

Selvitys vierintämuovaimen muuntamisesta syvävetopuristimeksi

Jaloterässtudio

Mika Karila

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö
Konetekniikka
Insinööri (AMK)

KEMI 2013

ALKUSANAT

Haluan kiittää tutkijayliopettaja Timo Kauppia opinnäytetyön aiheesta, Jaloterässtudion muuta henkilökuntaa hyvistä neuvoista ja kiinnostuksesta työtä kohtaan sekä opinnäytetyön ohjaajaa Lauri Kantolaa asiantuntevasta ohjauksesta.

TIIVISTELMÄ

KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU, Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma:	Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Opinnäytetyön tekijä:	Mika Karila
Opinnäytetyön nimi:	Selvitys vierintämuovaimen muuntamisesta syvävetopuristimeksi
Sivuja (joista liitesivuja):	58 (6)
Päiväys:	28.3.2013
Opinnäytetyön ohjaaja:	DI Lauri Kantola
<p>Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Jaloterässtudio ja työ tehtiin osana ProtoDesing II -projektia. Opinnäytetyön aiheena oli selvittää, onko Jaloterässtudion vierintämuovaimen muuntaminen syvävetopuristimeksi mahdollista tietyin ehdoin. Yksi tavoitteista oli suunnitella 3D-mallit syvävetopuristimista ja arvioida muutostyön kustannuksia ja kannattavuutta verrattuna valmiin kaupallisen syvävetopuristimen hintaan.</p> <p>Työssä esiteltiin muutamia työn kannalta keskeisiä ohutlevyjen muovaustapoja, materiaaliominaisuuksia ja sovelluskohteita sekä syvävetopuristimien toimintaperiaatteita. Suunnittelu perustui osaltaan jo markkinoilla oleviin puristinmalleihin niiden muutamine erilaisine toimintaperiaatteineen ja vierintämuovaimen olemassa olevaan tekniikkaan.</p> <p>Puristin pystyttiin takaisinmallintamaan tarkasti vierintämuovaimen vanhojen 2D-kuvien ansiosta. Mallintamiseen käytettiin Inventoria ja AutoCad mechanical –ohjelmistoa käytettiin alkuperäisten 2D-kuvien aukaisuun ja tutkimiseen. Laitteen hydraulikka tutkittiin ja suunniteltiin hydraulikkakaavioiden pohjalta. Ideoita puristimen suunnitteluun saatiin laitteen tarkemmalla tutkimisella paikan päällä ja joidenkin yritysten, kuten Vemta oy:n esimerkillisistä toteutuksista.</p> <p>Kaikista kolmesta puristimesta tehtiin 3D-mallit. Puristinten mahdolliset toiminperiaatteet ja hydraulikka selvitettiin sekä lopuksi tehtiin kustannusarvio muutostöistä. Lisäksi mietittiin hieman muutostöiden taloudellista kannattavuutta. Näiden tietojen pohjalta voidaan päättää, aloitetaanko muutostyöt.</p>	
Asiasanat: ohutlevyt, muovaus, syväveto.	

ABSTRACT

KEMI-TORNIO UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, Technology

Degree programme:	Mechanical and Production Engineering
Author(s):	Mika Karila
Thesis title:	Report of Rotary Forcing Machine Conversion to Deep Drawing Press
Pages (of which appendixes):	58 (6)
Date:	28 March 2013
Thesis instructor(s):	Lauri Kantola, MSc (mech.eng)
<p>The client of the thesis is Jaloterässtudio and the work was done as part of the Pro-toDesign II project. The subject of this work was to examine whether the Jaloterässtudio rotary forcing machine conversion to deep drawing press is possible on certain conditions. One of the goals was to create 3D models of deep drawing presses and evaluate the cost of labor of conversion and profitability compared to the existing commercial presses for deep drawing.</p> <p>This thesis presents some of the key sheet metal forming methods, sheet metal material properties, sheet metal applications and the principles of deep drawing presses. The design was based on press models already on the market with a number of their different functions and the existing technology of the rotary forcing machine of Jaloterässtudio.</p> <p>It was possible to reverse-engineered the press accurately from the old 2D images of the rotary forcing machine. Inventor was used as the main modeling software and AutoCAD Mechanical software was used to open and examine the original 2D images. The hydraulics of the press was studied and designed on the basis of the hydraulic diagrams of the rotary forcing machine. More detailed examination of the rotary forcing machine in reality, and some, such as Vemta Oy of companies exemplary implementations gave ideas for the design of the presses.</p> <p>The result was three 3D models of the presses, the idea of the operating principles of hydraulics as well as an estimation of conversion costs. In addition, economic profitability of the conversion was considered, too. Based on this information, it can be decided whether to initiate the conversion or not.</p>	
Keywords: sheet metal, forming, deep drawing.	

SISÄLLYS

ALKUSANAT	2
TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	7
1 JOHDANTO	8
2 OHUTLEVYJEN MUOVAAMINEN.....	10
2.1 Syväveto	12
2.2 Venytysmuovaus	15
2.3 Vierintämuovaus	16
3 VIERINTÄMUOVAUSLAITTEEN TOIMINTAPERIAATE JA RAKENNE	21
3.1 Peruspuristimen mekaaninen toiminta ja rakenne.....	22
3.2 Laitteen hydraulikka.....	24
3.2.1 Pyöriksen hydraulikka	24
3.2.2 Vaakaliikkeen ja ulostyöntäjän hydraulikka sekä toimilaitteet.....	27
3.2.3 Kallistuksen ja noston/laskun hydraulikka sekä toimilaitteet.....	30
4 SUUNNITTELU JA MUUTOSEHDOTUKSET.....	34
4.1 Tyypillisiä syvävetopuristimia – suunnittelun yksi lähtökohta.....	34
4.2 Proto I – 2-vaiheinen syvävetopuristin.....	37
4.2.1 Tärkeimmät muutokset, tarvittavat rakenteet ja osat	39
4.2.2 Muita muutostöitä	41
4.2.3 Muutokset hydraulikkaan.....	42
4.2.4 Proto I:n tekniset rajoitteet.....	43
4.3 Proto II – 2-vaiheinen syvävetopuristin	45
4.3.1 Tärkeimmät muutokset, tarvittavat rakenteet ja osat	46
4.3.2 Muita muutostöitä	47
4.3.3 Muutokset hydraulikkaan.....	48
4.3.4 Proto II:n tekniset rajoitteet.....	48
4.4 Proto III – 1-vaiheinen syvävetopuristin	48
4.4.1 Tärkeimmät muutokset, tarvittavat rakenteet ja osat	50
4.4.2 Muita muutostöitä	51
4.4.3 Muutokset hydraulikkaan.....	52

4.4.4	Proto III:n tekniset rajoitteet	52
5	KUSTANNUSARVIO.....	53
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	55
	LÄHTEET.....	57
	LIITTEET	58

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

JTS Jaloterässtudio

VTT Valtion teknillinen tutkimuskeskus

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehdään Jaloterässtudiolle Tornioon osana ProtoDesingII -projektia. Opinnäytetyön aiheena on selvittää, onko JTS:n vierintämuovaimen muuttaminen syvävetopuristimeksi mahdollista siten, että nykyisestä laitteesta saadaan hyödynnettyä mahdollisimman paljon, muutos ei olisi liian työläs eikä kallis verrattuna valmiiseen puristimeen ja ennen kaikkea laite tulisi toimimaan toivotulla tavalla. Alustavien selvitysten perusteella laite voidaan kuitenkin muuntaa syvävetopuristimeksi. Vaihtoehtona suunnitelmalle olisi kokonaan uuden syvävetopuristimen hankkiminen jos päädytään siihen tulokseen, ettei nykyistä laitetta ryhdytä modifioimaan.

JTS tekee muovausta, esimerkiksi syvävetoa, toimeksiantoina ja projekteina, joihin nykyinen laitekanta on riittämätön. Tällä hetkellä prototehtaalla voidaan tehdä syvävetoa hydromuovaimella ja pienellä syvävetopuritimella. Uudella syvävetopuristimella saataisiin monipuolistettua palveluja ja näin pystyttäisiin palvelemaan yrityksiä paremmin.

Vierintämuovain sijaitsee JTS:n prototehtaalla. Alun perin muovain on suunniteltu ja valmistettu Lappeenrannan VTT:n toimipisteessä 2000-luvun vaihteessa. Vierintämuovauslaitteella on aikoinaan VTT:n käytössä Lappeenrannassa tutkittu eri materiaalien muovausta ja menetelmän toimivuutta. Sitten laite siirrettiin Lappeenrannasta Tornioon studion prototehtaan käyttöön vuonna 2006. Se on ollut vähäisellä käytöllä Torniossa ja näin jäänyt tarpeettomaksi studion toiminnan kannalta.

Vierintämuovain sisältää lähes uudenveroisia ja laadukkaita komponentteja, joita olisi ehkä mahdollista käyttää myös syvävetoon modifioidussa laitteessa. Peruspuristimen runkoa voitaneen hyödyntää suurelta osin jo sellaisena kuin se on nyt. Työn tavoitteena onkin muun muassa selvittää, missä laajuudessa jo olemassa olevia komponentteja voidaan käyttää sekä mitä ja kuinka suuria muutoksia puristin-osaan ja myös hydraulikkayksikköön täytyisi tehdä.

Yksi iso kysymys on se, millä periaatteella syvävetopuristin tulisi toimimaan. Syvävetopuristimia löytyy toisistaan poikkeavilla tekniikoilla ja rakenteella toteutettuina useita kymmeniä jollei satoja, mutta peruseriaate on monissa kutakuinkin sama. Tässä tapauksessa toinen toimintaperiaate voi olla hyvä syvävetotuotteiden

onnistumisen kannalta ja toisaalta toinen periaate voi olla käytännössä helpompi toteuttaa laitteen modifioinnin kannalta.

Työssä perehdytään ohutlevyjen muovaukseen ja erityisesti syvävetoon. Syvävedon teoriaa tutkitaan jossain määrin, jotta tietoa voitaisiin soveltaa käytäntöön ja että virheiltä puristinta suunniteltaessa vältyttäisiin. Tässä yhteydessä suunnittelulla tarkoitetaan alustavien 3D-mallien tekemistä ja hydrauliiikan karkeaa suunnittelua. 3D-mallit eivät ota kantaa pieniin yksityiskohtiin, koska tarkempi suunnittelu kuuluu myöhempään vaiheeseen kuten myös rakenteen luujuustarkastelukin.

2 OHUTLEVYJEN MUOVAAMINEN

Ohutlevyt ovat yksi maailman eniten käytetyimpiä tuotteita ja puolivalmisteita. Valtaosa teräksestä käytetään nimenomaan ohutlevyinä. Ohutlevyistä valmistettuja osia ja osakokonaisuuksia käytetään useissa erityyppisissä tuotteissa. Tutuimmat ovat erilaiset kulkuneuvot ja kotitalouteen liittyvät ruostumattomasta teräksestä valmistetut tuotteet kuten tiskialtaan ja kattilat. Autoteollisuus on teräsohutlevyjen suurin käyttäjä ja hyvä muovattavuus on tärkeä ominaisuus monimutkaisia kappaleita valmistettaessa. Ohutlevyjen ominaisuudet ovat sidoksissa niiden valmistustekniikkaan. Materiaalin mekaaniset ominaisuudet samoilla materiaalityypeillä vaihtelevat, oli sitten kyse ruostumattomista teräksistä tai alumiinista. Näistä materiaaliominaisuuksista riippuu paljon jollakin tietyllä muovausmenetelmällä tehdyn tuotteen tai kappaleen onnistuminen. (Korhonen & Larkiola 2012, 3, 5, 9, 137, 141)

Muovausmenetelmiä kuten muitakin valmistusprosesseja voidaan luokitella monin eri tavoin. Saksalainen DIN 8582-standardi jaottelee 17 erilaista muovausprosessia. Pääjaottelu perustuu vallitsevaan jännitystilaan, jonka mukaan muovausmenetelmät voidaan jakaa viiteen pääluokkaan:

- muovaus puristuksen alaisena (DIN 8583)
- muovaus puristuksen ja vedon alaisena (DIN 8584)
- muovaus vedon alaisena (DIN 8585)
- muovaus taivuttamalla (DIN 8586)
- muovaus leikkaamalla (DIN 8587)

Keskeisiä levynmuovausoperaatioita ovat syväveto, venytysmuovaus ja taivutus. Syvävetoa käytetään myös yleisnimenä kattamaan kaikkia levynmuovausoperaatioita. Ohutlevytuotteiden valmistusprosessi käsittää useissa tapauksissa lukuisiakin erityyppisiä työvaiheita ja usein myös varsinaisten levyntyöstövaiheiden lisäksi pintakäsittelyvaiheita ja kokoonpanoa. (Korhonen & Larkiola 2012, 119, 137)

Ohutlevyjen monimutkaisuuden, lyhyen läpimenoajan ja valmistuskustannusten laskun ovat mahdollistaneet kehittyneet uudet valmistusmenetelmät ja tietokoneavusteinen suunnittelu. Esimerkiksi nk. HMGF-menetelmän avulla läpimenoajaksi muodostuu vain muutamia sekunteja. Tällä menetelmällä muovataan mm. magnesiumista olevia

kappaleita siitä syystä, että kyseisen materiaalin muovattavuus on huono (Korhonen & Larkiola 2012, 197, 200). GM on kehittänyt magnesiumin muovaukseen prosessia, joka mahdollistaa kevyiden ja lujien kappaleiden valmistuksen. Tähän asti autonvalmistajat ovat painineet magnesiumista valmistettujen osien heikon lujuuden ja korroosiokestävyyden kanssa. Kuvassa 1 on GM:n valmistama auton takaluukun osa. (Thegreencarwebsite www-sivut, hakupäivä 9.12.2012)



Kuva 1. Magnesiumista valmistettu ohutlevyosa. (Thegreencarwebsite www-sivut, hakupäivä 9.12.2012)

Hydromuovaus on yksi ohutlevyjen muovaustapa. Sitä käytetään ainakin auto- ja lentokoneteollisuuden tarpeisiin ja prototyyppisarjojen valmistukseen. Sen etuna on, että yhdessä työvaiheessa pystytään valmistaa monimutkaisia jäykkiä ja lujia rakenteita. Menetelmän sovellutuskohteet ovat laajentuneet ruostumattoman teräksen, alumiinin ja jopa pursotettujen alumiiniosien muovaukseen. (Korhonen & Larkiola 2012, 132)

Ohutlevyjen muovaustapoja on kehitetty maailmalla kymmenittäin ja kehitys jatkuu tulevaisuudessakin. Ohutlevyjen ja niiden muovauksen kehityksen suuntaa ohjaa erityisesti autoteollisuus, jossa tavoitteena on päästä kevyisiin ja lujempiin rakenteisiin. Ruostumattomat teräkset ovat nousseet kiinnostuksen kohteiksi esimerkiksi autojen pakoputkissa ja korirakenteissa. Tietokoneavusteinen mallinnus jatkuu todennäköisesti vahvana jatkossakin ja yhä parempia ja tarkempia materiaalmalleja kehitellään jatkuvasti. (Korhonen & Larkiola 2012, 199, 200)

2.1 Syväveto

Syvävetoa voidaan pitää yhtenä merkittävimmistä metallisten ohutlevyjen valmistusmenetelmistä. Sen käyttökohteita ovat esimerkiksi kupit, syvät astiat, erilaiset tuubit ja autojen osat. Elektroniikkateollisuudessa syvävetoa käytetään muun muassa koteloiden ja lampunkantojen valmistamiseen. Syvävetoprosessi voidaan automatisoida, jolloin se soveltuu hyvin suureen massatuotantoon. Kuvassa 2 on esimerkki syvävedolla valmistetusta kappaleesta. (Korhonen & Larkiola 2012, 137)



Kuva 2. Syvävedolla ruostumattomasta teräksestä valmistettu kappale

Saksalaisen standardin DIN 8584 mukaan syväveto määritellään seuraavanlaisesti:

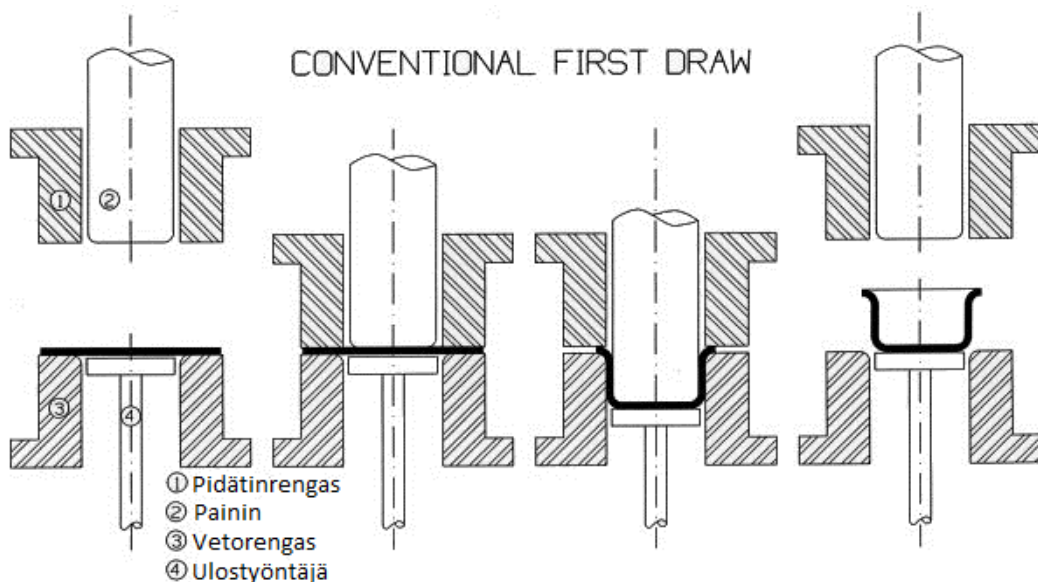
”Syvävedossa aihio muovataan avonaiseen muotoon ja aihioon kohdistuu sekä vetoa että puristusta.” (Korhonen & Larkiola 2012, 137)

Syvävetoprosessissa aihio muovataan painimen avulla siten, että materiaalin virtausta ohjataan pidätinrenkaan avulla, jolloin materiaali kulkee vetorenkaan läpi muovautuen halutuksi tuotteeksi. Prosessin raja saavutetaan, kun materiaali ei kestä enää muovaukseen vaadittavaa vetovoimaa ja materiaaliin syntyy repeämä. Syvävetoprosessit voidaan jakaa kolmeen menetelmään DIN 8584 mukaan:

- syväveto ”perinteisten” työkalujen avulla.
- syväveto aktiivisen väliaineen avulla.
- syväveto aktiivisen energian avulla.

Perinteinen syvävetoprosessi tapahtuu siten, että aihio asetetaan pidätinrenkaan ja vetorengkaan väliin, jonka jälkeen työkalu puristetaan kiinni ja painin muovaa levyaihion muotoonsa. Kuvassa 3. on esitetty syvävedon periaate. Muovattava aihiomateriaali virtaa muovauksen aikana vetorengkaan pyöristyksen yli aihion laipasta kupin alueelle. Veto- ja pidätinrenkaan välissä vaikuttava puristusvoima estää laipan rypyttymisen, kun materiaali joutuu muovauksen vuoksi tyssäytymään. Syvävedossa vedettävän aihion seinämänpaksuus muuttuu: pystysuoralla osuudella se ohenee ja laipan alueella paksuuntuu. (Korhonen & Larkiola 2012, 137, 138, 140, 141)

Materiaalin muovattavuudesta ja soveltuvuudesta syvävetoon kertovat rajavetosuhde, Ericseenin luku, muokkauslujittumiseskponentti, muodonmuutosarvo ja plastisen venymäsuhteen arvo, erityisesti murtovenymä. Yksittäiset parametrit, jotka on määritetty vetokokein ja simuloivin mallein eivät välttämättä riitä todellisen muovausprosessin onnistumisen arviomiseen vaan tarvitaan useita käytännön kokeita. (Juntunen, 2010, 3, 4)



Kuva 3. Syvävedon periaate. (Metalite Manufacturing Company www-sivut, hakupäivä 8.12.2012)

Syvävedossa on tärkeää hallita materiaalin virtaus prosessin aikana. Avainasemassa ovat mm. seuraavat tekijät:

- materiaali
- levyn paksuus
- aihion koko ja muoto
- tuotteen geometria
- muovausnopeus
- vetorengaan ja painimen säde
- vetosuhde
- painimen ja työkalujen pinnanlaatu/lämpötila
- voitelu
- pidätinpaine
- vetotyynyjen jousto ja korkeus.

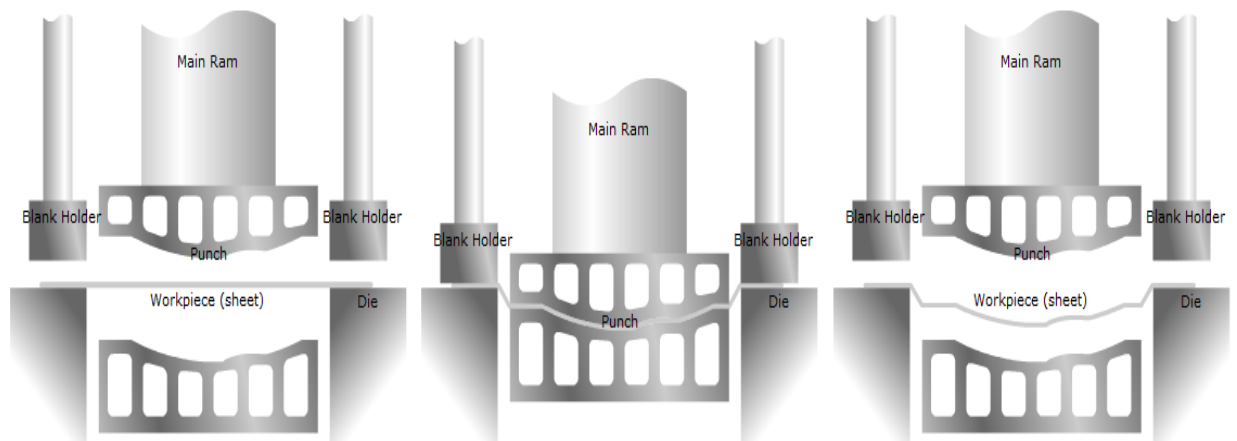
Metallin lujuus on riippuvainen yleensä jossain määrin venymänopeudesta ja vetokokeessa saatu myötölujuus kasvaa, kun nopeutta lisätään. Usein syvävedossa käytetään suurempaa venytysnopeutta kuin vetokokeessa, joten levyn lujuus voi poiketa mitoituksessa käytetystä arvosta. (Korhonen & Larkiola 2012, 140, 141)

Tämä seikka voidaan ottaa huomioon suunniteltaessa Jaloterässtudion syvävetolaitetta. Venytysnopeuden laajalla säädettävyydellä voidaan tutkia mahdollisesti ruostumattoman teräksen rajoja suurilla vetonopeuksilla. Myös lämpötila vaikuttaa metallin lujuuteen ja syvävedettäessä sekä painin että vedettävä levy lämpenee. Tällöin paininta voidaan jäähdyttää, jolloin levyn lujuus painimen alueella kasvaa. Vetorengasta taas lämmitetään siitä syystä, että laipan lujuutta saataisiin laskettua. (Korhonen & Larkiola 2012, 141)

Syvävetopuristimien fyysinen koko ja puristusvoima vaihtelee paljon sovelluskohteen mukaan. Pienimmät puristimet ovat painoltaan vain muutamia tuhansia kiloja ja suurimmat useita kymmeniä tonneja. Puristusvoimat voivat olla suurimmissa jopa useita tuhansia tonneja. Puristusvoimaltaan Jaloterässtudiolle suunniteltava syvävetolaite tulee olemaan noin 150-300 tonnia lukeutuen siten pienimpiin puristimiin.

2.2 Venytysmuovaus

Venytysmuovaus muistuttaa suuresti syvävetoprosessia. Siinä levyä painetaan niin lujasti veto- ja pidätinrenkaan väliin ettei se liiku, kun taas syvävedossa levy päästetään liukumaan veto- ja pidätinrenkaan välissä. Muuten prosessi etenee samalla tapaa kuin syvävedossa. Tämän menetelmän sovelluskohteita ovat kuperat osat kuten autoteollisuudessa koripellit. Levyn täytyy muuttua muotoaan venymällä ja ohenemalla, joten tähän tarkoitettulla materiaalilla tulee olla asianmukaiset mekaaniset ominaisuudet samalla tavalla kuin syvävetoonkin tarkoitetuilla materiaaleilla. Kuvassa 4. on esitetty venytysmuovauksen periaate. (Korhonen & Larkiola 2012, 122)



Kuva 4. Venytysmuovauksen periaate. (Steeluniversity www-sivut, hakupäivä 12.12.2012)

Puhdas venytysmuovaus ei käytännössä ole yleinen muovaustapa, mutta syvävetoon tai hydromuovaukseen yhdistettynä se on yleinen esimerkiksi kuperapohjaisia astioita valmistettaessa. Kuvassa 5. on JTS:n hydromuovaimella venytysmuovattu ohutlevytuote. Kyseisellä hydromuovaimella valmistetaan suurimmaksi osaksi prototyypisarjoja asiakkaille monilla eri menetelmillä. Näistä mainittakoon puhdas hydromuovaus, syväveto ja venytysmuovausta sekä näiden yhdistelmät. Hydromuovaimella venytys muottia vasten tapahtuu hydraulisen paineen avulla ja pidätinvoima saadaan aikaan mekaanisesti puristamalla levyn reunoja. Osan materiaalina on ruostumaton teräs, joka soveltuu erinomaisesti muovaukseen. (Matilainen, Parviainen, Havas, Hiitelä & Hultin, 2011, 226)



Kuva 5. Hydromuovaimella tehty ohutlevytuote. (JTS)

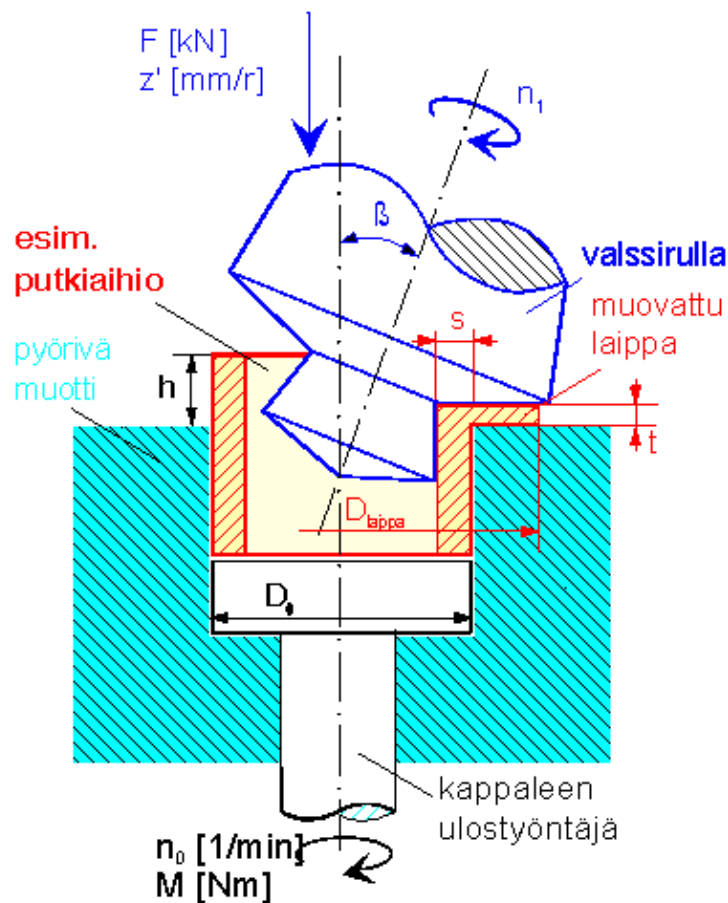
2.3 Vierintämuovaus

Vierintämuovaus on niin sanottu rotaatiomuokkausmenetelmä, jota voidaan verrata painosorvaukseen, taontaan ja levyn valssaukseen. Tätä tekniikkaa ei voida kuitenkaan pitää pelkästään ohutlevyjen muokkausmenetelmänä, sillä aihoiden ainevahvuus vaihtelee sovelluskohteesta riippuen. Yhteistä kaikille tällä tekniikalla valmistettaville kappaleille on kuitenkin se, että ne ovat pyörähdyssymmetrisiä ja ikään kuin valssaamalla tehtyjä. Aihiot voivat olla levyjä, putkia tai tankoja ja tyypillinen tuote on putkesta valmistettu putkikaulus. Muita tyypillisiä sovelluskohteita ovat mm. telat, kiskopyörät, siirtorullat, reiälliset holkit, hammaspyörät, hammaskehät, pallonivelet, tiivisterenkaat ja laakeripesät. Kuvassa 6. on vierintämuovauksella tehtyjä putkikaulusia. (Kyröläinen 2003/2002; Savinainen 2006)



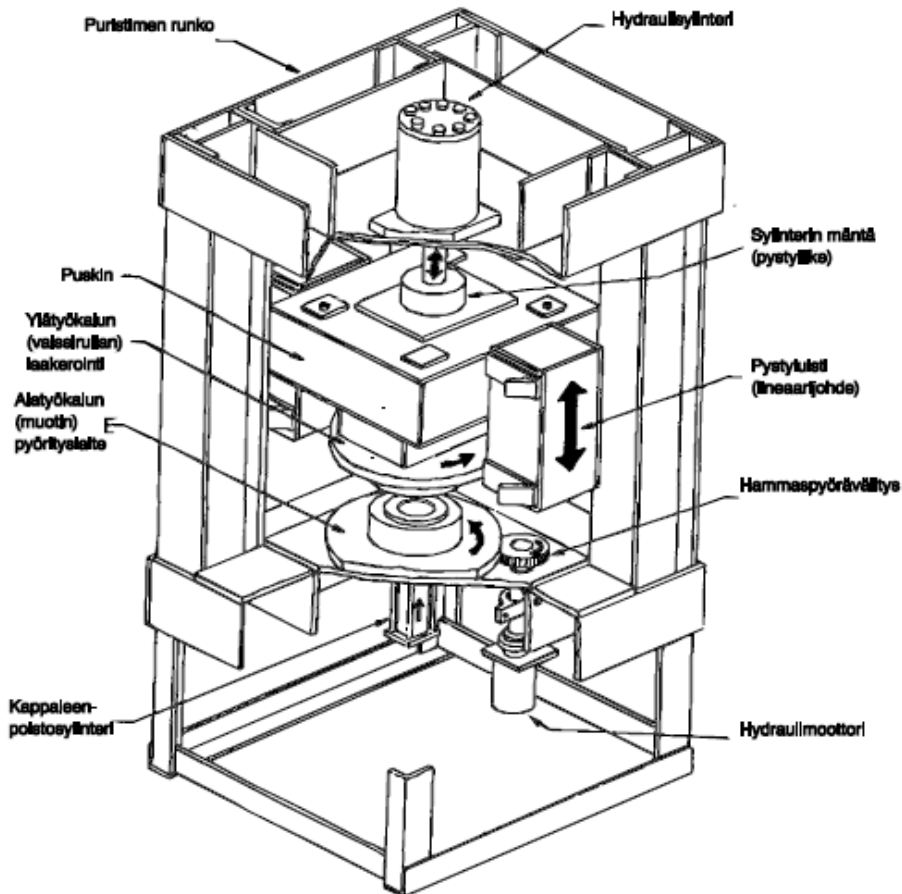
Kuva 6. Putkikauluksia. (Savinainen 2006)

Vierintämuovauksen periaate on esimerkiksi putkikauluksia tehtäessä kuvan 7 tapainen. Siinä putkiaihiio on asetettu alakaran pyörivään muottiin ja kartiovalssirullalla voimalla F painaen levitetään putken päätä vähän kerrallaan laipaksi. Toinen tapa on kappaleen takomiseen verrattava akselin päätypinnan muovaus niin, että akselin pää levittyy tai koko akseli levitetään levymäiseksi. Tämän seurauksena akselin pääty ja laippa muokkauslujittuu yleensä voimakkaasti. Tyypillistä kaikissa tavoissa on se, että kaarevapintataisen valssirullan aiheuttama pinta-paine aihioon kestää vain lyhyen aikaa ja koska kontaktipinta-ala on varsin pieni, vaatii muovaus suhteellisen vähän puristusvoimaa. (Savinainen 2006)



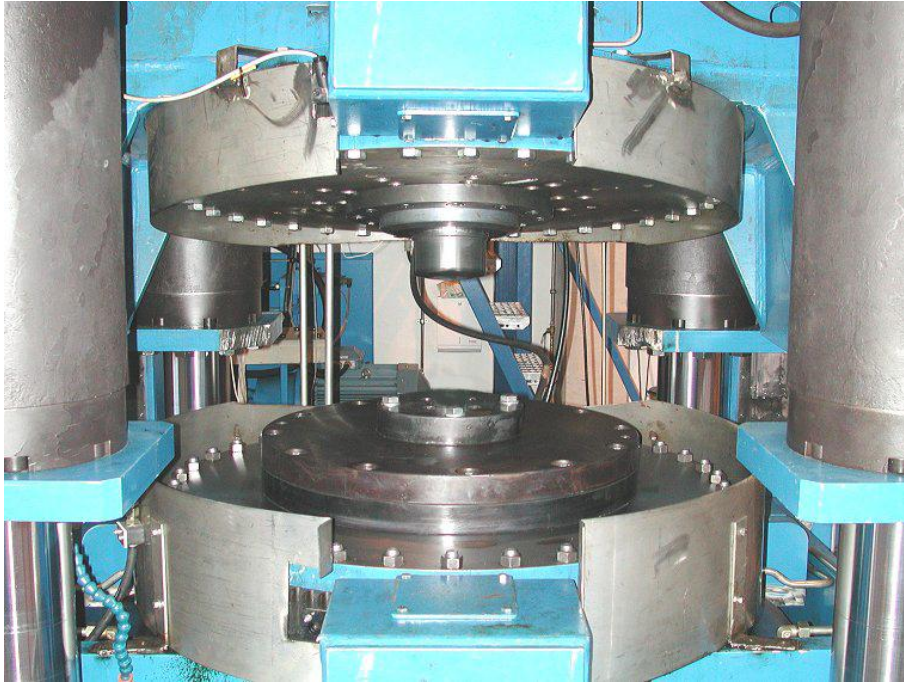
Kuva 7. Vierintämuovauksen periaate (Savinainen 2006)

Tyypillisen vierintämuovauslaitteiston rakenne on esitetty kuvassa 8. Laitteiston pääosat ovat puristin sekä ylä- ja alatyökalut, joilla tapahtuu varsinainen kappaleen muovaus. Vierintämuovaimen työkalujärjestelmän pääosat ovat valssirulla tai valssirullat, muotti, kiinnityslaihat, jouset ja ulostyöntäjä. Pyöriviä osia ovat valssirulla, muotti ja kappaleen ulostyöntäjä. Menetelmässä on kolme pääliikettä: valssirullan kallistus, pallovierintä eli valssirullan akselin liike työkappaleen akselin ympäri ja vierintä eli valssirullan pyöriminen oman akselin ympäri. Vierintämuovauksen perusmenetelmät ovat tyssäys, lovestaminen, vastapursotus ja levitys. (Savinainen 2006)



Kuva 8. Vierintämuovaimen tyypillinen rakenne. (Savinainen 2006)

JTS:n muovain eroaa kuvan 8 puristimesta siten, että kuvassa olevaa puskinia liikutetaan 4:n sylinterin voimin ja sitä voidaan lisäksi kallistaa. Lisäksi alatyökalu voidaan siirtää sivuttaissuunnassa toisin kuin kuvassa 8. Molemmista, sekä kuvassa olevasta että JTS:n muovaimesta löytyvät kuitenkin samat peruskomponentit. JTS:n vierintämuovauslaite käsittää puristinosan, sähkökeskuksen, ohjausyksikön, koneikon ja laakerinvoiteluyksikön. Puristinosan yläkaran pystyliikettä ja alakaran vaakaliikettä ohjataan tietokoneella. Ulostyöntöliikettä, yläkarankallistusta ja molempien karojen pyörimistä ohjataan käsin ohjauspaneelista. Kuvassa 9. on JTS:n vierintämuovain. Siitä nähdään muovaimen ylä- ja alakara, noston/laskun sylinterit (4 kpl.) ja koteloidut karojen hydrauliliikkamoottorit (2 kpl.).



Kuva 9. JTS:n muovain, ylä- ja alakara. 4 kpl noston/laskun sylintereitä. (Savinainen 2006)

3 VIERINTÄMUOVAUSLAITTEEN TOIMINTAPERIAATE JA RAKENNE

JTS:n vierintämuovauslaite voidaan jakaa rakenteeltaan kahteen suurempaan kokonaisuuteen: hydraulikkakoneikkoon ja muovauksen suorittavaan laitteeseen, peruspuristimeen. Näistä jälkimmäisenä mainitun runko rakentuu pääasiassa I- ja putkipalkeista sekä 10-120 mm vahvoista teräslevyistä. Muovauslaite on ulkoisilta mitoiltaan noin 3,5 metriä korkea ja leveyttä on maksimissaan noin 2,6 metrin verran. Laitteen massa on noin 20000 kg. Hydraulikkasyylintereitä laite sisältää 8 kpl, joista noston/laskun (4 kpl) sylinterit ja irroituksen (1 kpl) sylinteri ovat keskenään identtiset. Sivunsiirron sylinterit (2 kpl) ovat niin ikään identtiset keskenään ja kallistuksen sylinteri (1 kpl) on ainoa laatuaan. Muovauslaite sisältää myös 2 kpl hydraulikkamoottoreita, joista toinen pyörittää ala- ja toinen yläkaraa. Kuvassa 10 on peruspuristin. Koneikolta puristimeen menevät putkistot näkyvät laitteen oikealla puolella. Ohjauskaapit näkyvät osittain puristimen takana oikealla alhaalla.



Kuva 10. Peruspuristin

Hydraulikkakoneikko sijaitsee parin metrin päässä muovauslaitteesta siten, että suuremmat pumput ja moottorit (2 kpl) ovat alimmaisena ja pienemmät (2 kpl) ovat ylimmäisenä tasolla. Korkeimpana, vielä pienempien pumppujen yläpuolella, sijaitsee keltainen 1000-litrainen öljysäiliö noin 4,5 metrin korkeudessa (kuva 11). Tämä säiliö huolehtii pienempien pumppujen öljynsaannista. Lattiatasolla maakaava niin ikään 1000

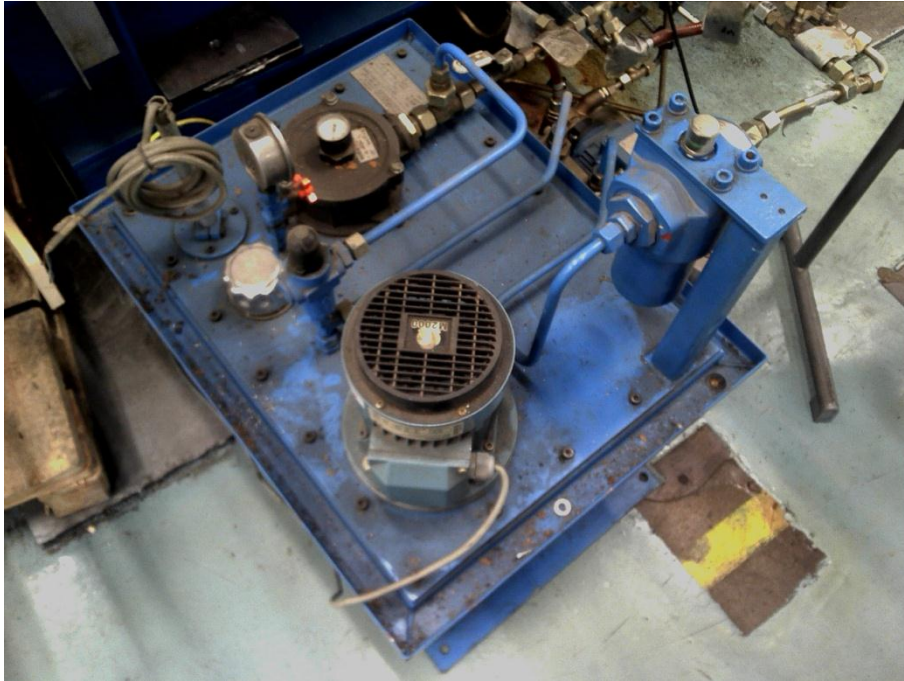
litran tilavuudella oleva säiliö vastaa suurempien pumppujen öljyn tarpeesta. Vierintämuovauslaitteen ohjaus tapahtuu tietokoneella ja ohjauskaapilla, jotka on sijoitettu aivan laitteen viereen.



Kuva 11. Koneikko

3.1 Peruspuristimen mekaaninen toiminta ja rakenne

Muovauksen suorittava peruspuristin koostuu kahdesta toiminnallisesta osakokonaisuudesta, jotka ovat painin ja vastin. Painin on ylös ja alas liikkuva kokonaisuus, joka sisältää yläkaran, yläkaran rungon sekä karan kallistuksen. Yläkaraan kiinnitetään valssirulla, joka muovaa aihiota haluttuun muotoon. Vastin koostuu vastinrungosta ja alakarasta sekä pyörivästä irroitussylinteristä. Yläkaraa pyöritetään yhdellä hydrauliikkamoottorilla kuten myös alakaraakin. Ala- ja yläkara on laakeroitu liuku- ja vierintälaakerein, joiden voitelusta huolehtii erillinen kiertovoiteluyksikkö (kuva 12). Johteet voidellaan automaattisella rasvausyksiköllä, joka sijaitsee puristimen kyljessä.



Kuva 12. Kiertovoiteluyksikkö

Painin liikkuu pystyjohteita vasten neljän sylinterin avulla ja suurin liikevara on 450 mm. Yläkara on nivelöity ja sitä voidaan kallistaa 12° yhdellä sylinterillä. Painimen runko rakentuu kahdesta 120 mm:n vahvuisesta teräslevystä, joihin yläkara on nivelöity, yhdestä I-palkista aivan painimen päällä ja kahdesta U-palkin muotoisesta levykokoonpanosta. Yläkaran runko, joka on nivelöity 120 mm levyihin, koostuu vaihtelevan vahvuisista levyistä, renkaasta ja kallistuksen sylinterin kiinnityksestä.

Vastin liikkuu vaakajohteita pitkin vaakasuunnassa kahden sylinterin voimin ja liikevara on rajoitettu mekaanisesti 200 mm:iin. Vastimeen on kiinnitetty irroitussylinteri, jonka tarkoituksena on työntää ahiota valssirullaa kohti vierintämuovausprosessin edetessä ja työntää valmis kappale ulos muotista loppuvaiheessa. Vastimen runko koostuu kahdesta 80 mm vahvuisesta ja muutamasta pienemmästä levystä. Näiden levyjen päälle on sijoitettu renkaat joiden varaan irroitussylinteri ja alakara laakereineen rakentuvat. Vastimen hydraulisylinterit toimivat johteina samalla kun estävät sivuttaissuuntaisen liikkeen.

3.2 Laitteen hydrauliiikka

Vierintämuovain sisältää suhteellisen järeitä hydrauliiikan komponentteja. Esimerkkinä Hydoringing koneikko, joka koostuu kahdesta sähkömoottorista ja yhteensä neljästä pumpusta, joiden yhteenlaskettu tuotto on huomattavan suuri. Laitteessa on myös useampi hydrauliiikkasyylinteri ja isoimman sylinterin männävarren halkaisija on 180 mm. Kaikki sylinterit ovat saman tekijän toimittamia kuten myös suunta-, servo-, ja regelventtiilitkin. Poikkeuksiakin löytyy erityisesti kahdesta pienemmästä pumppuyksiköstä, jotka on rakennettu vaihtelevasti eri valmistajien osista. Näiden kahden pumppuyksikön sekä ylimpänä olevan öljysäiliön sijoittelu on tehty tilaa säästäen ylös, mutta samalla hankaloittaen huoltoa tai pumpuille/säiliölle menemistä. Lisäksi hoitotasot puuttuvat tai ovat hyvin puutteelliset.

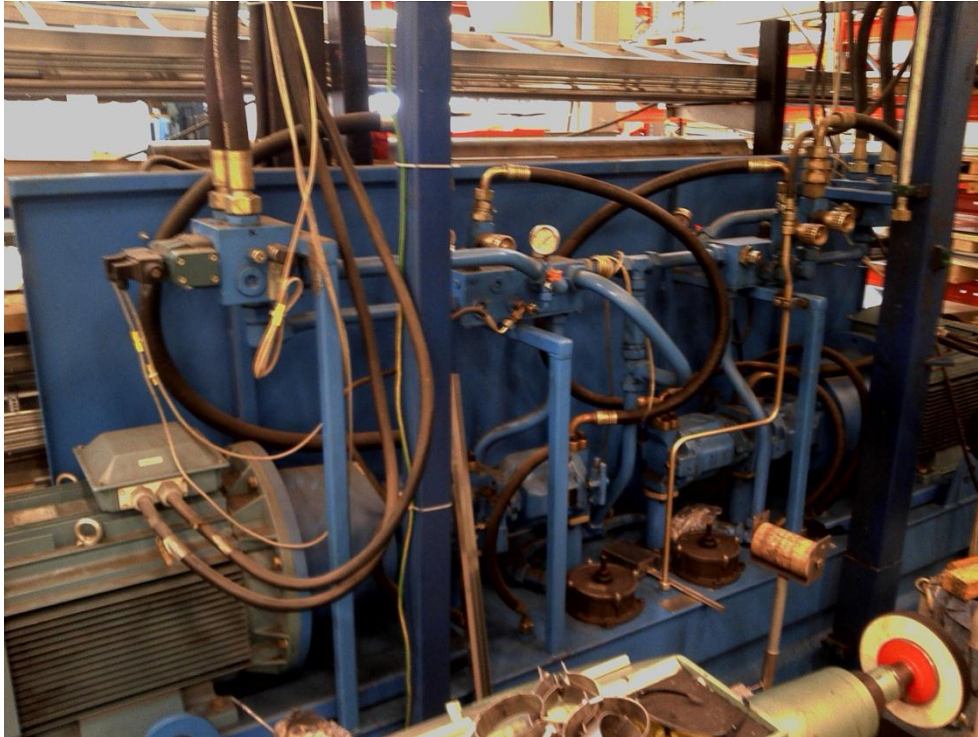
Komponentit ovat pääosin laadukkaita; esimerkiksi noston/laskun sylintereitä ohjataan Boschin regelventtiileillä, jotka ovat vielä proportionaaliventtiileitäkin monipuolisempia. Lisäksi jokaisella toimilaitteella on Stegmannin valmistama lineaarinen absoluuttianturi, joka mittaa toimilaitteen asemaa. Kaikki hydrauliikkapumput ovat muuttavatilavuuksisia aksiaalimäntäpumppuja, joiden tuottama virtaus on verrannollinen kierrostaajuuteen ja -tilavuuteen. Kaikki pumput ovat Rexrothin valmistamia yhtä lukuun ottamatta.

3.2.1 Pyöriksen hydrauliiikka

Vierintämuovaimen hydrauliikkakoneikko sijaitsee muutaman metrin päässä itse peruspuristimesta. Koneikko voidaan jakaa kolmeen osaan; Hydoringin valmistamaan täydelliseen koneikkoon (kuva 13) ja kahteen erilliseen koneikkoon, jotka tuottavat öljynpaineen laitteen hydrauliikkasyylintereihin. Alin (Hydoring) koneikko käsittää seuraavat pääkomponentit (Liitteenä 1 koneikon tarkempi osaluettelo):

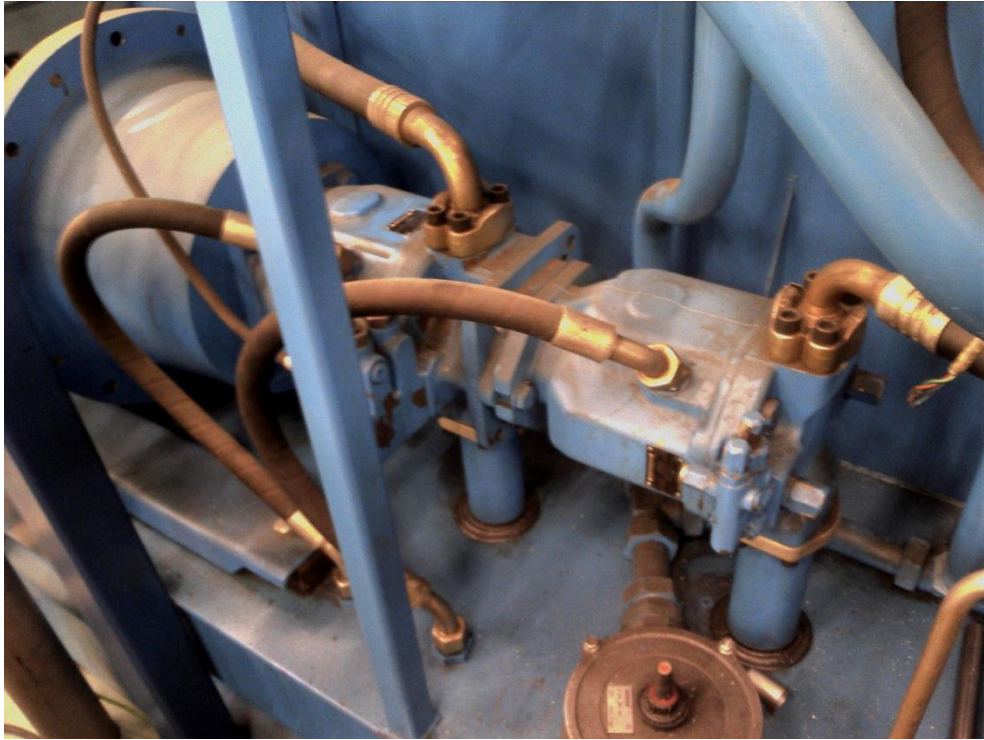
- 55 kW ja 75 kW:n sähkömoottorit
- 2 kpl 100 cm^3 :n ja 140 cm^3 :n kierrostilavuudella olevia hydrauliikkapumppuja
- 1000 L öljysäiliön
- 2 kpl 4/3-suuntaventtiilejä

- 4 kpl paineenrajoitusventtiilejä
- 2 kpl indikaattoreita



Kuva 13 Pyörityksen koneikko

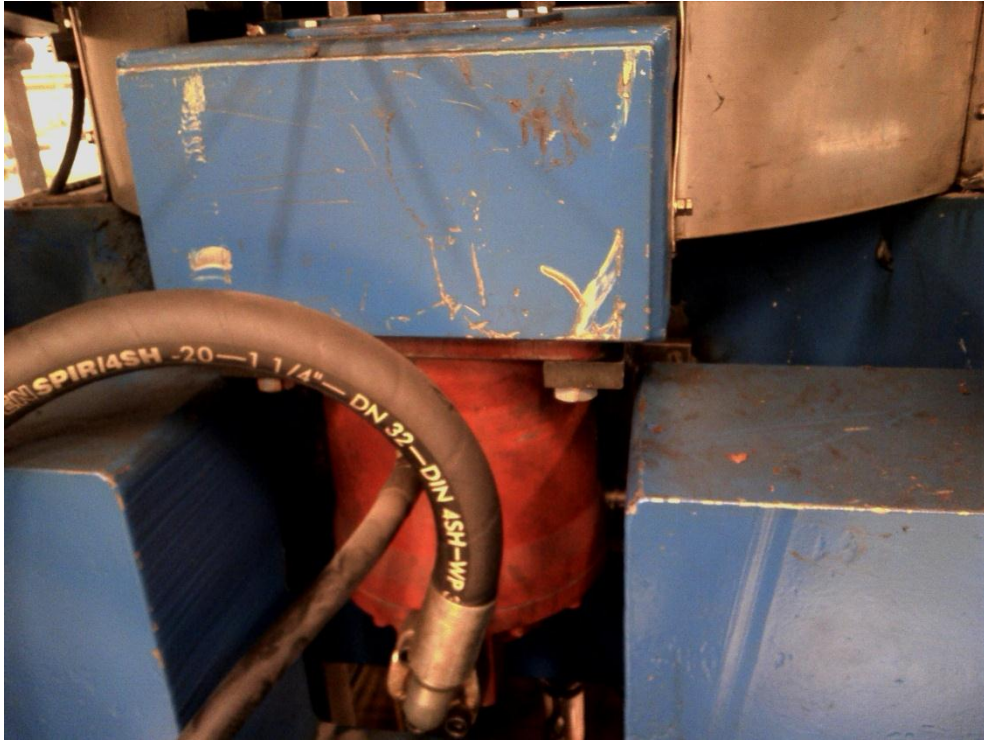
Alin koneikko tuottaa öljynpaineen ala- ja yläkaran hydraliikkamoottoreille niin, että isompi 75 kW:n sähkömoottori pyörittää kahta pumppua, joista öljy johdetaan alakaran hydraliikkamoottorille (kuva 15). Pienempi 55 kW:n sähkömoottori pyörittää yläkaran hydraliikkamoottorin pumppuja. Molemmat sähkömoottorit pyörittävät siis kahta peräkkäin kytkettyä hydraliikkapumppua (kuva 14) ja näiden kahden pumpun tuotto yhdistetään ennen puristinta. Alemman koneikon hydraliikkapumput ovat muuttuvatilavuuksisia aksiaalimäntäpumppuja avoimella kierrolla. Molemmat pumput kykenevät tuottamaan 315 barin paineen, mutta paineenrajoitusventtiilit rajoittavat sen kuitenkin 280 bariin. Normaalisti pumput toimivat 260 barin paineella. Liitteenä 2. hydraliikkakaavio (pyöritys).



Kuva 14. Peräkkäiset pumput

Tilavuusvirrat on suunniteltu suuriksi; pumppujen kierrosnopeuden ollessa 1500 r/min on yhden kuvan 14 pumppuyksikön tuottama yhteenlaskettu tilavuusvirta 360 L/min. Myös pumpuilta puristimelle menevä linja on tehty järeästi. Pyörimyksen pumpuilta hydrauliikkamoottoreille menevät putket ovat halkaisijaltaan 38 mm.

Molemmat hydrauliikkamoottorit ovat samanlaiset ja niiden pyörimisnopeutta ohjataan kahdella koneikkoon sijoitetulla suuntaventtiilillä välillä 0-60 r/min. Hydrauliikkamoottorilta saatava pyöritysmomentti on 6000 Nm. Venttiilit ovat 4/3-suuntaventtiilejä ja ne on varustettu alustalla, joka mahdollistaa suuremman tilavuusvirran kulun venttiilin läpi. Moottoreiden ohjaus ei ole niin tarkasti säädettävissä kuin regelventtiilein toteutuissa järjestelmissä, mutta vierintämuovaimen tapauksessa epätarkemmalla säädettävyydellä ei ole ollut niin suurta merkitystä.



Kuva 15. Alakaran hydraulikkamoottori

3.2.2 Vaakaliikkeen ja ulostyöntäjän hydraulikka sekä toimilaitteet

Kaksi ylintä koneikkoa, jotka käyttävät samaa öljysäiliötä, tuottavat öljynpaineen yhteensä kahdeksalle sylinterille. Pienempi sähkömoottori/pumppuyhdistelmä (kuva 16) on alakaran vaakaliikkeelle ja ulostyöntäjän pystyliikkeelle. Yhteensä sylintereitä on kolme kappaletta; kaksi vaaka liikkeelle ja yksi ulostyönnölle. Pienemmän pumppuyksikön pääkomponentit ovat (tarkempi osaluettelo liitteenä 3):

- 18,5 kW:n sähkömoottori
- 1 kpl 50 cm³ hydraulikkapumppu
- 1000 L öljysäiliö (yhteinen)
- 1 kpl 4/3 suuntaventtiili
- 2 kpl paineenrajoitusventtiilejä
- 1 kpl paineenrajoitusventtiili
- 1 kpl 4/2 suuntaventtiili



Kuva 16. Pienempi pumpputyksikkö ylätasanteella

Pienempi pumpputyksikkö koostuu yhdestä pumpusta joka on sijoitettu noin 2,5 metrin korkeuteen lattiatasosta. Pumppu on Sauerin valmistama ja sen kierrostilavuus on 50 cm^3 . Tyypiltään pumppu on säätötilavuuksinen aksiaalimäntäpumppu ja pumpun tuottama maksimi paine on 250 bar ja tilavuusvirta 75 L/min kun kierrosnopeus on 1500 r/min. Järjestelmä kuitenkin rajoittaa maksimipainetta ja suurinta saatavaa virtaamaa huomattavasti.

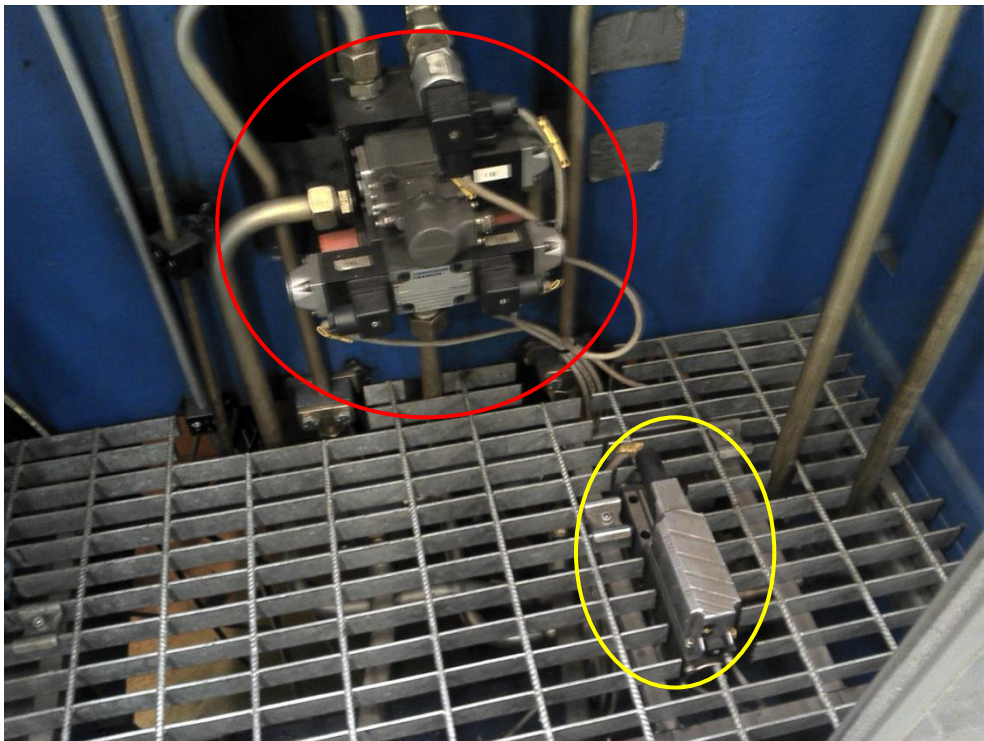
Sivuunsiirron eli vaakaliikkeen sylintereitä ohjataan yhdellä 4/4-regelventtiilillä, joka sijaitsee puristimen työtasolla (kuva 18) ja lisäksi kahdella 2/2-istukkaventtiilillä. Regelventtiilin ansiosta sylintereitä voidaan ajaa tarkasti ja lisäksi lineaarinen absoluuttianturi (kuva 17) antaa tiedon alakaran sijainnista.

Irroituksen sylinteriä ajatetaan venttiiliryhmällä (kuva 18), johon kuuluu servo- ja 4/3-suuntaventtiili sekä käsin painettava 4/2-suuntaventtiili. Myös irroituksen sylinteri on varustettu asema-anturilla.

Pumpulta venttiileille ja sylintereille menevä putkisto on halkaisijaltaan 22 mm ja putkesta haarautuu linjat puristimen luona eri venttiileille. Liitteenä 4 on kaikkien sylintereiden ja kahden pienemmän pumpputyksikön hydraulikkakaavio.

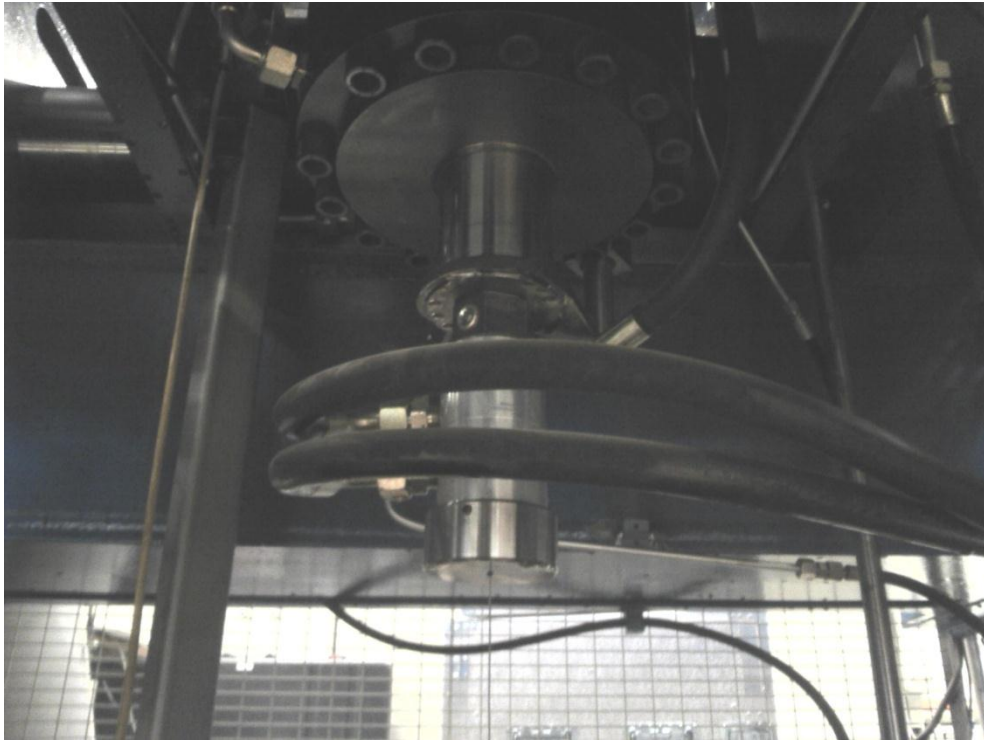


Kuva 17. Punaisella ympyröitynä siivuunsiirron lineaarinen absoluuttianturi ja keltaisella noston/laskun lineaariset absoluuttianturit



Kuva 18. Irroituksen venttiiliryhmä. Sivunsiirron regelventtiili ympyröitynä keltaisella ja irroituksen servo/suuntaventtiili punaisella.

Sivuunsiirron sylinterit ovat Hydoringin valmistamat. Sylinterit ovat läpimenevällä männänvarrella, iskun pituus on 200 mm, männän halkaisija on 320 mm ja männävarren halkaisija on 180 mm. Sylinteriä voidaan ajaa 0-3,5 mm/s nopeudella ja yhteenlaskettuna sylintereiden tuottama voima 80 barin paineella on noin 90 tonnia. Irroitussylinteri on pyörivää mallia (kuva 19) ja se on myös varustettu lineaarisella absoluuttianturilla. Sylinterin iskunpituus on 450 mm, männävarren halkaisija 160 mm ja männänhalkaisija 250 mm. Sylinterin tuottama voima 80 barin paineella on noin 23 tonnia.



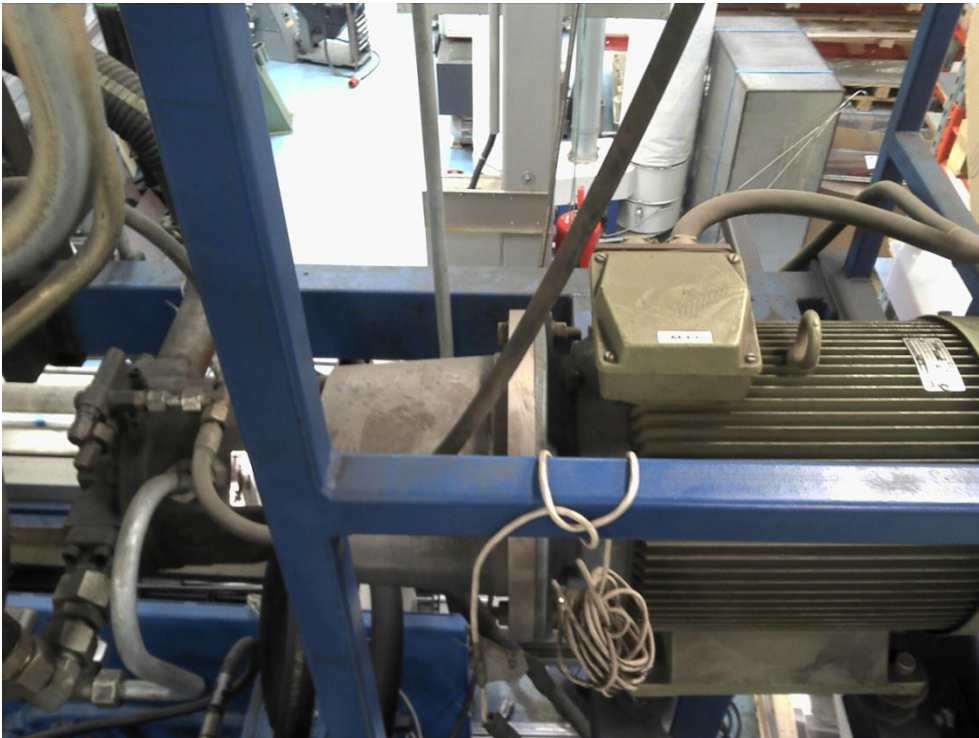
Kuva 19. Pyörivä irroitussylinteri

3.2.3 Kallistuksen ja noston/laskun hydrauliiikka sekä toimilaitteet

Suurempi pumppuyksikkö on samalla tasanteella missä on pienempikin yksikkö (kuva 20). Sen tehtävänä on käyttää noston/laskun sylintereitä ja kallistuksen sylinteriä, joten yhteensä sylintereitä on 5 kpl. Tämän ja pienemmän pumppuyksikön öljysäiliö on yhteinen. Suurempi pumppuyksikkö koostuu seuraavista komponenteista (Liitteenä 3 täydellinen osaluettelo):

- 22 kW:n sähkömoottori

- 1 kpl 71 cm^3 hydrauliiikkapumppu
- 1000 L öljysäiliö (yhteinen)
- 1 kpl 4/3 suuntaventtiili
- 2 kpl paineenrajoitusventtiilejä
- 1 kpl paineenrajoitusventtiili
- 1 kpl 4/2 suuntaventtiili

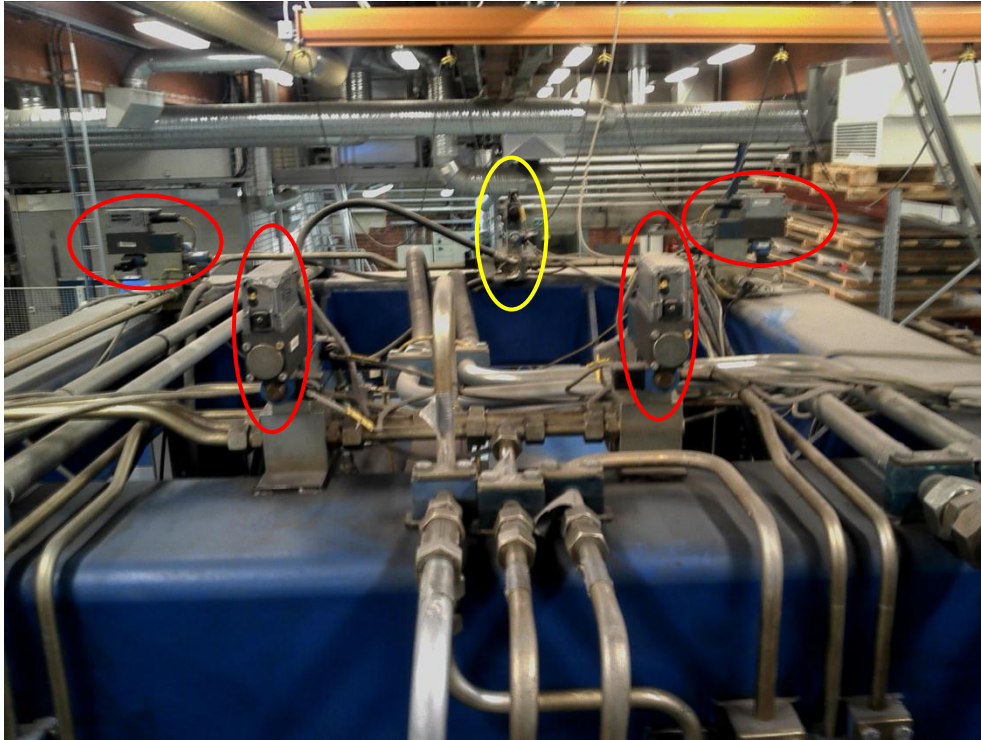


Kuva 20. Suurempi pumppuyksikkö

Suurempi pumppuyksikkö eroaa pienemmästä lähinnä sähkömoottorin ja pumpun osalta. Rexrothin valmistama 71 cm^3 pumppu on samanlainen kuin pyöryksessä käytettävät pumput (140 ja 100 cm^3) mutta vain pienemmällä kierrostilavuudella. Pumppu kykenee tuottamaan 106 L/min kun kierrostaajuus on 1500 r/min. Öljy johdetaan puristimelle putkea pitkin, jonka halkaisija on 22 mm ja paluulinja on yhteinen toisen pumppuyksikön kanssa. Liitteessä 4 1(3) on suuremman pumppuyksikön hydrauliiikka kaavio.

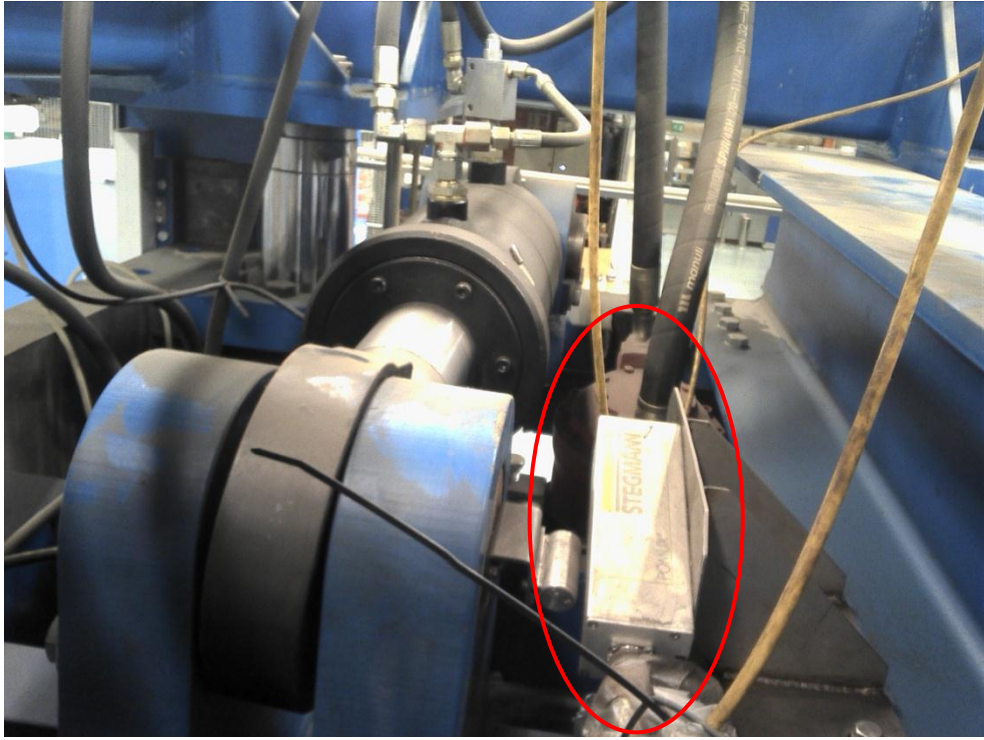
Jokaisella viidellä sylinterillä on oma venttiilinsä. Noston/laskun sylintereitä voidaan ajaa tarkasti regelventtiileiden avulla ja tämä mahdollistaa jokaisen sylinterin säädön

erikseen toisistaan riippumattomasti. Noston/laskun sylinteillä on lineaariset absoluuttianturit puristimen sivulla kuvan 17 tapaan. Kaikki venttiilit sijaitsevat puristimen päällä kuvan 21 tavalla. Kallistuksen sylinteriä ohjataan yhdellä 4/3-suuntaventtiilillä portaattomasti ja sylinterillä on lineaarinen absoluuttianturi toisin kuin hydraulikkakaavioon on piirretty. Liitteenä 4 3(3) on noston/laskun ja kallistuksen hydraulikkakaavio.



Kuva 21. Regelventtiilit ja 4/3-suuntaventtiili (keltaisella ympyröity)

Kallistuksen sylinteri on kaksitoiminen, sen iskunpituus on 170 mm ja männävarren halkaisija on 110 mm. Kuvassa 22 on kallistuksen sylinteri, joka sijaitsee puristimen yläosassa toinen pää kiinnitettynä kiinteästi runkoon ja toinen pää kiinnitettynä yläkaranrunkoon. Tämän sylinterin avulla karaa voidaan kallistaa 12° portaattomasti vierintämuovausprosessin aikana. Sylinterin tuottama voima 80 barin paineella on ulospäin (+ liike) noin 25 tonnia ja sisäänpäin (- liike) 18 tonnia.



Kuva 22. Kallistuksen sylinteri, lineaarinen absoluuttianturi ympäröitynä

4 SUUNNITTELU JA MUUTOSEHDOTUKSET

Suunnitteluprosesseja on olemassa erilaisia, mutta jokaisen lopputuloksena on valmis tuote. Suunnittelijoiden keskinäiset menettelytavat prosessissa voivat erota paljon toisistaan vaikuttaen lopputulokseen. Yleensä ensimmäisenä selvitetään tehtävänasettelu ja edelleen suunniteltavalle kohteelle laaditaan vaatimuksia ja ehtoja.

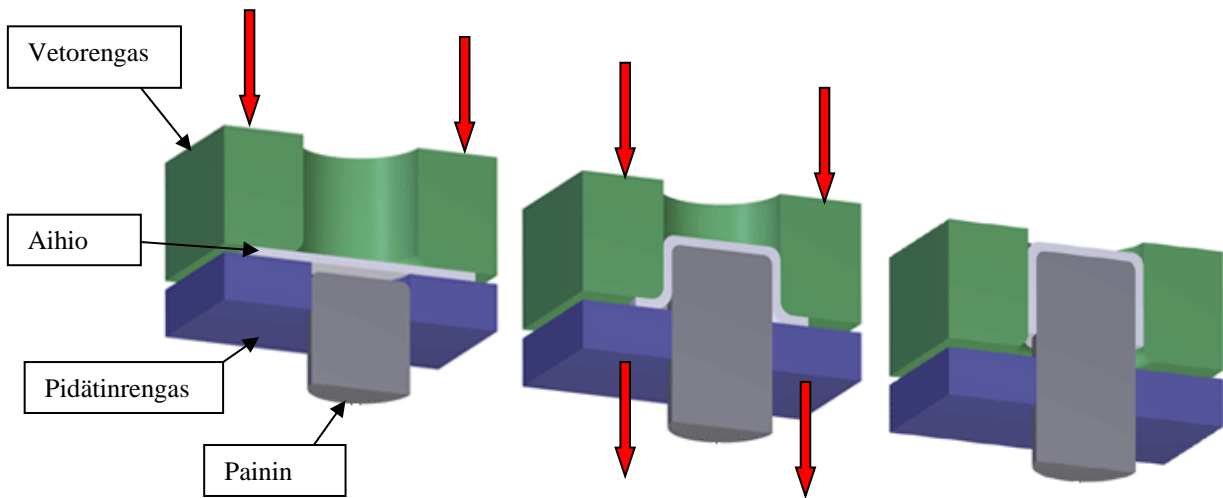
Tehtävänasetteluvaiheessa on selvitetty puristimen toimintaympäristö ja puristimelta vaadittavat ominaisuudet. Syvävetopuristimelle annettavia vaatimuksia ovat mm. asianmukainen toiminta, monipuolisuus, helppo käytettävyys ja turvallinen toimintatapa. Muutostyölle annettavia vaatimuksia ovat muun muassa ei liian monimutkaiset muutokset ja kohtuulliset muutuskustannukset.

Syvävetopuristinta lähdetään luonnostelevaan vierintämuovaimen antamien mahdollisuuksien ohjaamana, joita käsiteltiin aiemmin. Luonnosteluun liitetään tämän jälkeen tyypillisiä syvävetopuristimia ja syvävedon teoreettinen pohja. Näiden perusteella siirrytään kehittelyvaiheeseen, jossa laaditaan puristimista erilaisia versioita. Lopputuloksena syntyi kolme mallia, joita voidaan pitää teknisesti toteuttamiskelpoisina.

4.1 Tyypillisiä syvävetopuristimia – suunnittelun yksi lähtökohta

Markkinoilla olevat kaupalliset puristimet eroavat toisistaan voimiltaan, fyysiseltä kooltaan, puristinosan rakenteeltaan, hydraulikaltaan ja useilta pieniltä teknisiltä toteutus tavoiltaan. Peruseriaate on kuitenkin kuvan 3 tapainen kaikissa malleissa, jotka käyttävät ”perinteisiä” työkaluja. Suurin ero tulee siitä, onko painin liikkuva vai kiinteä tai ts. suorittaako painimen liike kappaleen syvävedon. Kuvassa 3. painin tekee työliikkeen kun veto- ja pidätinrenkas pysyvät paikoillaan. Tämä tapa näyttää olevan kuitenkin vähemmistössä kun tutkitaan markkinoilla olevia ja syvävetoa tekevien yritysten puristimia. Yleisempi tapa on kuvan 23 kaltainen 1-vaiheinen, jossa on nuolilla osoitettu osien liikkeet. Siinä vetorenkas (vihreä osa) liikkuu ylhäältä alas pidätinrengasta vasten ja painin osa on kiinteä rakenne. 1-vaiheisessa puristimessa kaikki liike tapahtuu vain vetorengas liikkeessä ja tässä tapauksessa liike on alaspäin. Pidätin- ja vetorenkas kohtaavat jossain vaiheessa ja jatkavat liikettään samaan

suuntaan. Yleensä pidätinrenkas on toteutettu ns. tappipöydällä, joka hoitaa pidätinvoiman säädön hydraulisesti tai jousiperiaatteella tappien välittämän voiman kautta. Esimerkki näin toteutetusta puristimesta on esitetty kuvassa 24.

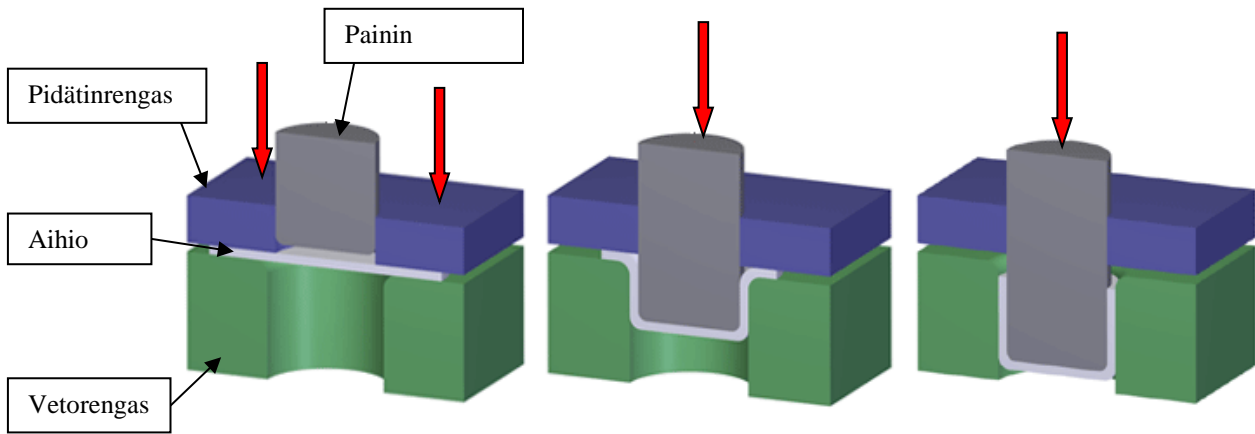


Kuva 23. 1-vaiheinen syväveto. (Custompartnet www-sivut, hakupäivä 6.11.2012)



Kuva 24. Syvävetopuristin tappipöydällä. (JTS)

Toista, 2-vaiheista (kuva 25), syvävetoperiaatetta käytetään puristimissa, joissa painimella suoritetaan veto pidätin- ja vetorengaan pysyessä paikallaan. Pidätinrenkas ja painin (sininen ja harmaa osa) on joko sijoitettu puristimen yläosaan tai alaosaan riippuen mallista. Esimerkkinä 2-vaiheisesta puristimesta on JTS:n pieni puristin (Kuva 26), joka toimii 2-vaiheisella periaatteella; vetorengas lasketaan pidätinrengasta vasten ja toisessa vaiheessa painin syvävetää aihion. JTS:n pienessä puristimessa painin ja pidätinrenkas ovat alaosassa puristinta ja pidätinvoima säädetään yläosassa olevalla sylinterillä. Kuvassa 25 pidätinrenkas ja painin ovat toisinpäin kuin JTS:n puristimessa eli yläosassa puristinta. 2-vaiheisen puristintyyppin etuna on se, että tappipöytää ei tarvita toisin kuin 1-vaiheisissa puristimissa.



Kuva 25. 2-vaiheinen syväveto. (Custompartnet www-sivut, hakupäivä 6.11.2012)

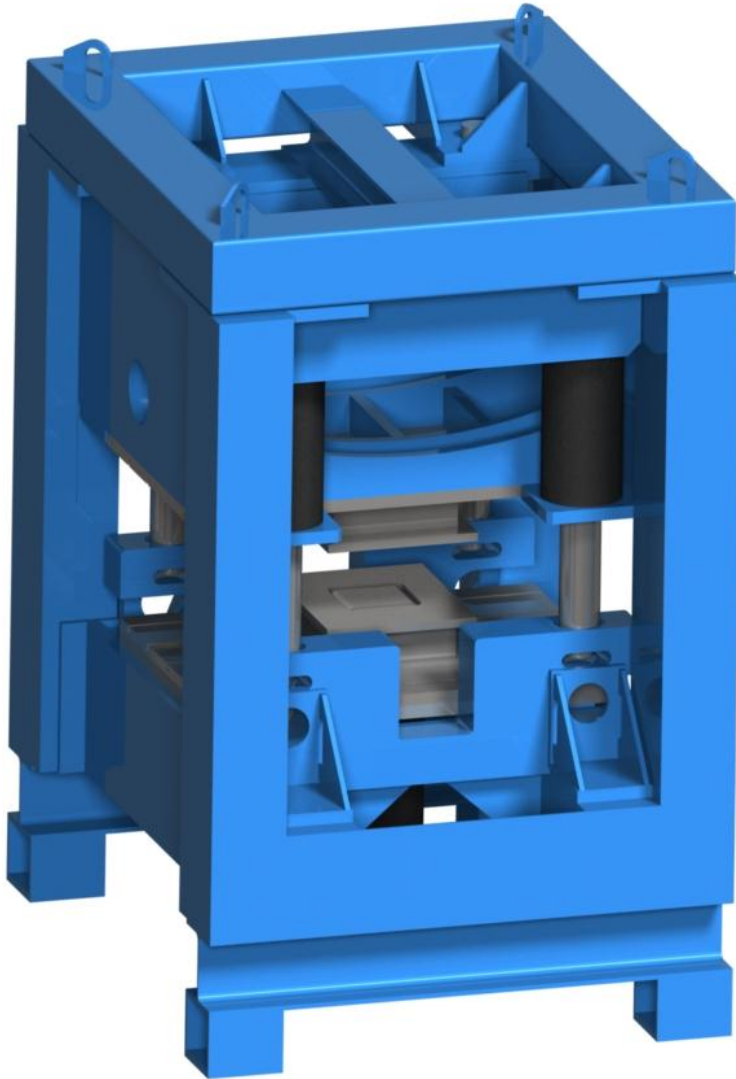


Kuva 26. JTS:n pieni 2-vaiheinen puristin

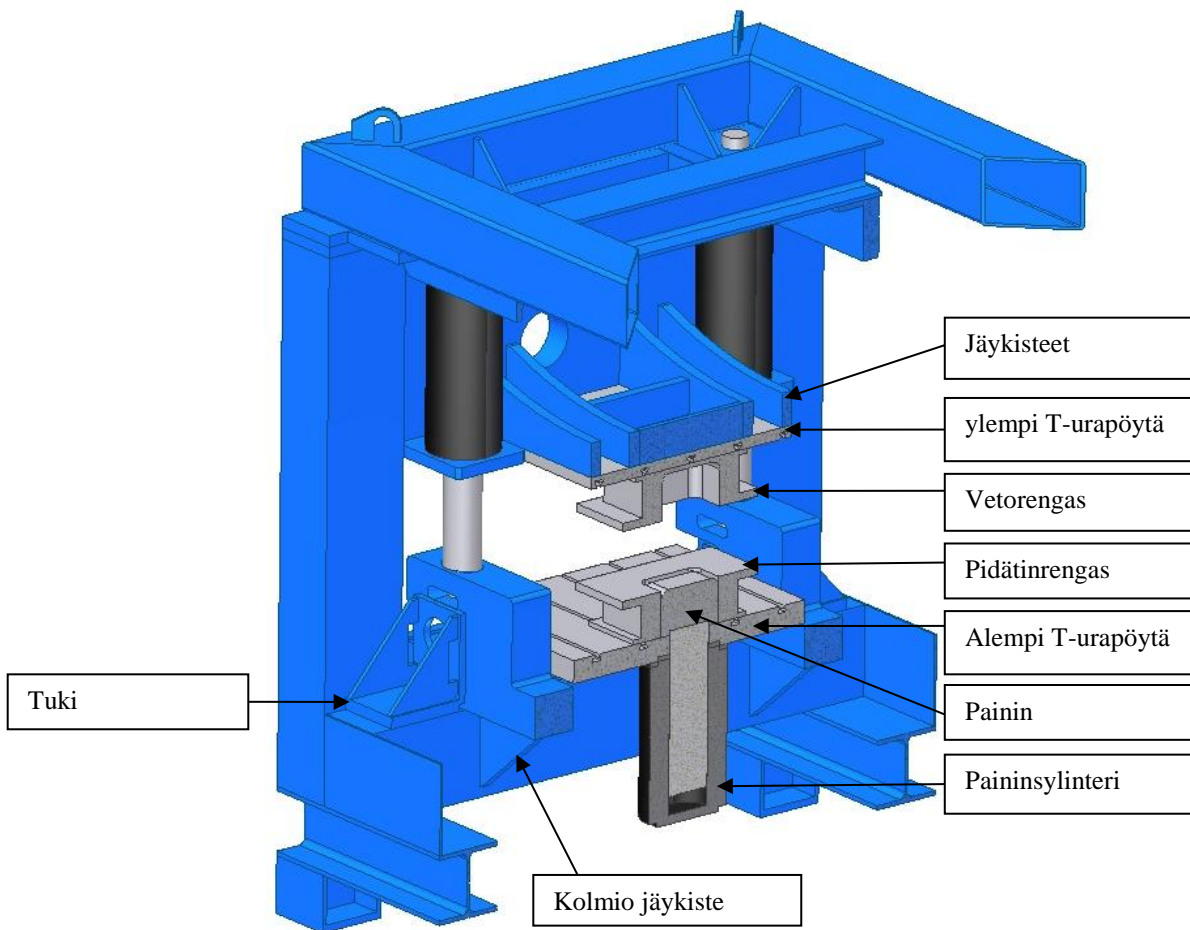
4.2 Proto I – 2-vaiheinen syvävetopuristin

Syvävetopuristin-malleja on mallinnettu kolme kappaletta ja kaikki kolme 3D-mallia perustuvat edellä mainittuihin puristinratkaisuihin: 1- ja 2-vaiheisiin puristimiin. Ensimmäinen (proto I) on 2-vaiheinen puristinmalli, joka on suunniteltu toimimaan samalla periaatteella kuin JTS:n pieni puristin. Tässä kuvan 27 mallissa vetorengas on yläosassa puristinta ja pidätinrenkas sekä painin ovat alaosassa puristinta.

Paininsylinteri on kiinnitetty alapuolelle alaosan T-urapöytään, josta painin työntyy ylöspäin, kun levyaihiö on puristettuna pidätinrenkaan ja vetorenkaan väliin. Vetorengas on kiinnitetty yläosan T-urapöytään ja se lasketaan pidätinrengasta vasten neljän jo ennestään olemassa olevien laskun/noston sylintereiden avulla.



Kuva 27. 2-vaiheinen proto I, jossa painin alaosassa



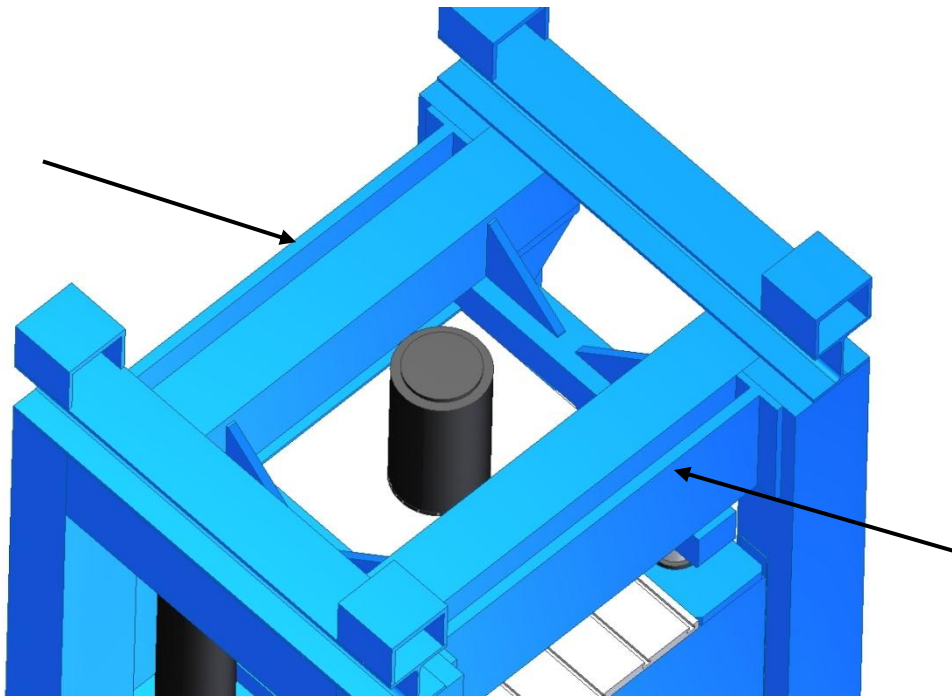
Kuva 28. Poikkileikkauskuva proto I puristimesta

4.2.1 Tärkeimmät muutokset, tarvittavat rakenteet ja osat

Yhtenä lähtökohtana syvävetopuristinta suunniteltaessa on ollut säilyttää mahdollisimman paljon jo olemassa olevista osista, rungosta ja toimilaitteista. Tämä on mahdollista, sillä vierintämuovaimen runkorakenne tarjoaa suhteellisen valmiin pohjan syvävetoteknologialle vankan nelipilarirungon ja neljän noston/laskun sylintereiden ansiosta. Proto I:n runko on suurimmaksi osaksi vanhaa konstruktiota ja tiettyjä toimilaitteita pystyttäisiin käyttämään sellaisena kuin ne ovat nykyisinkin. Jotta syvävetopuristin pystyttäisiin rakentamaan järkevästi olisi ylimääräisiä rakenteita on kuitenkin karsittava reilusti. Poistettavat rakenteet ovat seuraavat:

- koko alakara ja siivuinsiirto runkoineen, alajohteineen ja toimilaitteineen
- koko yläkara ja kallistus runkoineen ja toimilaitteineen
- laakereiden kiertovoiteluvoiteluyksikkö ja siihen liittyvät letkut ym.

Alakaran poistaminen on tarpeellinen, sillä muuten T-urapöydän kiinnittäminen olisi vaikeaa, paininsylinterin sijoituksen kanssa tulisi ongelmia ja työkorkeus (T-urapöydän taso lattiasta) kasvaisi lähes kahteen metriin. Lisäksi siivuunsiirto voi aiheuttaa ongelmia syvävedossa päästessään liikkumaan ilman mekaanisen lukon lisäämistä. Koska siivuunsiirron sylinterit ovat kuitenkin osa tukevaa runkorakennetta, täytyy rungon kestävyys ja jäykkyys varmistaa esimerkiksi kuvassa 28 olevilla kolmiojäykisteillä tms.

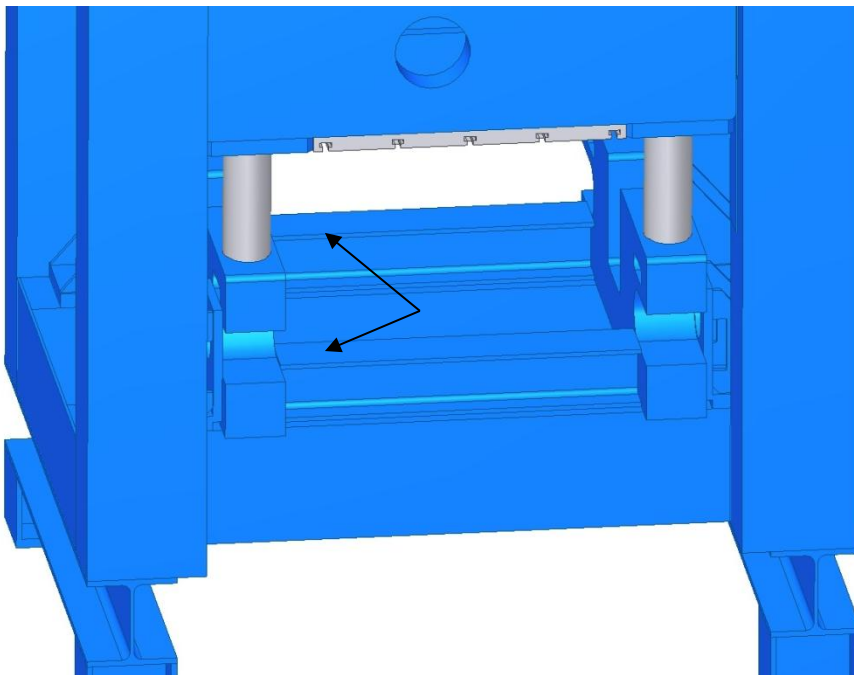


Kuva 29. Puristin alapuolelta katsottuna

Yläkaran poisto on myös tarpeellinen, koska T-urapöydän kiinnittäminen olisi kallistuvaan karan runkoon erittäin vaikeaa ja lisäksi kallistuva rakenne tarvitsisi lukituksen. Toisin kuin alakara, yläkara runkoineen ei lisää merkittävästi yläosan jäykkyyttä, sillä runko on nivelöity. Silti yläosan jäykkyys täytyy tarkastella huolellisesti, koska syvävedosta aiheutuu suuria taivuttavia voimia keskelle T-urapöytää. Todennäköisesti yläosan T-urapöydän yläpuolelle olisi suunniteltava runkoa jäykistäviä rakenteita kuten kuvassa 28 on esitetty. Lisättäviä rakenteita ovat edellä mainittujen lisäksi I-palkit alemman T-urapöydän alle. Nämä nostavat hieman pöytää tuoden tilaa paininsylinterille ja myös vahvistavat runkoa. Toisaalta I-palkit lisäävät rungon tukevuutta ja tuovat tilaa pöydän alapuolelle, mutta toisaalta ne syövät kitaväliä,

josta johtuen kappaleiden maksimisyvyys jäisi pienemmäksi kuin ilman I-palkkeja. Alla listattuna yhteenveto lisättävistä rakenteista ja osista:

- 2 kpl T-urapöytiä (koko: alapöytä 1200x1660, yläpöytä: 1040x1840 mm)
- paininsylinteri (mahdollisesti irroitussylinteri käy)
- jäykisteet ylärunkoon
- jäykisteet alarunkoon
- 2 kpl I-palkkeja (Esim. HEB 200-1200, kuva 30)

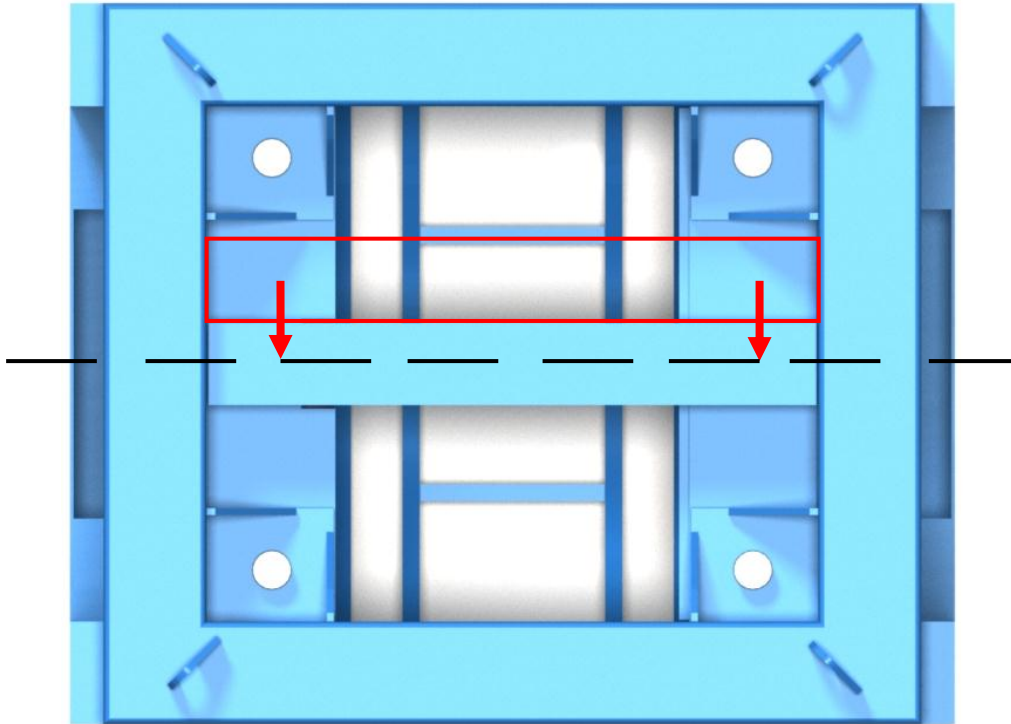


Kuva 30. I-palkit

4.2.2 Muita muutostöitä

Muita muutostöitä ovat muun muassa kuvassa 29 nuolilla osoitettujen tukipalkkien korkeuden pienentäminen/poistaminen tai palkkien pudottaminen alaspäin. Tämä muutos on ehdoton, sillä muuten tukipalkin yläreuna nousisi T-urapöytää huomattavasti korkeammalle ja käyttäjän työskentely koneella olisi hankalaa. Toinen muutostyö on kuvassa 28 olevien neljän tuen kiinnittäminen tukevasti runkoon niin, että noston/laskun sylintereiden alapäätä pitävä runkopalkki kiinnittyy tukiin. Kolmas muutostyö on ylärungon I-palkin siirtäminen keskilinjalle kuvan 31 tapaan. Palkki on nyt 206 mm

päässä keskilinjasta ja tästä voi aiheutua epätasainen pidätinpaineen muodostuminen muovattavaan aihioon.



Kuva 31. I-palkin siirto keskelle

4.2.3 Muutokset hydraulikkaan

Hydrauliikkaan joudutaan tekemään huomattavia muutoksia, jotta syvävetopuristin voidaan toteuttaa. Suurimmat muutokset pitäisi tehdä hydraulikkayksikköihin, sillä ne ovat liian suuritehoiset suhteutettuna jäljelle jäävien toimilaitteiden tarvitsemaan tilavuusvirtaan. Koska toimilaitteita karsitaan huomattavasti, yhteensä 3 kpl sylintereitä ja 2 kpl hydraulikkamoottoreita, voi koneikko olla paljon pienempi ja näin ollen taloudellisempi ja vähemmän tilaa vievä.

Tarkoituksena olisi kuitenkin säilyttää entiset venttiilit ja muut ohjaukseen tarvittavat hydraulikan komponentit, tietenkin niin, että tarpeettomat poistettaisiin. Näitä tarpeettomiksi käyviä komponentteja ovat esimerkiksi siivuunsiirron venttiilit ja kallistuksen venttiili sekä näihin liittyvät putkitukset. Irroituksen sylinteriä voitaisiin käyttää paininsylinterinä ja sen ohjaukseen olisi valmiina hyvät komponentit.

Pyörityksen hydraulikka puretaan pois täydellisesti koska syvävetopuristimessa ei tarvita hydraulikkamoottoreita eikä niin tehokasta koneikkoa kuin alin koneikko on.

Uudeksi koneikoksi riittäisi noin 200-300 litran tilavuudella oleva öljysäiliö, yksi sähkömoottori ja yksi pumppu, jonka kierrostilavuus olisi vähintään 80 cm^3 . Tällainen pumppu kykenisi tuottamaan teoriassa 120 L/min olevan tilavuusvirran, mikä riittäisi noston/laskun sylintereille. Rajoittavaksi tekijäksi tilavuusvirran kasvattamisen suhteen tulee neljä nostoa/laskua ohjaavaa regelventtiiliä, joiden läpi pystytään normaalisti ohjaamaan 30 litraa öljyä minuutissa. Suurempikin öljymäärä pystytään ohjaamaan, mutta vain hetkellisesti.

Jos tilavuusvirtaus olisi 30 litraa minuutissa per sylinteri, niin sylinterin nopeus ja samalla laskun/noston nopeus olisi noin 1 m/min ja 450 mm iskunpituuden suorittamiseen kuluisi aikaa noin 27 sekuntia. Samansuuruinen tilavuusvirtaus menisi myös paininsylinterille, joka on tässä tapauksessa irroituksensylinteri ja tällöin nopeus ja iskun suorittamiseen kuluva aika olisivat samat kuin nostolla ja laskulla. Esitetyt nopeudet olisivat kohtuulliset ja säädettävissä tarpeen vaatiessa.

Koneikko voitaisiin myös rakentaa vanhoista osista esimerkiksi siten, että toinen 1000 litran öljysäiliöistä otetaan käyttöön ja tämän päälle koottaisiin pumppu/sähkömoottori yhdistelmä. Pumpuksi kävisi jo olemassa oleva 100 cm^3 pumppu ja 22 kW:n tai isompi 55 Kw:n sähkömoottori. Suuremmasta pumpusta kuin teoriassa tarvittaisiin ei ole haittaa, mutta liian pienellä pumpulla rajat tulevat nopeasti vastaan.

Koneikon sijoittelussa voidaan käyttää kahta vaihtoehtoa: 1) koneikon vienti puristimen päälle kuten kuvan 14 puristimessa tai 2) koneikko sijoitetaan lattialle puristimen viereen. Ensimmäinen vaihtoehto olisi hallin lattiatilaa säästävä, mutta puristimen päälle pitäisi tehdä huoltotaso ja koneikon pitäisi olla pienemmällä öljysäiliöllä kuin 1000 L, jotta koneikko sopisi kokonsa puolesta ylös sijoitettavaksi. Ensimmäinen vaihtoehto vähentäisi myös putkitusten määrää koneikolta toimilaitteille.

4.2.4 Proto I:n tekniset rajoitteet

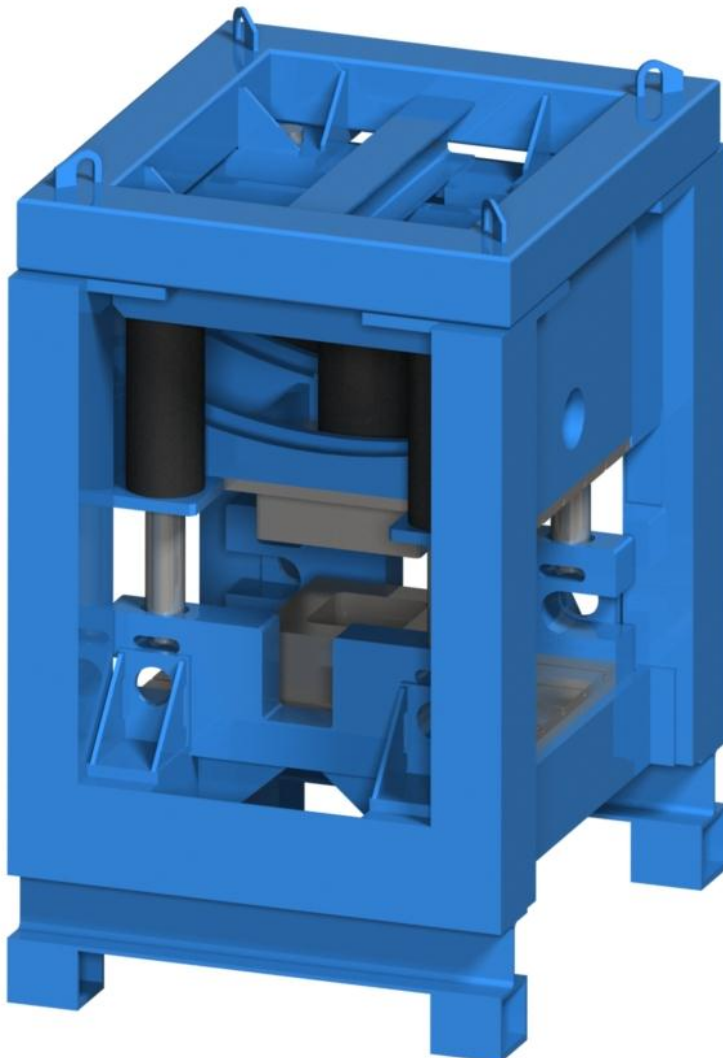
Noston/laskun sylintereiden yhteenlaskettu voima on noin 92 tonnia 80 barin paineella mikä on samalla pidätinvoima kun pidätin- ja vetorengas ajetaan toisiaan vasten. Todellisuudessa pidätinvoima on muutaman tonnin suurempi, sillä ylärungon massaa ei ole otettu tässä huomioon. Jos paininsylinteri toimii myös samalla 80 barin paineella, niin sen tuottama voima on noin 23 tonnia ja samalla se olisi myös syvävetoon saatava maksimi kuorma tällä paineella. Paininsylinterin tehdessä työliike ylöspäin eli vastakkaiseen suuntaan kuin yläosa pyrkii liikkumaan, pienenee pidätinvoima, koska aihion kautta välittyvä voima pyrkii nostamaan yläosaa. Jos ajatellaan, että aihio olisi joustamaton ja muotoa muuttamaton jäykkä levy, niin 23 tonnin paininvoimalla ylöspäin työnnettäessä 92 tonnin pidätinvoima pienenee 69 tonniin. Tästä johtuen muovattavan aihion materiaalivahvuus, aihion koko eikä materiaalin lujuus voi olla kuinka suuri tahansa, sillä voimat eivät riitä tarpeeksi suuren pidätinvoiman ja paininvoiman tuottamiseen 80 barin paineella. Vaihtoehtona on silloin paineen nosto, joka on periaatteessa mahdollista 250 bariin asti. Silloin pidätinvoimaa saataisiin noin 300 tonnia ja paininvoimaa noin 74 tonnia. Tällöinkin materiaalin laatu ja vahvuus muodostuvat rajoittaviksi tekijöiksi jossain vaiheessa. Puristimen runko voi myös vaatia vahvistusta näin suuria voimia käytettäessä.

Toinen rajoittava tekijä on kitaväli (ala- ja ylä T-urapöydän väli) ja sylintereiden iskunpituus, joka tässä tapauksessa on kaikilla sylintereillä sama eli 450 mm. Puristimella olisi periaatteessa mahdollista valmistaa 450 mm syviä kappaleita, mutta ongelmaksi muodostuu valmiin kappaleen poistaminen työkalujen välistä koska yläosaa voi nostaa vain rajallisesti. Maksimaalinen kappaleen syvyys olisi täten noin 200 mm. Kitaväliä voitaisiin isontaa jättämällä kuvan 30 I-palkit pois jolloin kitaväli kasvaisi 200 mm ja syvempien kappaleiden valmistaminen olisi mahdollista. Jos alemmaa T-urapöytää voitaisiin laskea vieläkin alemmas, niin 450 mm syvien kappaleiden valmistus tulisi mahdolliseksi. I-palkit eivät ole välttämättömät kunhan paininsylinteri saadaan sopimaan pöydän alapuolelle ja runko pystytään vahvistamaan lisärakenteilla.

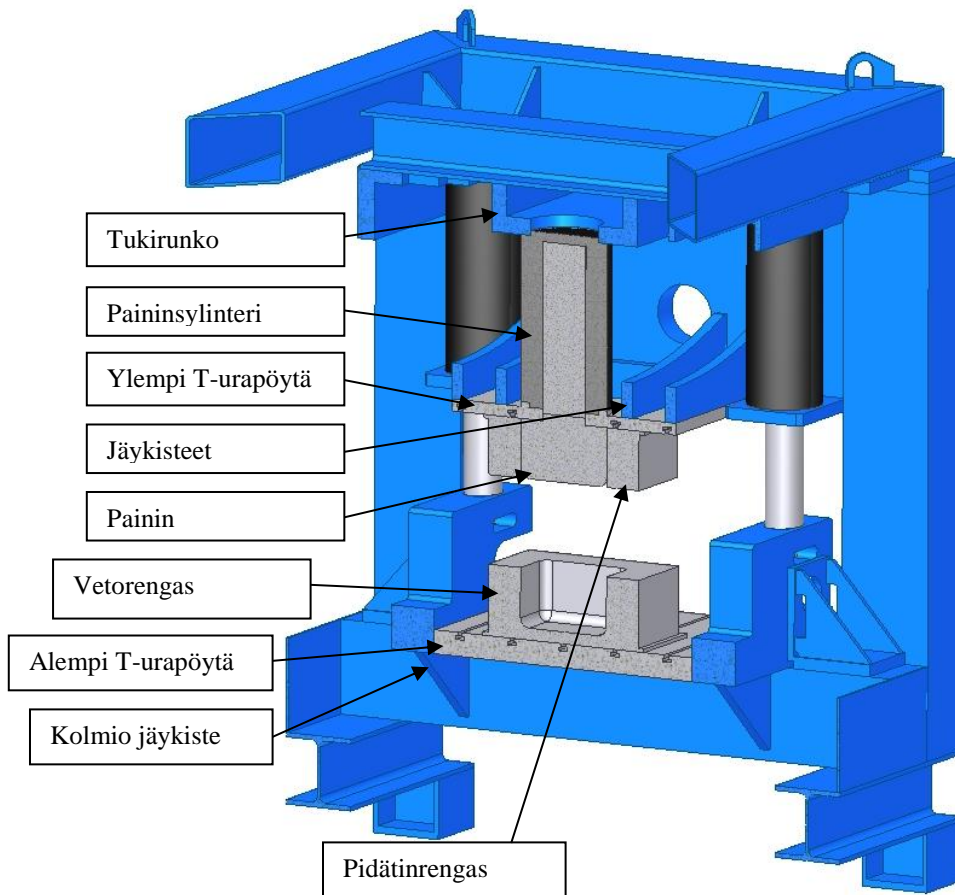
Kolmas rajoittava tekijä on aihion koko. Teoriassa aihio voi olla 1200 mm leveä ennen kuin sen syöttämisessä puristimeen tulee ongelmia, mutta käytännössä aihiot ovat pienempiä.

4.3 Proto II – 2-vaiheinen syvävetopuristin

Proto II on myös 2-vaiheinen puristinmalli, joka on suunniteltu toimimaan samantyyppisellä periaatteella kuin Proto I. Tässä kuvan 32 mallissa vetorengas on alaosassa puristinta ja pidätinrenkas sekä painin ovat yläosassa puristinta. Paininsylinteri on kiinnitetty yläpuolelle yläosan T-urapöytään, josta painin työntyy alaspäin ja vetorengas on kiinnitetty alaosan T-urapöytään. Tässäkin mallissa noston/laskun sylinterit on jätetty entiselleen ja paininsylinterinä käytetään irroituksensylinteriä. Runko on suurelta osin samanlainen kuin edellisessä mallissa erona vain paininsylinterin kiinnitykseen tarvittavat rakenteet yläosassa.



Kuva 32. Proto II, jossa painin yläosassa



Kuva 33. Läpileikkauskuvat Proto II puristimesta

4.3.1 Tärkeimmät muutokset, tarvittavat rakenteet ja osat

Tämänkin mallin runko on suurimmaksi osaksi vanhaa konstruktiota ja toimilaitteina sovelletaan samoja vanhoja vierintämuovaimen toimilaitteita. Tärkeimmät tehtävät muutokset ovat hyvin pitkälti samat kuin edellisessä mallissa. Karsittavat rakenteet ovat myös samat kuin Proto I –mallissa:

- Koko alakara ja siivuunsiirto runkoineen, alajohteineen ja toimilaitteineen
- Koko yläkara ja kallistus runkoineen ja toimilaitteineen
- Laakereiden kiertovoiteluvoiteluyksikkö ja siihen liittyvät letkut ym.

Mitään muuta eroa edelliseen malliin verrattuna ei ole paininsylinterin sijainnin lisäksi kuin se, että paininsylinterin toiseen päähän on suunniteltu tukirunko kuvan 33 tavalla ja I-palkkeja ei ole lisätty alemman T-urapöydän alle. I-palkit eivät ole välttämättömät koska T-urapöydän alapuolella ei tarvita niin suurta tilaa paininsylinterin sijainnin

muututta ylös. Runko saadaan tukevaksi muulla keinoin ja lisäksi palkkien pois jättäminen laskisi työtasoa alemmaksi sopivalle korkeudelle.

Lisättävät rakenteet lyhyesti:

- 2 kpl T-urapöytiä (koko: alapöytä 1200x1660, yläpöytä: 1040x1840 mm)
- Paininsylinteri (mahdollisesti irroitussylinteri käy)
- Jäykisteet ylärunkoon
- Jäykisteet alarunkoon
- Tukirunko paininsylinterille

4.3.2 Muita muutostöitä

Kaikki muut muutostyöt, jotka koskevat edellistä puristinmallia, koskevat myös tätä puristinmallia. Kuvan 29 tukipalkkien korkeutta voidaan joutua pienentämään tässä tapauksessa vähän enemmän kuin edellisessä I-palkkien jäädessä pois. Seuraavassa on lueteltuna muut muutostyöt:

- Kuvassa 29 nuolilla osoitettujen tukipalkkien korkeuden pienentäminen, pudottaminen alaspäin tai kokonaan poistaminen.
- Kuvassa 28 olevien neljän tuen kiinnittäminen tukevasti runkoon.
- Ylärungon I-palkin siirtäminen keskilinjalle kuvan 31 tapaan.

Työtasoa voitaisiin vieläkin mataloittaa poistamalla puristimen jalat, neljä kuution muotoista koroketta, jolloin taso laskisi metrin korkeudesta 80 cm:n korkeuteen. Tämä sen takia, että työkalujen ja aihoiden nostaminen pöydälle olisi helpompaa.

4.3.3 Muutokset hydraulikkaan

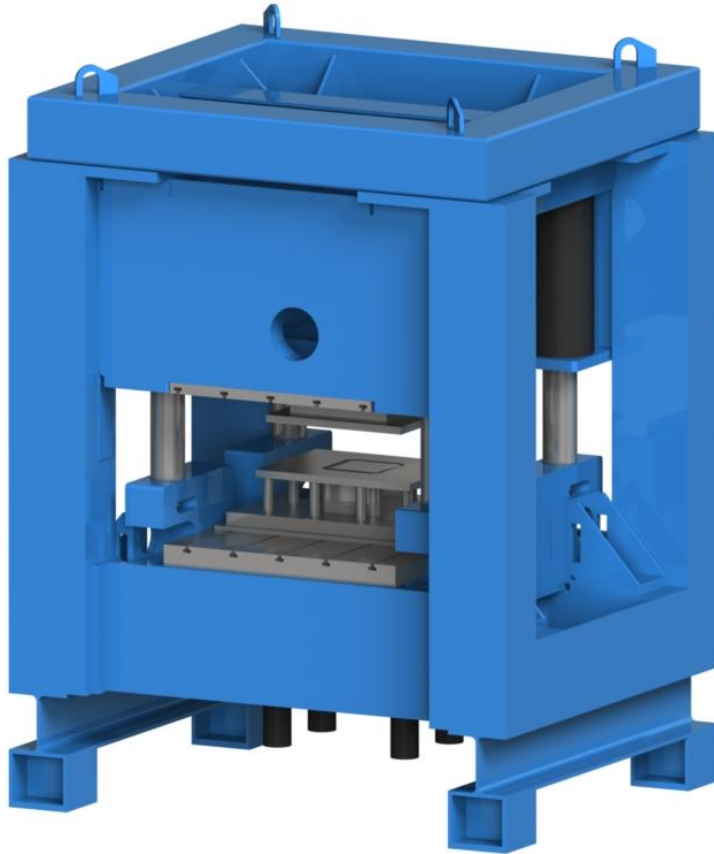
Koska toimilaitteet ovat samat kuin Proto I:ssä, niin hydraulikkakin voidaan suunnitella samanlaiseksi. Saatavat voimat ovat samat kuin Proto I:ssä ja samat koneikolle asetetut vaatimukset pätevät tähänkin puristimeen.

4.3.4 Proto II:n tekniset rajoitteet

Kaikki rajoitteet jotka koskevat Proto I:tä, koskevat myös Proto II:ta sillä pienellä erolla, että Proto I:n T-urapöydän alle ei tule I-palkkeja ja tästä on seurauksena suurempi kitaväli ja mahdollisuus valmistaa syvempiä kappaleita.

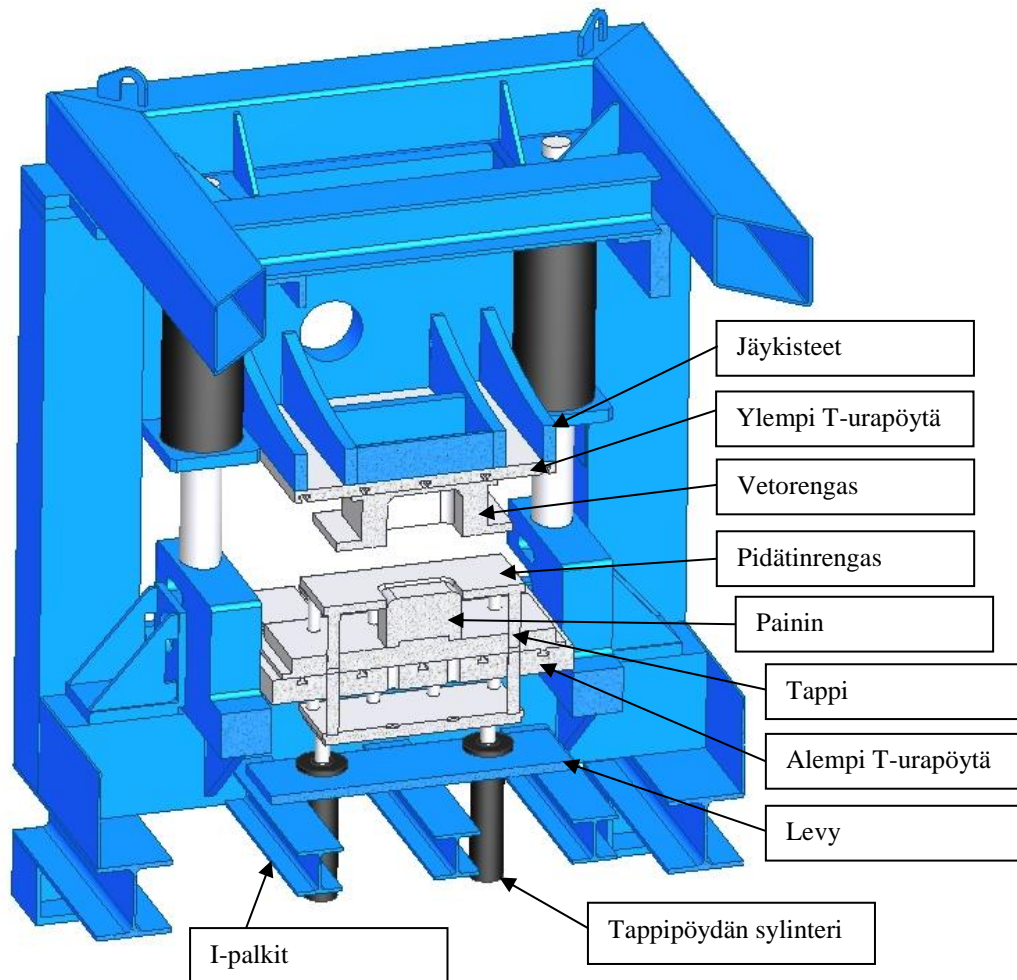
4.4 Proto III – 1-vaiheinen syvävetopuristin

Tämä malli eroaa kahdesta edellä esitetystä mallista huomattavasti, sillä kun pidätinvoima säädettiin kahdessa ensimmäisessä noston/laskun sylintereillä, niin tässä se tapahtuu tappipöydällä (kuva 34). Lisäksi painin on kiinnitetty kiinteästi alustaan ja se pysyy paikallaan koko prosessin ajan. Syväveto alkaa aihion asettelulla (myös Proto I-II) alemmalle työkalulle, jonka jälkeen vetorengas lasketaan tappipöytää vasten noston/laskun sylintereillä puristaen aihion renkaiden väliin. Laskua jatkettaessa tappipöytä painuu alaspäin samalla kun tappipöydän alapuolelle sijoitetut sylinterit vastustavat liikettä ja säätävät pidätinvoimaa. Laskua jatketaan niin kauan, että haluttu kappaleen syvyys saavutetaan. Lopuksi syvävedon loputtua yläosa ja tappipöytä ajetaan ylös perusasemaan.



Kuva 34. Proto III. Tappipöydällä toteutettu puristin

Pidätinvoiman säätö voidaan tehdä tarkasti tappipöydän avulla, sillä tappeja on useita ja niiden kautta voidaan ohjata erisuuruisia voimia. Tappipöytä perustuu siihen ,että alhaalla olevat neljä sylinteriä vastustavat yläosan alaspäin suuntautuvaa liikettä, jolloin pidätin- ja vetorenkaan väliin syntyy aihiota puristava voima. Vastustava voima syntyy yleensä hydraulisesti sylintereillä tai mekaanisesti esimerkiksi jousien avulla. Hydraulisesti toimivissa puristimissa, kuten tässä, voiman säätö on helppoa, sylintereiden ohjaukseen käy yksinkertainen järjestelmä ja hydraulisenpaineen muodostamiseen tarvitaan paineakut koneikon sijasta. Toisaalta tappipöydällä varustetun puristimen rakenne on monimutkaisempi kuin kahdessa aikaisemmassa mallissa, koska T-urapöydän alle tulee lisää runkorakenteita, sylintereitä tulee tässä tapauksessa 4 kpl ja lisäksi vielä tappipöytä. Tappipöytä voidaan vaihtoehtoisesti toteuttaa neljän sylinterin sijaan yhdellä sylinterillä, joka sijoitetaan samaan paikkaan mutta keskelle T-urapöytää.



Kuva 35. Läpileikkauskuva Proto III puristimesta

4.4.1 Tärkeimmät muutokset, tarvittavat rakenteet ja osat

Runkona tässäkin mallissa on vanha vierintämuovaimen runko ja noston/laskun sylinterit säilytetään ennallaan. Muutostyöt ovat hieman laajemmat tässä mallissa, johtuen T-urapöydän alle rakennettavasta runkorakenteesta ja tappipöydästä. Runkorakenne koostuu kuvassa 35 olevista I-palkeista ja yhdestä levystä, joiden varaan 4 kappaletta tappipöydän sylintereitä asetetaan. Poistettavat osat ovat samat kuin edellisessäkin mallissa:

- Koko alakara ja siivuunsiirto runkoineen, alajohteineen ja toimilaitteineen
- Koko yläkara ja kallistus runkoineen ja toimilaitteineen
- Laakereiden kiertovoiteluvoiteluyksikkö ja siihen liittyvät letkut ym.

Lisättäviä rakenne-kokonaisuuksia ovat tappipöytä, T-urapöydät, tappipöydän runkorakenne/sylinterit, yläosan jäykisteet ja mahdolliset paineakut.

Lisättävät rakenteet lyhyesti:

- 2 kpl T-urapöytiä (koko: alapöytä 1200x1660, yläpöytä: 1040x1840 mm)
- Tappipöytä
- I-palkit T-urapöydän alle (kuva 30)
- Jäykisteet ylärunkoon
- Tappipöydän runkorakenne (I-palkit ja levy)
- Tappipöydän sylinterit
- (Paineakut)

4.4.2 Muita muutostöitä

Tähän puristimeen liittyvät muut muutostyöt ovat samat kuin ensimmäisen puristimen. Seuraavassa on lueteltuna muut muutostyöt:

- Kuvassa 29 nuolilla osoitettujen tukipalkkien korkeuden pienentäminen, pudottaminen alaspäin tai kokonaan poistaminen.
- Kuvassa 28 olevien neljän tuen kiinnittäminen tukevasti runkoon.
- Ylärungon I-palkin siirtäminen keskilinjalle kuvan 31 tapaan.

Työtasoa voitaisiin vieläkin mataloittaa poistamalla puristimen jalat, neljä kuution muotoista koroketta, jolloin taso laskisi noin metrin korkeuteen. Tämä sen takia, että työkalujen ja aihoiden nostaminen olisi helpompaa pöydälle.

4.4.3 Muutokset hydraulikkaan

Hydraulikkaan joudutaan tekemään samanlaisia muutoksia kuin kahteen edelliseenkin malliin. Samoin myös pyritään säilyttämään mahdollisimman paljon vanhoja komponentteja kuten venttiilejä, toimilaitteita ja ehkä koneikon osia. Toimilaitteista poistetaan kaikki muut paitsi noston/laskun sylinterit. Poistettavia ovat siis irroituksen, sivuunsiirron ja kallistuksen sylinterit.

Uudeksi koneikoksi riittäisi noin 200-300 litran tilavuudella oleva öljysäiliö, yksi sähkömoottori ja yksi pumppu, jonka kierrostilavuus olisi vähintään 80 cm^3 . Toimilaitteiden liikenopeudet ja voimat olisivat samat kun edellisissä malleissa. Koneikko voitaisiin rakentaa vanhoista osista esimerkiksi siten, että toinen 1000 litran öljysäiliöistä otetaan käyttöön ja tämän päälle koottaisiin pumppu/sähkömoottori yhdistelmä. Pumpuksi kävisi jo olemassa oleva 100 cm^3 pumppu ja 22 kW:n tai isompi sähkömoottori. Koneikko voidaan sijoittaa puristimen päälle tai lattialle.

4.4.4 Proto III:n tekniset rajoitteet

Tappipöytä ei aseta lisää rajoitteita verrattuna kahteen edelliseen puristinmalliin, jotka toimivat 1-vaiheisesti. Pidätinvoima säädetään tässä tapauksessa tappipöytää jarruttamalla ja syvävetoon saatava voima on saman suuruinen 80 barin paineella, johtuen samoista toimilaitteista. Yläosan liikenopeuskin on sama 1 m/min kun tilavuusvirta on 30 L/min.

Yksi rajoittava tekijä on kitaväli (ala- ja ylä T-urapöydän väli) ja sylintereiden iskunpituudet. Puristimella olisi periaatteessa mahdollista valmistaa 450 mm syviä kappaleita, mutta ongelmaksi muodostuu valmiin kappaleen poistaminen työkalujen välistä koska yläosaa voi nostaa vain rajallisesti. Maksimaalinen kappaleen syvyys olisi täten noin 200 mm. Kitaväliä voitaisiin suurentaa jättämällä kuvan 30 I-palkit pois jolloin kitaväli kasvaisi 200 mm ja syvempien kappaleiden valmistaminen olisi mahdollista.

5 KUSTANNUSARVIO

Kustannusarvio on tehty suuntaa-antavasti ja siihen ei ole laskettu puristimen rakentamisessa tarvittavia pienimpiä osia eikä tarvittavaa jatko suunnittelua. Hinnat ovat Etra Oy:n ja BE Group Oy:n hintoja. Seuraavissa taulukoissa on puristinten valmistukseen tarvittavien materiaalien hinta-arviot.

Proto I

	Määrä m	Paino m/kg	Hinta €/kg	Hinta €
I-palkki HEB200	12	61,3	0,9	662

	Määrä m2	Kokonaispaino kg	Hinta €/kg	Hinta €
50 mm teräslevy	12	4710	0,19	890
100 mm teräslevy	12	9420	0,31	2950

	Määrä kpl	Koko/Tyyppi	Hinta €
Paininsylinteri	1	250/125-500	2950
Koneikko	1	75 Kw/250bar/108cm3/200l	8800
		Yhteishinta:	16252

Proto II

	Määrä m2	Kokonaispaino kg	Hinta €/kg	Hinta €
50 mm teräslevy	12	4710	0,19	890
80 mm teräslevy	12	7536	0,12	920
100 mm teräslevy	12	9420	0,31	2950

	Määrä kpl	Koko/Tyyppi	Hinta €
Paininsylinteri	1	250/125-500	2950
Koneikko	1	75 Kw/250bar/108cm3/200l	8800
		Yhteishinta:	16510

Proto III

	Määrä m	Paino m/kg	Hinta €/kg	Hinta €
I-palkki HEB200	12	61,3	0,9	662
40 mm pyörötanko	18	39,3	0,21	151

	Määrä m2	Kokonaispaino kg	Hinta €/kg	Hinta €
50 mm teräslevy	12	4710	0,19	890
80 mm teräslevy	12	7536	0,12	920
100 mm teräslevy	12	9420	0,31	2950

	Määrä kpl	Koko/Tyyppi	Hinta €
Tappipöydän sylinterit	4*	100/50-300	1200
Paineakku	1	40l	2000
Koneikko	1	75 Kw/250bar/108cm3/200l	8800
		Yhteishinta:	17573

*Tappipöydän sylintereiden lukumäärä riippuu pöydän toteutustavasta. Vaihtoehtoisesti pöydässä voidaan käyttää yhtä isoa sylinteriä.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Vierintämuovaimen muuntaminen syvävetopuristimeksi on mahdollista niin, että puristimille annetut vaatimukset täyttyvät suurelta osin. Puristimet kuitenkin antavat tiettyjä rajoitteita kuten aikaisemmin mainittu kappaleen suurin syvyys. Vedettävät syvyydet ovat kuitenkin kohtuulliset ja monissa tapauksissa todennäköisesti riittävät. Aikaisemmin mainittiin myös puristinten voimien antamat rajoitteet syvävedolle. Teoreettisesti puristimet pystyisivät tuottamaan noin 300 tonnin kuorman, joka riittäisi tiettyyn pisteeseen asti, kun materiaalin vahvuus ja aihion koko kasvaa. Rungon kestävydestä pitäisi kuitenkin varmistaa lujuuslaskuilla ja simuloimalla prosessi, jotta se tulee kestäväksi niin suurilla voimilla.

Kaikki kolme 3D puristinmallia eroavat toisistaan ja jokaisella on hieman erilaiset ominaisuudet. On vaikea sanoa mikä kolmesta ratkaisusta olisi paras ja toimivin ilman käytännön testauksia. Proto I ja II ovat jossain määrin helpompia toteuttaa kuin proto III yksinkertaisempien rakenteiden vuoksi. Proto III taas todennäköisesti antaisi parhaat olosuhteet syvävetoon tappipöydän ansiosta. Tämä sillä varauksella, että tappipöydän pitää olla onnistuneesti suunniteltu ja valmistettu, jotta siitä saadaan kaikki hyöty irti.

Materiaalikustannukset eivät eroa kolmen puristinmallin välillä suuresti. Proto I ja II materiaalit kustantavat saman verran ja proto III olisi hieman kalliimpi. Hinnat eivät ole absoluuttisia, sillä joitain vanhoja toimilaitteita voitaisiin hyödyntää uudestaan ja koneikko olisi mahdollista rakentaa vanhoista osista. Näin meneteltäessä materiaalikustannukset tippuisivat puolella. Kokonaisuudessaan voidaan sanoa, että uutta materiaalia ei tarvita kovinkaan suurilla määrillä puristinten rakentamiseen, kustannuksista huomattava osa muodostuisi koneistus- ja asennustöistä ym. muutoksiin liittyvistä töistä.

Muutostöistä aiheutuvia kustannuksia pitäisi taas verrata siihen mitä valmis syvävetopuristin tulisi maksamaan tai ts. onko syvävetopuristimen rakentaminen taloudellisesti kannattavaa. Käytetyt saman kokoluokan puristimet ovat hinnoiltaan alkaen 25000 €, joten muutostyö voisi tulla halvemmaksi kuin puristimen ostaminen. Lisäksi muutostyöt eivät vaikuta liian työläiltä eivätkä liian monimutkaisilta tässä vaiheessa.

Lähdettäessä modifioimaan vierintämuovainta syvävetopuristimeksi otettaisiin kuitenkin riski, koska onnistuneesta lopputuloksesta ei ole varmuutta. Puristimen kehittäminen toimivaksi voi viedä aikaa vielä sen valmistuttuakin ja kokonaiskustannukset voivat nousta suuremmiksi kuin on suunniteltu. Nämä seikat huomioon ottaen valmiin syvävetopuristimen hankkiminen olisi järkevämpää. Joka tapauksessa päätös siitä mihin ryhdytään tulisi tehdä harkiten.

Syvävetopuristimen suunnittelu oli mielenkiintoista. Haastavaa oli syvävetoon liittyvän aineiston löytäminen ja sen soveltaminen suunnitteluun. Vielä haastavampaa oli suunnitella puristimet niin, että ne tulisivat toimimaan käytännössäkin. Uuden laitteen suunnittelu ei ole yksikertaista varsinkaan jos kyseessä on suurempi kokonaisuus, jona syvävetopuristinta voidaan pitää.

Loppujen lopuksi selvitys vierintämuovaimen muuntamisesta syvävetopuristimeksi onnistui ilman suurempia ongelmia ja työn tavoitteisiin päästiin. Seuraavana vaiheena olisi tehdä lopullinen päätös siitä aloitetaanko puristimen rakentaminen.

LÄHTEET

- Custompartnet www -sivut. Hakupäivä 6.11.2012. <<http://www.custompartnet.com>>
Jaloterässtudio
- Jokinen, Harri. VTT:n muovauslaitteistot. VTT:n artikkeli.
- Juntunen, Päivi 2010. Tutkimus teräksen EN 1.4512 rajamuovattavuudesta.
Insinööri(AMK). Opinnäytetyö. Kemi-Tornion AMK. Kemi.
- Korhonen, Antti S & Larkiola, Jari 2012. Ohutlevyjen muovauksen perusteet. Uniprint.
- Kyröläinen, Antero 2003/2002. Jaloterästuotteiden tuotantostudio.
- Matilainen, Jorma & Parviainen, Miikka & Havas, Taru & Hiitelä, Erja & Hultin, Sami
2011. Ohutlevytuotteiden suunnittelijan käsikirja.
- Metalite Manufacturing Company. Hakupäivä 8.12.2012.
<<http://www.metalite.net/WhatIsDeepDrawing.html>>
- Savinainen, Timo 2006. Vierintämuovauskoneen operaattorikoulutus 3.
- Steeluniversity www -sivut, hakupäivä 12.12.2012.<www.steeluniversity.org>
- The green car website www -sivut. Hakupäivä 9.12.2012.
<<http://www.thegreencarwebsite.co.uk/blog/index.php/2012/10/24/gm-turns-to-magnesium-for-lighter-cars/>>
- Valtanen, Esko & Sikanen, Pekka 1986. Koneenrakentajan taulukkokirja. Kirjapaino Ab.

LIITTEET

- Liite 1. Osaluettelo 1
- Liite 2. Hydraulikkakaavio (Pyöritys)
- Liite 3. Osaluettelo 2
- Liite 4. Hydraulikkakaavio (sylinterit)

.

LIITE 1.1(2)

Osaluettelo 1

HYDORING OY			OSALUETTELO PARTS LIST			Sivu 1 / 2	
Nimi Name			Osaluettelo No: Parts list No:			Pvm Date	Tiedosto File
HYDR.JÄRJESTELMÄ VIERINTÄMUOVAUSLAITE			2-24671			6.7.2000	
Asiakas: Customer:			VTT-VALMISTUSTEKNIikka LAPPEENRANTA			Muutos Rev.	
Osa Pos	Kpl Qty	Nimike Name	Tuotenumero Code	Tyyppi Type	Valmistaja Manufacturer	Koko Size	
1	1	SÄILIÖ	1-24802	1-24802	HYDORING	1000 L	
2	2	PUMPPU	3001076+3001071	A10VSO140+ 100 DFR +100 DFR	REXROTH	140 + 100	
3	1	KIINITIN	8040111	R650/265/325	KTR		
4	1	KYTKIN	8010215+8010213+8130463	R65/75.75-45	KTR		
5	1	SÄHKÖMOOTTORI	6010063	55 KW B35 1500/400/50	ABB		
6	1	SÄHKÖMOOTTORI	6010065	75 KW B35 1500/400/50	ABB		
7	1	KIINITIN	8040111	R550/265/325	KTR		
8	1	KYTKIN	8010209+8010202+8010330	R55/70.65-45	KTR		
9	2	PAINEMITTARI	5001015	213.53.63.400-PUTKI	WIKA		
10	2	MITTARIVENTTIILI	8131106	FT-290	TOGNELLA		
11	2	PERUSLEVY	1-24798	1-24798	HYDORING	NS 16	
12	4	PAINEENRAJOITUSVENTTIILI	0532002014	0 532 002 014	BOSCH		
13	2	4/3-SUUNTAVENTTIILI	0810050058+0810091437	0 810 050 058 + 0 810 091 437 230VAC	BOSCH	NS 16	
14	2	PALUUSUODATIN	0455900062	0 455 900 062	BOSCH		
15	2	VASTAVENTTIILI	8011006	RHD-38 PS	ERMETO		
16	2	VASTAVENTTIILI	8011005	RHD-25	ERMETO		
17	4	VASTAVENTTIILI	8131056	FT-257/2-34	TOGNELLA		
18	1	VESITERMOSTAATTI + SUOJAPUTKI	8010032+8010033	AVTA 25 + SUOJAPUTKI	DANFOSS		
19	1	VASTAVENTTIILI	8130103	FT 257/6 - 114 4 BAR	TOGNELLA		
20	2	INDIKAATTORI	1457435001	1 457 435 001	BOSCH		
21	4	PISTOKE	8130324	230 VAC LED +RC	AVS		
22	1	TERMOSTAATTI	8010055	TR1	HYDAC		

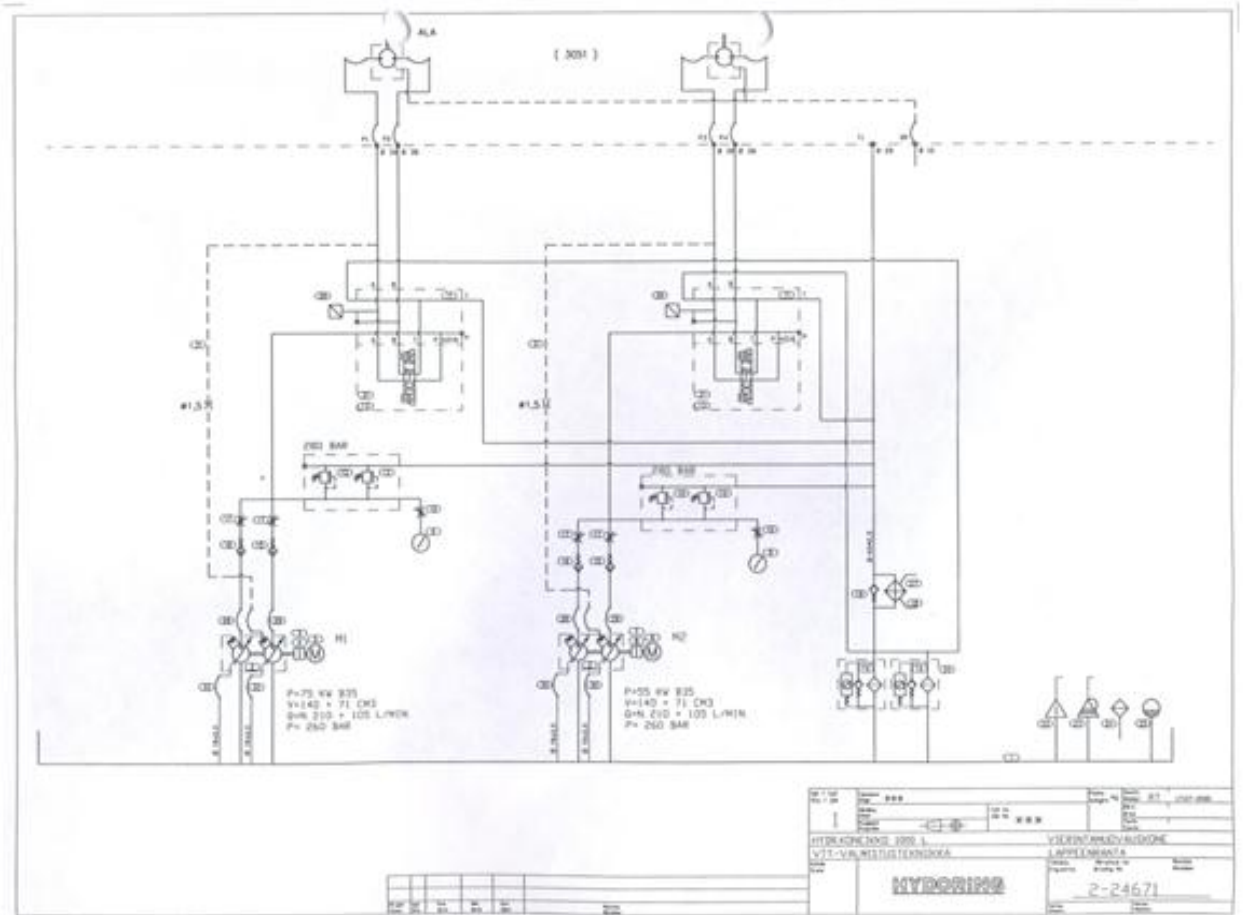
LIITE 1.2(2)

Osaluettelo 1

HYDORING OY			OSALUETTELO PARTS LIST			Sivu 2 / 2	
Nimi Name			Osaluettelo No: Parts list No:			Pvm Date	Tiedosto File
HYDR.JÄRJESTELMÄ VIERINTÄMUOVAUSLAITE			2-24671			6.7.2000	
Asiakas: Customer:			VTT-VALMISTUSTEKNIikka LAPPEENRANTA			Muutos Rev.	
Osa Pos	Kpl Qty	Nimike Name	Tuotenumero Code	Tyyppi Type	Valmistaja Manufacturer	Koko Size	
23	1	PINTAHÄLYTIN	8010070	EMU L100 - SV - 3SY	KUBLER		
24	1	TÄYTTÖKORKKI	8040533	SES 3-S	STAUFF		
25	1	MITTALASI	8010110	SNA 3-T	STAUFF		
26	2	PAINELÄHETIN		0 811 405 546 350 BAR / 4-20MA	BOSCH	VTT- TOIM.	
27	1	JÄÄHDYTIM		VESI		VTT- TOIM.	
28	2	PAINELETKU		M610-16-20 / SH-16 / M87-16-25S 180°	HYTAR	L=1450	
	2	LÄNGET		256-20 ; 252-20	HYTAR		
29	2	PAINELETKU		M610-20 / SH-20 / M87-20-38S 180°	HYTAR	L=1850	
	2	LÄNGET		256-20 ; 252-20	HYTAR		
30	2	IMULETKU		P37-12-20 / R2T-12 / P38-12-20 180°	HYTAR	L=1100	
31	2	OHJAUSPAINELETKU		P37-04-10 / R2T-04 / P35-04-10	HYTAR	L=1100	
32	2	IMULETKU		P38-12-20 / R2T-12 / P38-12-20 180°	HYTAR	L=850	
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							

LIITE 2.

Hydrauliikkakaavio (pyöritys)



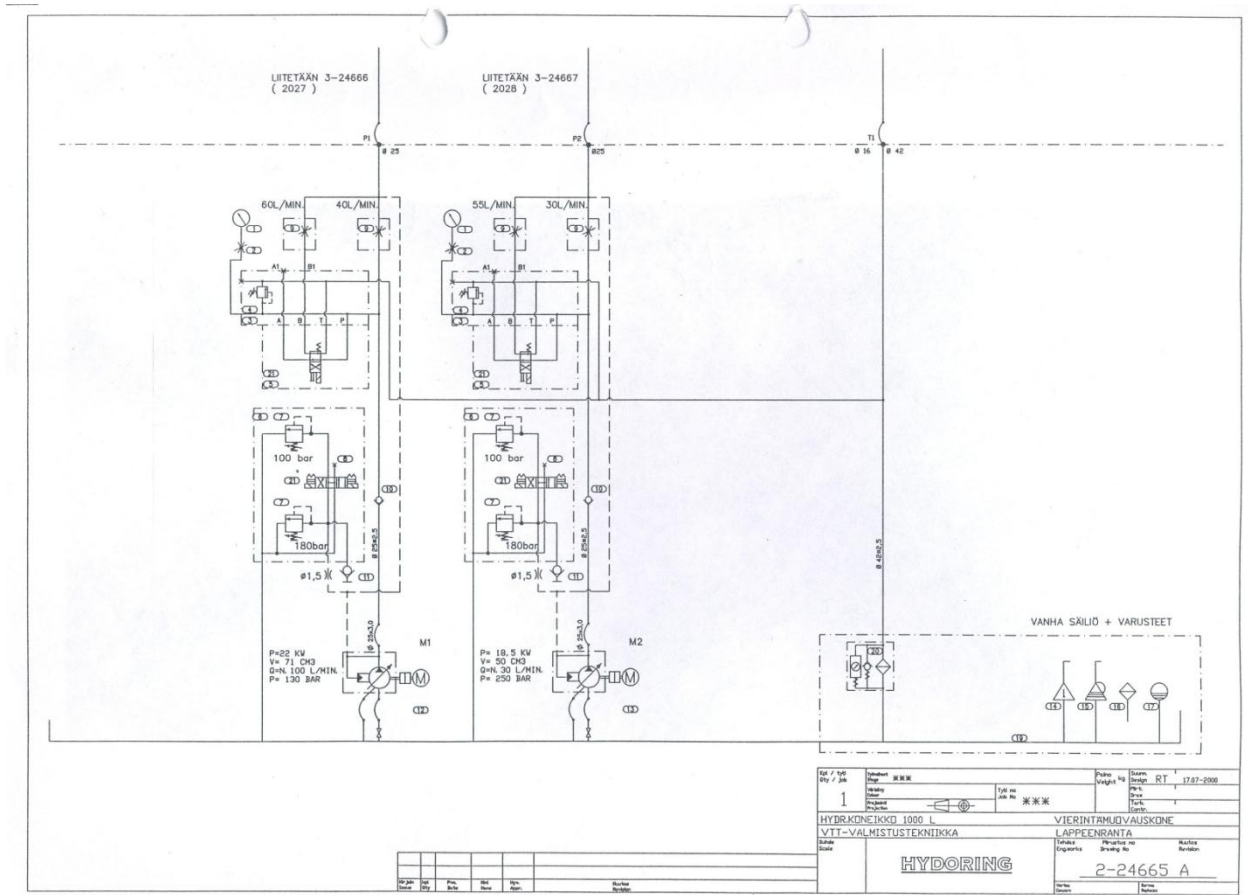
Liite 3

Osaluettelo 2

Osa Pos		Kpl Qty	Nimike Name	Tuotenumero Code	Tyyppi Type	Valmistaja Manufacturer	Koko Size
			HYDORING OY		OSALUETTELO PARTS LIST		Sivu 1 / 1
			Kaavio No. Diagram No:		Mittakuva No. Inst. Dwg. No:	Piirt. D Name	
			2-24665 A			RT	
Nimi Name			Osaluettelo No: Parts list No:		Pvm Date	Tiedosto File	
HYDR.JÄRJESTELMÄ VIERINTÄMUOVAUSLAITE			2-24665 A		20.9.2000		
			Asiakas: Customer:		Muutos Rev.		
			VTT-VALMISTUSTEKNIikka LAPPEENRANTA				
Osa Pos	Kpl Qty	Nimike Name	Tuotenumero Code	Tyyppi Type	Valmistaja Manufacturer	Koko Size	
1	2	PAINEMITTARI	5001015	213.53.63.400-PUTKI	WIKA		
2	2	MITTARIVENTTIILI	8131106	FT-290 - 14	TOGNELLA		
3	2	PERUSLEVY	3-22418	3-22418	HYDORING		
4	2	PAINEENRAJOITUSVENTTIILI	0532002014	0 532 002 014	BOSCH		
5	2	4/2-SUUNTAVENTTIILI	0810091453	0 810 091 453 230 VAC	BOSCH		
6	2	PERUSLEVY	3-186	3-186 1*NS06 + 2*PRV	HYDORING		
7	4	PAINEENRAJOITUSVENTTIILI	0532002014	0 532 002 014	BOSCH		
8	2	4/3-SUUNTAVENTTIILI	0810091434	0 810 091 434	BOSCH		
9	4	VASTUSVENTTIILI	8131056	FT-257/2-34	TOGNELLA		
10	2	VASTAVENTTIILI	8011005	RHD 25-PS	ERMETO		
11	2	MITTAPISTE	8010000	SMK-20	STAUFF	G 1/4"	
12	1	PUMPPU / MOOTTORI 22 KW		A10VSO71DFR/31R-PPA12N00	REXROTH	VTT TOIM.	
13	1	PUMPPU / MOOTTORI 18,5 KW		JVR 50 (Pumppu) / KONCAR	SAUER / KONCAR	VTT TOIM.	
14	1	TERMOSTAATTI		*** AB31/20	REXROTH	VTT TOIM.	
15	1	PINTAHÄLYTIN		*** 500 AB21-04	REXROTH	VTT TOIM.	
16	1	ILMANSUODIN / TÄYTTÖKORKKI		*** MFE 160-1011	REXROTH	VTT TOIM.	
17	1	MITTALASI		*** 254 AB31-21	REXROTH	VTT TOIM.	
18	1	LÄMPÖMITTARI		*** FIG 29	JAKO	VTT TOIM.	
19	1	SÄILIÖ		***		VTT TOIM.	
20	1	PALUUSUODATIN		*** RFBN/HC850F10B2.0/G	HYDAC	VTT TOIM.	
21	6	VALOPISTOKE	8130324	230 VAC LED + RC	AVS		
22							

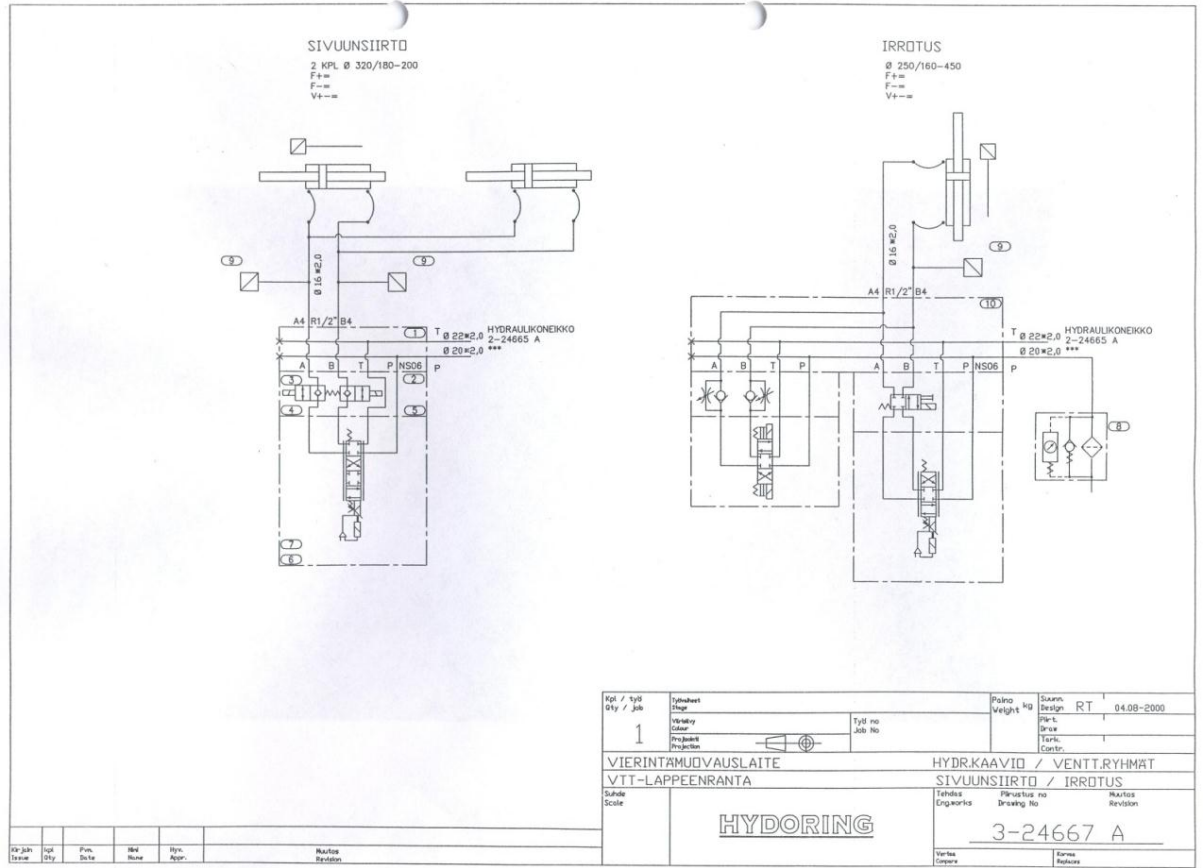
Liite 4 1(3)

Hydrauliikkakaavio (sylinterit)



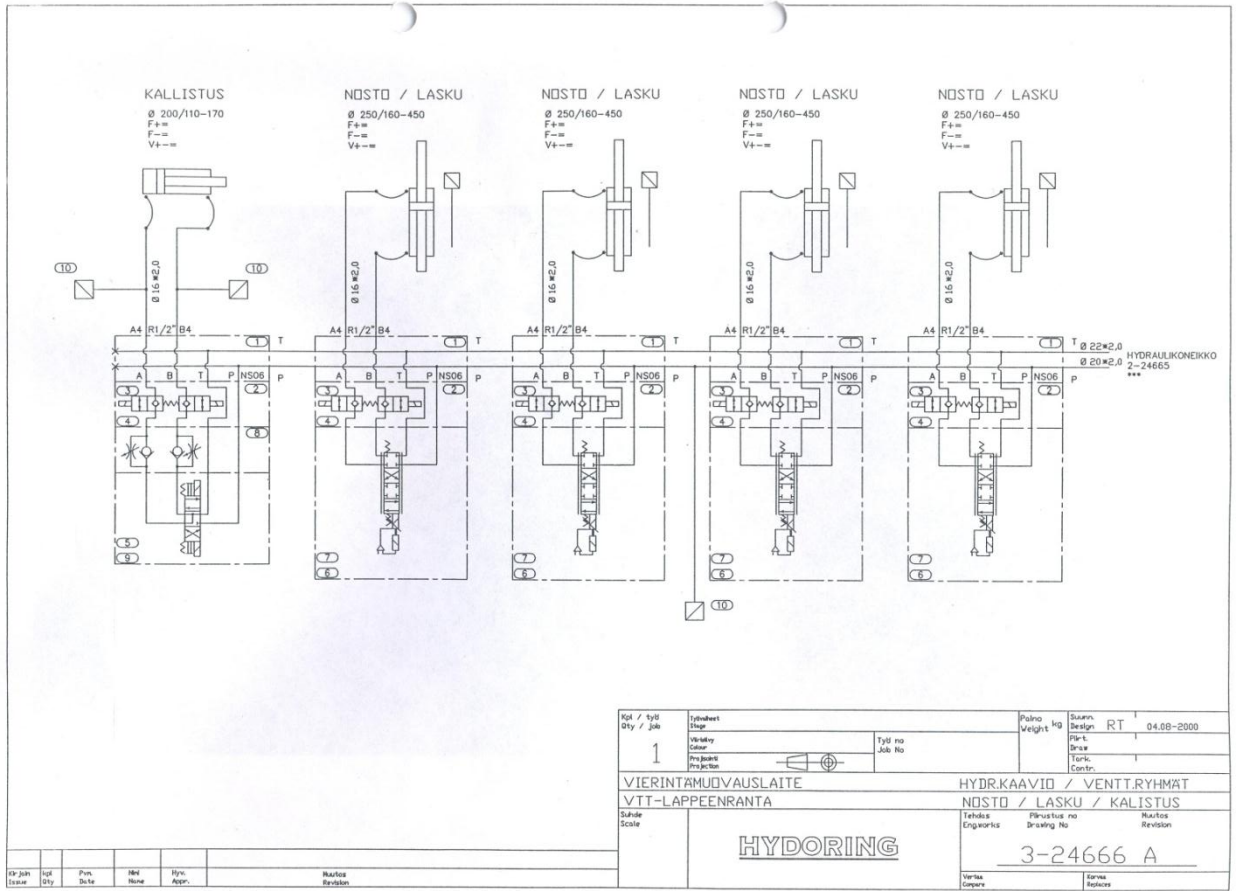
Liite 4 2(3)

Hydrauliikkakaavio (sylinterit)



Liite 4 3(3)

Hydrauliikkakaavio (sylinterit)



Kpl / työ Qty / job	1	Työno Job No		Paino Weight kg		Summ. Design	RT	04.08-2000
VIERINTÄMUOVAUSLAITE		HYDR.KAAVIO / VENTTI-RYHMÄT						
VTT-LAPPEENRANTA		NOSTO / LASKU / KALLISTUS						
Suhte Scale		HYDORING		Tehdas Engworks	Painustus no Drawing No	Muutos Revision		
				3-24666 A				

Op-Juh Issue	Sij City	Pvm Date	Nimi Name	Hym. Appr.	Muutos Revision