjestelmillä saadaan aikaan suuria voimia ja momenteja.
- Pyörivä ja lineaarinen liike voidaan helposti toteuttaa.
- Voiman, nopeuden ja momentin muuttaminen on helppoa.
- Voidaan ylikuormittaa ilman vaurioita pysähdyksiin saakka.
- Komponentit ovat standardoituja.
- Voidaan ohjata sähköisesti.
- Jarrutus voidaan tehdä hydraulisesti.
- Hydraulineeste voitelee ja jäähdyttää toimilaitteen.

(Keinänen & Kärkkäinen 1997, 100).

4.2.2 Hydraulikan haittoja

Hydrauliikalla ei ole ainoastaan etuja vaan sen käyttöön liittyy myös muutamia rajoituksia sekä vaatimuksia esimerkiksi tilojen ja ylläpidon suhteen.

Komponenttien paino kasvaa myös mittavasti vaatimusten lisääntyessä. Yleisin ongelma tai haitta hydraulikkaa käytettäessä muodostuu pienistä vuotoista, jotka aiheuttavat vaaratilanteita lattialle vuotavan liukkaan öljyn seurauksena.

- Kaikki hydrauliset järjestelmät vuotavat ainakin hiukan.
- Pitkä kestoikä ja varmuus edellyttävät puhdasta järjestelmää.
- Tehohäviöt ovat suuria pitkillä siirtomatkoilla.
- Hyötysuhde ei ole kovin hyvä.
- Hydraulinesteet ovat palavia ja ympäristöä likaavia nesteitä.
- Komponenteissa on tarkat toleranssivaatimukset.

(Keinänen & Kärkkäinen 1997, 100).

4.3 Komponentit

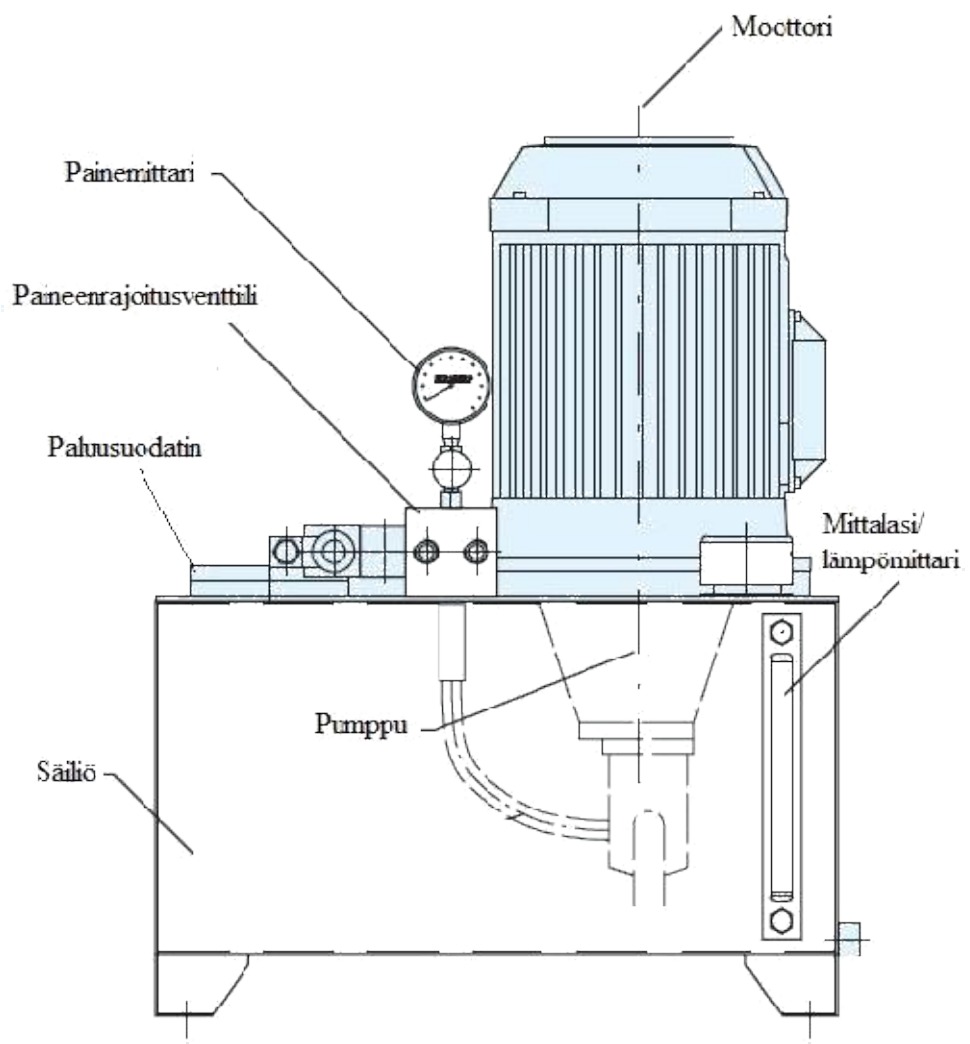
Hydraulikomponentteja on todella paljon erityyppisistä pumpuista erinäisiin venttiilityyppeihin, toimilaitteisiin ja suodattimiin. Tästä syystä keskityn tässä kohdassa esittelemään ainoastaan puristimen kannalta merkittäviä komponentteja. Komponenttien valintaa käsitellään enemmän luvussa 5.3.1.

4.3.1 Hydraulikoneikko

Hydraulikoneikko on komponenttien yhdistelmä, jonka on tarkoitus tuottaa järjestelmän vaatima paine ja tilavuusvirta toimilaitteiden käyttämiseksi. Voima tuotetaan paineen avulla ja liikenopeus tilavuusvirtaa hallitsemalla.

Koneikko sisältää tavallisesti seuraavat laitteet:

hydraulinesesäiliö, hydraulipumppu, käyttömootori, paineenrajoitusventtiili, painemittari, painemittarin suojana sulkuventtiili tai virtausvastusventtiili, täyttösuodatin, huohotin suodattimiseen ja paluusuodatin. Katso kuvio 1.



KUVIO 1. Hydraulikoneikon rakenne (Hydoring 2012)

Hydraulijärjestelmässä säiliön tehtävänä on toimia öljyn varastotilana sekä jäähdyttää kierrossa kulkevaa öljyä. Säiliö toimii myös puhdistajana, sillä mahdolliset suodatuksen läpi päässeet epäpuhtaudet kerääntyvät öljyn pinnalle tai vajoavat säiliön pohjalle. Oikein suunnitelluilla paluu- ja imuputkituksilla on siis mittava vaikutus puhtaan öljyn kannalta. Säiliön tilavuus on yleensä 2 - 3 kertaa pumpun tilavuusvirta minuutissa.

Hydraulipumput toimivat yleensä syrjäytysperiaatteella ja niiden tarkoituksena on tuottaa tilavuusvirtaa. Pumpussa sen akselille pyörimisliikkeen muodossa tuotu mekaaninen energia muutetaan hydrauliseksi energiaksi. Järjestelmän paine syntyy vasta silloin kun pumpun tuottamaa tilavuusvirran kulkua vastustetaan esim. sylinterin työntämän kuorman toimesta. Pääosa kaikista valmistetuista hydraulipumpuista voidaan lukea hammaspyörä-, ruuvi-, siipi- tai mäntäpumpuksi. Nämä neljä tyyppiä voidaan jakaa edelleen rakenteensa ja muiden ominaisuuksiensa perusteella useisiin eri alaryhmiin. (Keinänen & Kärkkäinen 1997, 120.)

Suodattimet puolestaan pitävät järjestelmässä kiertävän öljyn puhtana poistamalla siitä epäpuhtaudet, jotta järjestelmä olisi pitkäikäisempi sekä huoltovapaampi. Suodatin poistaa öljystä ainoastaan kiinteät likapartikkelit, eikä se pysty poistamaan öljystä nestemäisiä tai kaasumaisia epäpuhtauksia. Kaikista hydraulijärjestelmien toimintahäiriöistä 70 - 80 % arvioidaan johtuvan epäpuhtauksista, joista noin 50 - 55 % toimintahäiriöistä johtuu kiinteistä hiukkasista ja loput kaasumaisista tai nestemäisistä epäpuhtauksista (Keinänen & Kärkkäinen 1997, 147).

4.3.2 Hydrauliventtiilit

Hydrauliventtiilit ohjaavat ja säättävät järjestelmän toimintoja. Niillä voidaan ohjata esim. sylintereiden edestakaisia liikkeitä tai moottoreiden pyörimissuuntia. Niillä suojataan myös koko järjestelmä ylipaineen aiheuttamilta vaurioilta. Hydrauliventtiileitä voidaan ohjata sähköisesti, paineilmalla tai käsin. Venttiilit jaetaan toimintojensa perusteella seuraaviin ryhmiin:

Paineventtiilit

Paineventtiileillä säädetään ja ohjataan järjestelmän painetta ja toimintaa.

Virtaventtiilit

Virtaventtiileillä säädetään järjestelmän tilavuusvirtaa.

Suuntaventtiilit

Suuntaventtiileillä ohjataan tilavuusvirtaa järjestelmän eri osiin.

Erikoisventtiilit

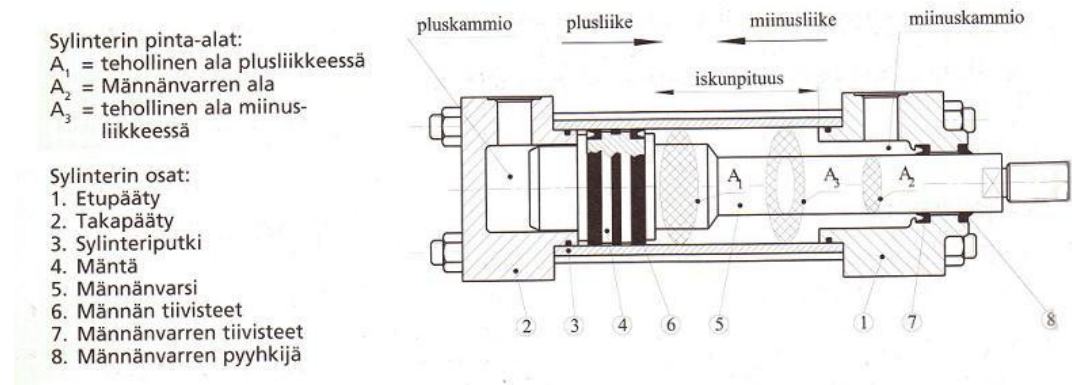
Erikoisventtiilejä ovat servoventtiilit, proportionaaliventtiilit ja patruunaventtiilit. Näillä kaikilla voidaan toteuttaa samat toiminnot kuin paine-, virta-, ja suuntaventtiileilläkin, tosin paremmilla säätötarkkuuksilla ja ominaisuuksilla. (Keinänen & Kärkkäinen 1997, 176.)

4.3.3 Hydraulisyylinteri

Puristimen tapauksessa toimilaitteena toimii hydraulisyylinteri, joka muuttaa hydraulisen energian mekaaniseksi energiaksi. Sylinterit jaetaan kolmeen ryhmään toimintansa mukaan seuraavasti; yksitoimiset sylinterit, kaksitoimiset sylinterit ja erikoissyylinterit.

Yksitoimiset sylinterit toimivat hydraulisesti vain yhteen suuntaan. Paluuliike tapahtuu joko ulkoisen kuorman tai jousen avulla. Kaksitoimiset sylinterit toimivat molempiin suuntiin hydraulisesti, mikä mahdollistaa kaksisuuntaisen työliikkeen. Erikoissyylintereiksi luetaan esimerkiksi teleskooppisyylinterit ja uppomäntäsyylinterit sekä muut monimutkaisempia osia sisältävät sylinterit.

Hydraulisyylinteri (kuvio 2) rakentuu sylinteriputkesta, etu- ja takapäädystä, männästä sekä männänvarresta. Männässä on tiivisteet niin kuin männänvarren ja etupäädyn välissäkin. Tiivisteiden tarkoitus on estää vuodot suuremmalta paineen puolelta pienemmän paineen puolelle.



KUVIO 2. Kaksitoimisen hydraulisyylinterin halkileikkaus osineen (Keinänen & Kärkkäinen 1997, 208)

Hydraulisyylinteriä tilattaessa pystytään vaikuttamaan sylinterin halkaisijan lisäksi sylinterin iskunpituuteen, kiinnitys tapaan sekä sylinterin männänvarren halkaisijaan ja sen kärjen tyyppiin, esimerkiksi ulko- vai sisäkierteellinen. Sylinterin ja männänvarren halkaisijat on määritelty SFS 3958 -standardissa niin kuin sylinterien nimellispaineetkin SFS 3957 -standardissa.

4.3.4 Letkut ja putkistot

Pumpussa syntyvä hydraulinen energia siirretään virtauskanavien ja ohjaavien komponenttien avulla toimilaitteelle, jossa se muuttuu mekaaniseksi energiaksi. Virtauskanavina hydraulikassa käytetään pääsääntöisesti letkuja ja putkia.

Letkuja hydraulikassa käytetään silloin kun kyseessä on liikkuva toimilaitte kuten sylinteri. Letkut myös vaimentavat ja katkaisevat järjestelmässä esiintyviä värinöitä ja värähtelyjä. Letkuilla on myös positiivinen piirre paineiskujen vaimentajana joustavan rakenteensa ansiosta. Samalla letkut kuitenkin lisäävät järjestelmän joustoja, jolloin komponenttejen tarkkuus kärsii. Tämän vuoksi letkut eivät ole oikea valinta suurilla nopeuksilla tai tarkkuuksia vaativiin kohteisiin.

Hydrauliletkut jaetaan kolmeen ryhmään käyttöpaineensa mukaan, jotka ovat matalapaineletkut, keskipaineletkut ja korkeapaineletkut. Lisäksi letkuja voidaan luokitella niiden vahvikkeiden rakenteen mukaan ristipunos- ja spiraaliletkuihin. Letkut rakentuvat kolmesta päällekkäisestä kerroksesta: ulkokuoresta, joka on yleensä synteettistä kumia tai kestäviä muovia, vahvikeosasta, jossa käytetään materiaaleina puuvillaa, tekokuituja ja terästä, sekä sisäosasta, jonka materiaalit ovat synteettisiä kumeja tai muoveja. (Keinänen & Kärkkäinen 1997, 163 - 164.)

Hydrauliputket ovat yleensä saumattomia tai hitsattuja hiiliteräksisiä putkia.

Muita materiaaleja ovat ruostumaton ja ruostumaton haponkestävä teräs. Lisäksi matalapainehydraulikassa materiaaleina voidaan käyttää myös kuparia, alumiinia tai muovia. Putkimateriaaleilta vaadituiksi ominaisuuksiksi voidaan siis listata seuraavia ominaisuuksia: taipuisuus, paineenkestävyys, muokattavuus, kimmoisuus, hitsattavuus ja tyssättävyys. (Keinänen & Kärkkäinen 1997, 170.)

4.3.5 Hydraulikassa käytetyt laskentakaavat

Hydraulikka sisältää useita laskentakaavoja, joita muuntelemalla saadaan helposti mitoitettua kokonainen hydraulikka järjestelmä. Yleisimmät kaavat ovat esitetty taulukossa 1 ja opinnäytetyssä käsitellyn puristimen laskut ovat esitetty liitteessä 2.

TAULUKKO 1. Hydraulikan kaavoja (Valtanen 2007, 840)

Kaavat	Suureet
Sylinterit $A = \frac{\pi D^2}{4}$ $F = 10pA$ $V_s = Ai$ $t = \frac{60V_s}{1000Q}$	$A =$ männän pinta-ala, cm^2 $D =$ männän ϕ , cm $\pi = 3,14$ $F =$ voima, N $1 kp = 10 N$ $p =$ paine, bar $t =$ isku aika, s $V_s =$ sylinterin tilavuus, cm^3 $Q =$ öljynvirtaus, l/min $i =$ sylinterin iskupituus, cm
Pumput $Q = \frac{V_r n}{1000}$ $P = \frac{pQ}{600}$	$Q =$ pumpun tuotto, l/min $V_r =$ pumpun kierrostitavuus, cm^3 $n =$ pumpun pyörimisnopeus, l/min (rpm) $P =$ tehontarve, kW $p =$ paine, bar
Moottorit $M = \frac{V_r}{20\pi} p$ $P = \frac{2\pi Mn}{60\ 000} = \frac{pQ}{600}$ $n = \frac{1000Q}{V_r}$	$M =$ momentti, Nm $1 kpm = 10 Nm$ $V_r =$ pumpun kierrostitavuus, cm^3 $p =$ paine, bar $P =$ teho, kW $n =$ pyörimisnopeus l/min (rpm) $Q =$ öljynvirtaus l/min $\pi = 3,14$

5.1 Suunnittelun lähtökohdat

Suunnittelun lähtökohtana oli suunnitella noin 40 kN:n puristusvoimaan yltävä hydraulipuristin konepajakäyttöön. Puristimen iskunpituus pitäisi myös riittää kiilauran työntöaventimien käyttöön. Aventimien pituus on 350 mm, joten iskunpituudeksi päätettiin 400 mm. Lisäksi sain ohjeeksi käyttää varmuuskertoimena 1,7:ää lujuuslaskelmiani varten. Nämä olivat lähtötietoja, jotka sain ensimmäisestä palaverista.

Haastavaa suunnittelusta teki se, että puristimen tuli rungoltaan olla C-mallinen perinteisen H-mallisen rungon sijaan. Tämän mallinen avoin runko asettaa aivan oman luokkansa haasteet rakenteen kestävyydelle verrattuna ns. suljettuun runkoon. Suunnitteluun vaikuttivat suuresti myös tila, johon laite tulisi sijoitettavaksi, sekä laitteet, joilla puristinta siirretään yrityksen tiloissa. Paino ja koko tulisi siis pitää maltillisissa rajoissa. Rajoiksi asetettiin painon suhteen 1500 kg ja korkeuden suhteen 2,5 m.

Puristimen tulisi tietenkin olla myös turvallinen sekä puristimille asetettujen säännösten mukainen. Hydrauliiikan perustana tulisivat olemaan vakiokomponentit, jotta puristimen kokonaishinta ei nousisi liian korkeaksi.

5.2 Suunnittelun toteutus

Lähdin suunnittelussa liikkeelle tutkimalla jo markkinoilla olevia C-runkoisia hydraulipuristimia. Heti alkuun sain kuitenkin todeta, ettei vastaavia tuotteita löydy kuin tilaustyönä teetettynä. Lähtötilanne oli siis hieman hankala esimerkki tuotteen puuttuessa.

Onneksi Finnjowe Oy:stä löytyi jonkinlaista apua liikkeellelähdössä. Yrityksessä on valmistettu muutamia puristimia lähinnä vaneriteollisuudelle, joten täysin tietämättömiä ei sentään oltu. Lähdinkin miettimään, mikä olisi kestävin rakenne puristimen rungon toteuttamiseen.

Jo alkumetreillä minulle oli selvää, että suunnittelu sekä luonnostelu tulisivat tapahtumaan pääpiirteittäin alusta loppuun Solidworks 3D -ohjelmalla. Kyseisellä ohjelmalla aioin myös toteuttaa lujuuslaskelmat yksittäisille kappaleille. Pidettäessä tutkittavat kappaleet yksinkertaisina ohjelman tarkkuuskin pysyy riittävänä ja tuloksia voidaan pitää todenmukaisina sen sijaan, että laskelmat ajettaisiin kokonaisille kokoonpanoille.

Hydrauliikkamitoitukset tulisin laskemaan itse, vaikkakin hydrauliikkakomponenttitoimittajien sivuilta löytyy erilaisia laskureita ja esimerkkejä. Lopullinen hydraulikoneikko tultaisiin kuitenkin tilaamaan kokonaisuutena toimittajalta laskettujen voimien ja nopeuksien perusteella. Hydrauliikan mitoitus olisi tietysti paras ja nopein teettää alan ammattilaisilla, mutta kun kyseessä on opinnäytetyö, teen sen itse.

5.3 Mitoitus

5.3.1 Hydrauliiikka

Lähdin mitoittamaan järjestelmää saamillani lähtöarvoilla, jotka olivat n. 40 tonnin = 400 kN:n puristusvoima sekä 400 mm:n iskupituus. Molemmat lähtötiedot liittyivät lähinnä sylinterin fyysisiin ominaisuuksiin sekä järjestelmän paineeseen. Oli siis luonnollisinta lähteä mitoittamaan sylinteriä sekä päättää samalla järjestelmän käyttämä painetaso.

Painetaso määräytyi lähinnä perinteisten sylinterivalmistajien sylintereiden maksimipaineen sekä yleisimpien hydraulipumppujen saavuttaman paineen mukaan. Sylintereille ilmoitettu maksimipaine oli luokkaa 250 bar, kun taas esimerkiksi hammaspyöräpumpun tuottama paine liikkuu 140 - 210 barin tuntumassa. Sylinterien nimellispaineet on myös määritelty SFS 3957 -standardissa. Siispä käytettäväksi maksimipaineeksi määräytyi 210 baria, joka olisi saavutettavissa hammaspyöräpumpulla varustetulla koneikolla.

Nyt saatoin laskea vaaditun sylinterin halkaisijan. Saatua sylinterin halkaisijan valitsin SFS 3958 -standardien mukaisten sylinterihalkaisijoiden mukaisen seuraavaksi pienemmän sylinterin. Normaalisti valittaisiin saatua tulosta seuraavaksi lähinnä oleva suurempi koko, mutta nyt valittiin pienempi, sillä tavoitevoimaa päätettiin laskea rakenteiden keventämiseksi sekä sylinterin painon pienentämiseksi. Päätös syntyi yhteistuumin Finnjowe Oy:n kanssa, sillä puristimen kokonaispaino ei saisi kasvaa liian suureksi, ja yli 20 tonnin voimakkin olisi täysin riittävä puristimen käyttötarkoitukset huomioonottaen.

Nyt kun sylinterin todellinen koko oli tiedossa, laskettiin sylinteriltä saatava todellinen voima sekä sylinterinvarren halkaisijan riittävyys nurjahduksen välttämiseksi. Totesin sylinterinvarren halkaisijan olevan täysin riittävä, joten sylinteri oli nyt valittu. Sylinteriksi valittiin kaksitoiminen sylinteri, etulaippa kiinnityksellä ja kustomoidulla männänvarren kärjellä. Männänvarren kärjen kuva on esitetty liitteessä 4.

Seuraavaksi oli laskettava koneikon mitoittamisessa tarvittava tilavuusvirta, jonka määrittää sylinterin liikenopeus. Tilavuusvirtaa ja nopeutta miettiessäni minun oli otettava huomioon puristimien turvallisuutta käsittelevä standardi SFS-EN 692. Standardi määrittelee puristimille erilaisia turvallisuuteen vaikuttavia kriteerejä muun muassa liikenopeuden perusteella. Mikäli työkiertoa ohjataan pakkokäyttöisellä hallintalaitteella ja puristusliikkeen suurin nopeus on 10 mm/s, ei standardin taulukon 2 mukaan puristimessa tarvita erikoisempia suojalaitteita. Liikenopudeksi päätettiin standardin perusteella asettaa 10 mm/s, joka vastaa 0,01 m/s vauhtia.

Kun sylinterin työliikkeen nopeus oli tiedossa, pystyttiin selvittämään vaadittava tilavuusvirran maksimiarvo. Standardin perusteella valittiin myös suuntaventtiili sylinterin ohjaamiseen. Venttiiliksi valittiin käsivivulla ohjattava jousipalautteinen 4/3-suuntaventtiili, jossa on suljettu keskiasento. Tällöin työliikkeen ohjaaminen on pakkokäyttöistä kuten SFS-EN 692 määrittää.

Laskettuani tilavuusvirran pystyin mitoittamaan koneikon pumppuineen ja käyttömootoreineen. Lopuksi mitoitin sopivan letkukoon laitteistolle. Letkuja käytettiin putkien sijasta pehmentämään paineiskuja ja helpottamaan lopullista asennustyötä. Suoritetut laskelmat löytyvät liitteestä 2.

5.3.2 Mekaniikka

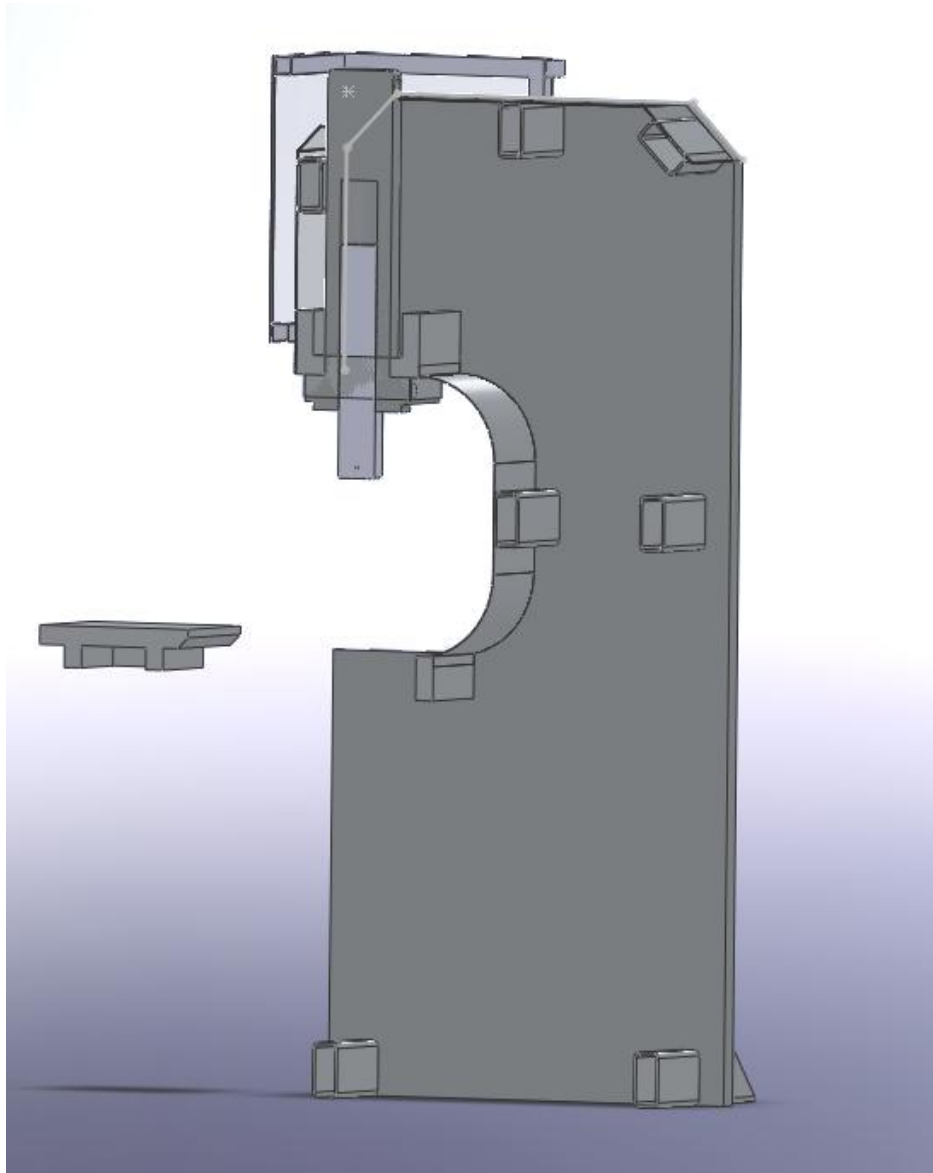
Puristimen mekaniikan suunnittelun lähtökohtana oli tietysti hydrauliiikan tuottaman voiman kestäminen. Muita rakenteeseen liittyviä seikkoja olivat työskentelykorkeus, kokonaispaino sekä kokonaiskorkeus.

Vaikka minulle oli heti alustapitään selvää, että puristimen runko tulisi rakentumaan kahdesta poskilevystä, leikittelin silti erilaisilla ristikkopalkkirakenteilla. Leikittely ei kuitenkaan tuottanut kuin mitä monimutkaisimpia solidworks-malleja, jotka osoittautuivat liian raskaiksi ratkaistaviksi ohjelman lujuuslaskentaosiolle. Päätin siis lähteä työstämään

Finnjowen ohjeiden mukaisesti runkomallia, joka rakentuu kahdesta C-mallisesta poskilevystä.

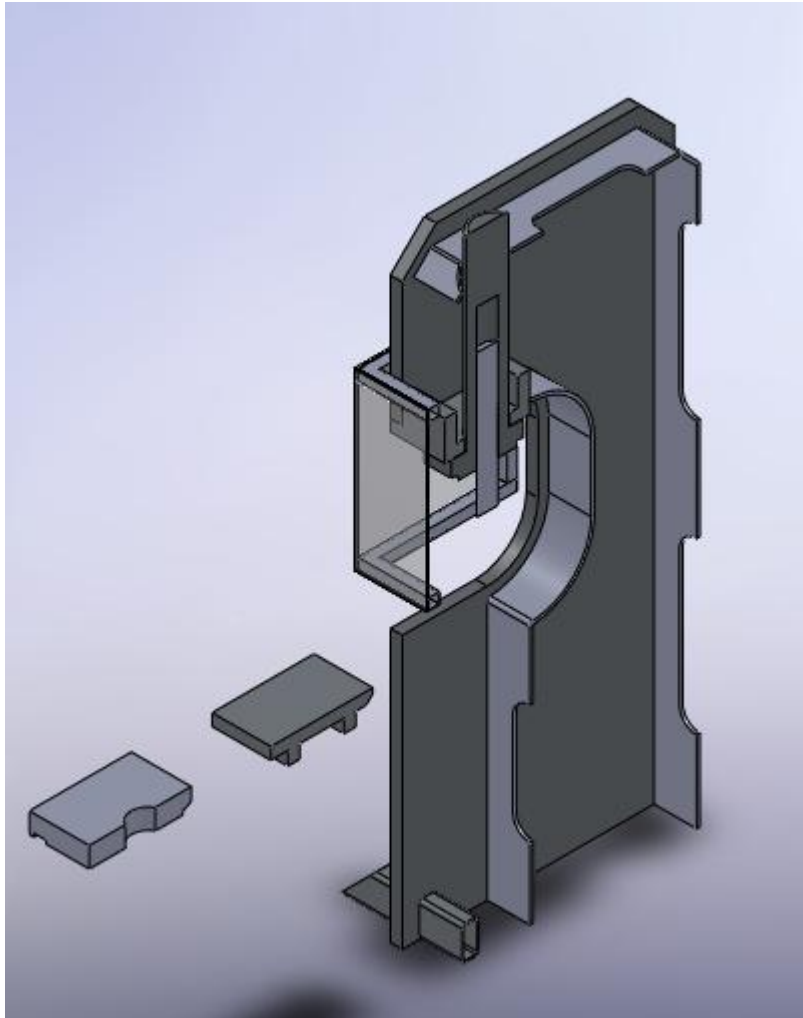
Poskilevyn mitoitukseen käytin SolidWorks-ohjelman COSMOSXpress Analysis Wizardia, jolla pystytään analysoimaan mallien muodonmuutoksia sekä jännityksiä. Tarkkojen laskelmien tekeminen ohjelmalla vaatii mahdollisimman yksinkertaisten mallien käyttöä ja mahdollisimman todenmukaisen materiaalin löytämistä ja luomista ohjelman materiaalivalikkoon. Edellämainituista syistä päädyin suorittamaan laskelmia yksittäisille osille sekä luomaan materiaalikirjastoon BE-groupin rakenneterästä S235JR+AR vastaavan materiaalin, josta lopulliset puristimen poskilevytkin valmistettaisiin.

Laskelmat päätin suorittaa keskeisille osille, joita olivat poskilevyt ja sylinterin runkoon kiinnittävä laippa. Poskilevyjen osalta analyysi toteutettiin puolittamalla valitusta sylinteristä saatava maksimivoima ja kohdistamalla se ainoastaan toiseen kahdesta poskilevystä. Sylinterinkiinnityslaippa analysoitiin sen sijaan sylinteristä saatavalla maksimivoimalla, koska vasta kiinnityslaippa jakaa kuormituksen tasaisesti molemmille poskilevyille. Materiaalien paksuudet optimoitiin siten, että vähintäänkin vaadittu 1,7 turvakerron saavutettiin sekä materiaalipaksuus löytyy materiaalitoimittajan valikoimasta. Näillä valintaperusteilla poskilevyjen turvakertoimeksi saatiin lopulta 2,03 ja kiinnityslaipan turvakertoimeksi 1,8. AnalysisWizardin tulokset on esitelty liitteessä 3.



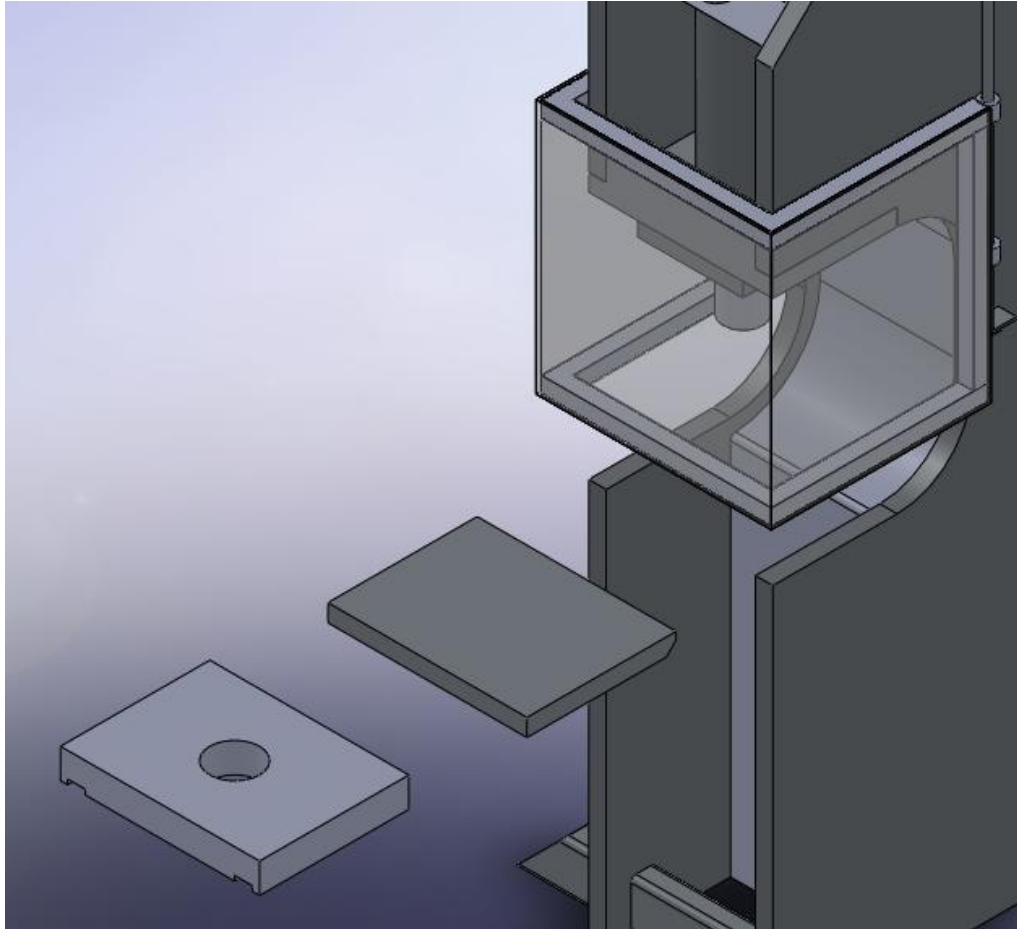
KUVIO 3. Runko sidottuna RHS-putkilla

Seuraavaksi punnitsin poskilevyjen yhteenliittämistapoja. Aluksi suunnittelin levyjen väliin hitsattavia RHS-putkia (kuvio 3), mutta esitellessäni luonnostani Finnjowessa, minulle ehdotettiin, että levyt sidottaisiin toisiinsa yhtenäisellä teräslevymateriaalilla. Levyn käyttö putkien sijaan tekisi rakenteesta yhtenäisemmän, jolloin pystytään myös minimoimaan lommahtamisen mahdollisuus. Lommahtamisella tarkoitetaan poskilevyjen pullistumista joko toisiaan kohti tai toisistaan ulospäin.



KUVIO 4. Runko sidottuna teräslevyillä

Piirsin siis uuden mallin puristimesta, jossa käytin RHS-putkien sijaan teräslevyä (kuvio 4). Yhteispäätöksen johdosta päätin käyttää runkorakenteessa jälkimmäistä vaihtoehtoa. Rungon muodon, rakenteen ja mittojen löydyttyä päätin suunnitella puristimelle muutaman erilaisen pöytälevyvaihtoehdon erinäisiin tarkoituksiin sekä alasvedettävän veräjän työssä mahdollisesti lentelevien pienkappaleiden pysäyttämiseksi (kuvio 5).



KUVIO 5. Akryylimuovista ja putkirungosta rakentuva veräjä sekä
muutama pöytävaihtoehto

6 SUUNNITTELUN TULOKSET

6.1 Hydrauliiikka

Puristimen hydrauliiikka koostuu työsylineristä, painemittarista, letkuista, käsiohjattavasta venttiilistä sekä kokonaisuutena tilattavasta koneikosta. Tarvittavat laskelmat, hydrauliiikkakaaviot sekä voima/painekuvaajat ovat esitettyinä liitteissä 1, 2 ja 5.

Puristimen voimaa mitataan normaalilla painemittarilla, joka on sijoitettu sylinterin plusliikkeen painelinjaan. Voima selviää, kun verrataan saavutettua painetta voima/painekaavioon, joka sijaitsee painemittarin vieressä. Erillistä painemittaria, joka olisi skaalattu sylinterille sopivaksi, ei lähdetty etsimään tai teettämään kustannussyistä.

Hydrauliikkakoneikko sijoitetaan puristimen viereen lattialle kaukaloon mahdollisten vuotojen rajaamiseksi. Venttiili käsivipuineen tulee sijoittumaan rungon oikealle puolelle. Venttiilin paikka päätetään lopullisesti vasta puristimen valmistamisen yhteydessä, sillä myös puristimen loppusijoituspaikka vaikuttaa venttiilin sijaintiin.

6.2 Mekaniikka

Puristimen lopullinen runko koostuu kahdesta 35 mm:n paksuisesta poskilevystä ja levyjen väliin tulevista 10 mm:n sidontalevyistä, jotka leikataan suoraan muotoonsa terästoimittajan toimesta. Lisäksi runkoon kuuluu sylinterin kiinnityslaippa ja jalat. Kaikki edellä mainitut osat tulevat kiinnittymään toisiinsa hitsaussaumoilla. Tämän lisäksi runkoon kiinnittyy pultti- ja ruuviliitoksilla suojaveräjä liukukiskoineen, hydrauliiikan ohjausventtiili sekä tietysti työsylinteri.

Puristimeen kuuluvat kolme eri työtasoa ovat kiinnitykseltään niin sanotusti ”kelluvia”, sillä ne eivät kiinnity runkoon, vaan ainoastaan lepäävät poskilevyjen päällä. Tasojen kiinnityspinnan uramainen muotoilu sitoo samalla poskilevyjä toisiinsa estäen poskilevyjen leviämisen kuormaa lisättäessä.

Suojaveräjä toimii vastapainoperiaatteella, jossa väkipyörän kautta vaijerissa riippuva vastapaino kiinnittyy veräjään ja pitää veräjän näin siinä pisteessä, johon se on siirretty. Veräjä itsessään rakentuu huonekaluputkesta, läpinäkyvästä akryylimuovista sekä liukuholkeista, joilla veräjä liukuu vertikaalisesti sille tarkoitetuilla pyöröjohteilla.

7 TURVALLISUUS

7.1 Yleistä koneturvallisuudesta

Koneiden turvallisuus perustuu vaarojen tunnistamiseen sekä vaaratekijöistä aiheutuvien riskien arviointiin ja hallintaan. Koneen valmistajan on varmistettava, että koneen suunnittelun yhteydessä tehdään riskien arviointi, jotta koneeseen sovellettavat terveys- ja turvallisuusvaatmukset voidaan määrittää (Siirilä 2008, 63).

Koneen suunnittelun alkuvaiheesta lähtien on pidettävä mielessä turvallisuus ja koneen käyttäjien tulevat työtehtävät sekä työolosuhteet. Koneen käyttöön liittyviä tunnistettavia tehtäviä ovat muun muassa asetusten teko, varsinainen käyttö, puhdistus, vianetsintä sekä huolto. Suunnittelussa tärkeää painoarvoa koneen turvallisuudelle antavat myös koneen seuraavat ominaisuudet: koneen koko ja muut perusominaisuudet, osakokonaisuuden rajat ja yhteydet muuhun järjestelmään, voimat ja nopeudet, energialähteet sekä käsiteltävät tuotteet.

Koneet on siis suunniteltava ja toteutettava siten, ettei käyttäjän tai lähellä oleskelevan turvallisuus missään vaiheessa vaarannu. Koneturvallisuudessa käytetään perusperiaatteenä konedirektiiviä, joka koskee lähes kaikkia koneita. Tähän tukeutuen suoritetaan myös koneiden tyyppitarkastuksia erinäisten laitosten toimesta.

Konedirektiivissä esitetään koneiden turvallisuuden perusvaatimukset, joita täsmennetään eurooppalaisilla standardeilla. Standardit ovat yleensä kone- tai laitekohtaisia. Standardeja käytettäessä on kuitenkin muistettava niiden voimassaoloaika, joka on yleensä viisi vuotta. Sen jälkeen arvioidaan kelpaako standardi edelleen sellaisenaan vai onko sitä syytä ryhtyä muuttamaan. Suunnittelijan on siis päivitettävä standardejaan tietyin väliajoin tai vähintäänkin seurattava jatkuvasti mahdollisia standardien muutoksia. Standardeja arvioivat ja päivittävät erinäiset standardoimisjärjestöt ja -liitot. (Siirilä 2008, 19 - 25.)

Lopuksi voisin todeta, että puhuttaessa koneturvallisuudesta alkavat varmasti niin kokeneen kuin kokemattomankin suunnittelijan stressaantumaan. Nykyinen koneturvallisuus rakentuu mittavasta määrästä direktiivejä sekä niitä tarkentavista standardeista. Standardeille ominaista tuntuu olevan, että tutkiessaan esimerkiksi puristimia koskevaa standardia, huomaa yhtäkkiä tutkivansa täysin alkuperäisestä standardikirjasta poikkeavaa standardia. Niin esimerkiksi on toteutettu standardien välinen ristiviittailu minun mielestäni.

7.2 Puristimen turvallisuus

Puristumisen turvallisuutta punnittaessa mieleen tulee lähinnä puristumisvaara, jonka puristimen liikkuva työliike aiheuttaa. Toinen keskeinen turvallisuutta heikentävä tekijä on työskentelytapa, johon astuu vaikuttavat työntekijän päätöksentekokyky sekä koulutus.

Puristimen puristumisvaaraa on pienennetty puristimille asetettujen standardien mukaisella suunnittelulla, jossa liikenopeus on tässä tapauksessa määräävä tekijä. Puristimen liikenopeudelle asetettava maksimiarvo on standardin mukaan 10 mm/s. Tuota arvoa on kuitenkin korjattu työsuojeluhallituksen kiertokirjeellä 7/87 ”hitaan puristusliikkeen arviointi hydraulisissa puristimissa”, jonka mukaan puristusliikettä voidaan pitää hitaana, kun kun se on alle 6 mm/s. Liitteenä olevissa laskelmissa on lähdetty liikkeelle 10 mm/s arvosta, mutta laskettu myös 6 mm/s liikkuvan työliikkeen asettamat vaatimukset. Laskelmat on esitetty liitteessä 2. Työliikkeen ollessa hidas (”vaaraton”) ehtii käyttäjä havahtua puristusvaaraan ja vetää vaarassa olevan raajansa vapaaksi ennen puristumista. Puristin on siis hitaan liikkeensä ja pakkokäyttöisen hallintaelimensä ansiosta turvallinen puristusvaaraa silmälläpitäen. Vaarasta tullaan kuitenkin ilmoittamaan puristumisvaaran varoitusmerkein. (Siirilä 2008, 71 - 72.)

Suojaveräjä on puolestaan suunniteltu lähinnä sinkoilevien kappaleiden varalle eikä niinkään puristumisvaaran estämiseksi. Puristimeen tullaan myös laittamaan suojalasimerkki, joka velvoittaa käyttäjää pitämään suojalaseja laitteella työskennellessään.

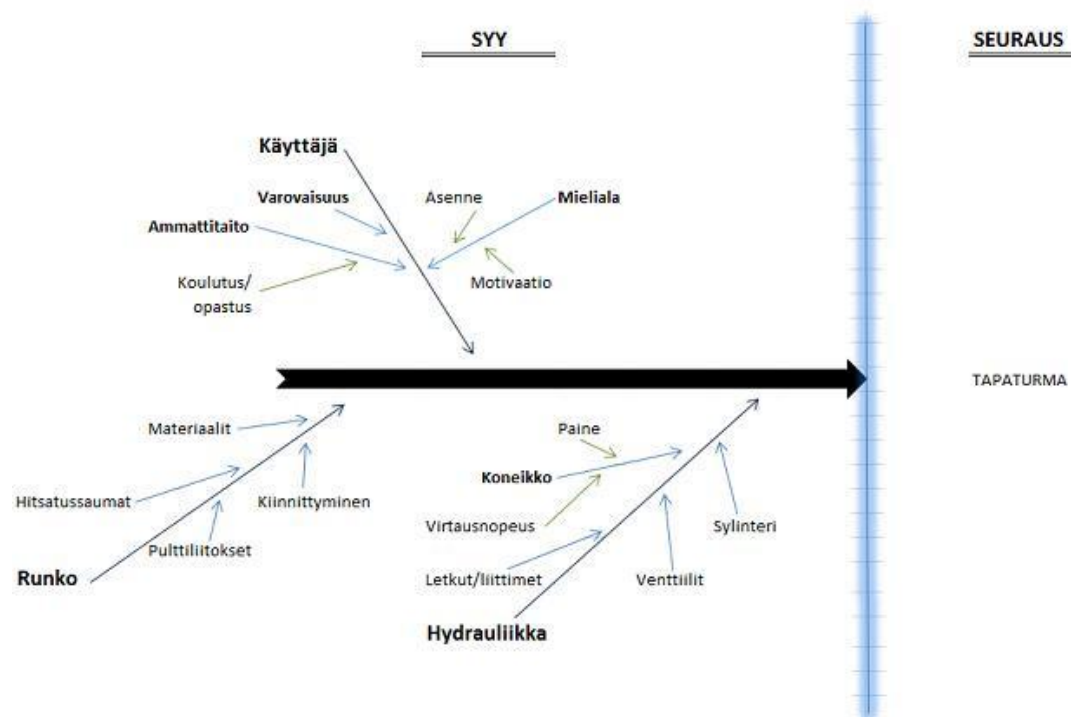
Mitä käyttäjän asenteisiin ja työtapoihin tulee, tullaan käyttäjä ohjeistamaan hyvin koneeseen kiinnitettävien käyttöohjein sekä oikeanlaisella perehdytyksellä. Puristimella ei myöskään tule työskennellä kuin yksi henkilön kerrallaan, sillä muutoin puristumisvaara kasvaa esimerkiksi toisen käyttäessä hallintaelintä ja toisen pitäessä työstettävää kappaletta.

7.3 Riskianalyysi

Selvittääkseni laitteen mahdollisia riskejä turvauduin riskianalyysin tekoon. Kaikki riskit eivät löydy yhdellä menetelmällä, joten kattavamman analyysin tuottamiseksi kannattaa käyttää useampaa menetelmää. Itse päädyin tekemään laitteesta onnettomuuksien mallintamismenetelmiin kuuluvat syy-seuraus-kaavion sekä sitä täydentävän vika- ja vaikutusanalyysin. (VTT 2012.)

7.3.1 Syy-seuraus-kaavio

Syy-seuraus-kaaviossa on esitetty erinäiset tapaturman aiheuttajat komponentteina, joihin on kohdistettu komponentteihin vaikuttavia tekijöitä. Näin voidaan koota erilaisia tekijöitä, jotka vaikuttavat kyseisen komponentin riskeihin. Kaavio ei niinkään kerro, mitä riskejä komponenttiin liittyy, vaan enemmänkin toimii karttana, jolla tekijöiden hahmottaminen helpottuu. Menetelmän tukena tehdään vika- vaikutusanalyysi, jossa mietitään vikoja ja niiden vaikutuksia, sekä ennaltaehkäiseviä seikkoja.



KUVIO 6. Syy-seuraus-kaavio puristimesta

7.3.2 Vika- ja vaikutusanalyysi

Vika- ja vaikutusanalyysissä pohditaan erilaisia vikatilanteita ja niiden aiheuttamia vaikutuksia, joita pyritään hallitsemaan ennaltaehkäisevin toimenpitein. Tilanteet on jaettu mekaanisiin ja ergonomisiin riskeihin, joista viimeiseksi mainittu keskittyy laitteen ulkopuolisiin tekijöihin. Menetelmä ei listaa kaikkia ongelmaan johtavia tekijöitä vaan enemmänkin tapahtumia, joista aiheutuu mahdollisia riskin sisältäviä vaikutuksia. Mahdollista vikaa voidaan sittemmin lähteä jäljittämään syy-seuraus-kaaviota hyödyntäen.

TAULUKKO 2. Puristimen mekaaniset ja ergonomiset riskit taulukoituna

Mekaaniset riskit		
Vaaran alkuperä/tapahtuma	Seuraus	Ennalta ehkäisy
Hydraulinestevuoto	Loukkaantuminen	Järjestelmän kunnossapito/ tarkastaminen
Laitteen kaatuminen	Vakava loukkaantuminen	Huolellinen kiinnitys lattiaan
Rungon rikkoutuminen	Loukkaantuminen	Rungon ajoittainen tarkastaminen
Veräjän toiminta häiriö	Lievä loukkaantuminen	Veräjän ajoittainen tarkastaminen
Sinkoavat kappaleet	Loukkaantuminen	Veräjän käyttäminen tarvittaessa/ suojalasiä käyttö
Pyötätason putoaminen	Loukkaantuminen	Trukin käyttö/ varovaisuus
Hallitsematon sylinterinliike	Mahd. loukkaantuminen	Venttiilin ajoittainen tarkastaminen/ liikenopeus
Ergonomiset riskit		
Vaaran alkuperä/tapahtuma	Seuraus	Ennalta ehkäisy
Huolimattomuus	Raajojen puristuminen	Oikeat työtavat/ opastus
Huono valaistus	Kohonnut tapaturmariski	Valaisimien huolto/ lisävalaistus
Työskentely asento	Lihaskivut/ epämiellyttävyys	Oikeat työtavat/ työn hetkellisyys

Lisäksi listasin komponenttien sisältämiä vikamuotoja aiheutuvine vaaroineen. Taulukko on ikään kuin yhdistelmä kahdesta edellä mainitusta menetelmästä, johon on listattu todennäköisimmät tapahtumat.

TAULUKKO 3. Puristimen komponenttikohtainen vikaantuminen

Komponentti	Vikamuoto	Aiheutuva vaara
Runko	Kaatuminen	Vakava loukkaantuminen
	Rakenteen murtuminen	Laitteen kaatuminen
Sylinteri	Nestevuoto	Liukastuminen
Venttiili	Rikkoutuminen	Hallitsematon sylinterinliike
	Nestevuoto	Liukastuminen
Koneikko	Nestevuoto	Liukastuminen
	Toimintahäiriö	Ei merkittävää vaaraa
Letkut	Nestevuoto	Liukastuminen
Runko	Kaatuminen	Vakava loukkaantuminen
Pöytätasot	Putoaminen	Loukkaantuminen

8 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella C-runkoinen hydraulipuristin konepajakäyttöön. Puristimelle asetetut tavoitteet olivat turvallisuus ja käytännöllisyys, jotka mielestäni toteutuivat hyvin, vaikkakin käytännöllisyys määräytyy vasta rakennetun puristimen käyttökokemusten myötä.

Puristimen tuottaman voiman oli alun perin tarkoitus yltää 40 tonniin asti, mutta lopulliseksi voimaksi muodostui 23 tonnia. Voiman puolittumisen syyksi voidaan mainita liian raskaaksi muodostunut rakenne sekä voiman tarpeen uudelleen arvioiminen. Vaikka voima miltei puolittui, todettiin se täysin riittäväksi puristimen käyttöä silmälläpitäen.

Varsinaiseksi ongelmaksi opinnäytetyössä muodostui suunnittelun aloittaminen sekä monienkymmenien standardien selaaminen. En aiemmin ole joutunut suunnittelemaan mitään kokonaista laitetta, johon olisin joutunut mitoittamaan niin hydrauliiikan kuin mekaniikankin kaikkine komponentteineen ja määräyksineen. Alkuvaikeuksista huolimatta sain kuitenkin muodostettua itselleni hyvän mielikuvan siitä, missä järjestyksessä kyseisistä suunnittelutoiminpiteistä tulee kahlata läpi. Opinnäytetyön läpiviennissä mukana ja tukena oli aina tarvittaessa Finnjowe Oy, jonka avulla vaikeatkin ongelmat ratkesivat.

Opinnäytetyön tuloksena syntyneet työpiirustukset, 3D-mallit, hydraulikkakaaviot sekä laskelmat jäävät odottamaan puristimen valmistamiselle löytyvää ajankohtaa. Puristin ei kuitenkaan ole tällaisenaan täysin valmis, sillä jatkosuunnitelmiin sisältyy vielä puristimen valmistumisen myötä CE-hyväksyttämisenkin, jonka laki vaatii.

Henkilökohtaisesti pidin opinnäytetyön tekemisestä sekä siihen liittyneistä haasteista. Puristimeen liittyi paljon suunnittelua ja ongelmanratkaisupohjaista mietiskelyä, jonka koen erittäin miellyttäväksi. Tunnen suoriutuneeni työstä hyvin ja oppineeni paljon uutta ja vahvistaneeni jo saavutettuja ammatillisia taitojani.

LÄHTEET

Painetut lähteet

Keinänen, T. & Kärkkäinen, P. 1997. Koneautomaatio 1. Hydrauliikka ja pneumaattikka. Porvoo: WSOY.

SFS-EN 692. 1997. Mekaaniset puristimet. Turvallisuus. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

Siirilä, T. 2008. 2. Koneturvallisuus, EU-määräysten mukainen koneiden turvallisuus uudistettu painos. Keuruu: Otava.

Valtanen, E. 2008. Tekniikan Taulukkokirja. 16 painos. Jyväskylä: Gummerus.

Elektroniset lähteet

Finnjowe Oy. 2011 a. Asiakkaat [viitattu: 27.12.2011]. Saatavissa: <http://koti.phnet.fi/finnjowe/asiakkaat.php>

Finnjowe Oy. 2011 b. Yrityksen toiminta ja historia [viitattu 27.12.2011]. Saatavissa: <http://koti.phnet.fi/finnjowe/>

Fluidfinland. 2011. Hydrauliikan perusteet [viitattu 27.12.2011]. Saatavissa: <http://www.fluidfinland.fi/wp-content/uploads/2012/01/8.Hydrauliikan-perusteet.pdf>

Hydoring. 2012. HD K100 Pienkonesarja [viitattu 12.1.2012]. Saatavissa: http://www.hydoring.com/fin/tuotteet/hydrauliyksikot/hd_k100_pienkoneikkosarja/

VTT. 2012. Hyvä riskianalyysi [viitattu 7.3.2012]. Saatavissa: <http://virtual.vtt.fi/virtual/riskianalyysit/indexe5b3.html>

LIITTEET

LIITE 1. Hydrauliiikkakaavio

LIITE 2. Hydrauliiikka laskelmat

LIITE 3. AnalysisWizardin tulokset

LIITE 4. Työpiirustukset

LIITE 5. Voima/painekuvaaja