

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma
Työkonetekniikka

Tutkintotyö

Tapani Ruohonen

KOULUTTAVAN ASENNUSOHJEEN LAATIMINEN JA KOULUTTAVA ASENNUSOHJE
KAIVUKONEEN LISÄHYDRAULIIKAN ASENTAMISESTA

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 2007

Tuomo Tuukkanen
Tampereen ammattikorkeakoulu

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma

Työkonetekniikka

Ruohonen Tapani

Kouluttavan asennusohjeen laatiminen ja kouluttava asennusohje
kaivukoneen lisähydrauliikan asentamisesta

Tutkintotyö

64 sivua, 1 liite

Työn valvoja

Erkki Nuutio

Työn teettäjä

Honkatrading Oy

Työn ohjaaja

Tuomo Tuukkanen

Maaliskuu 2007

Hakusanat:

kaivukone, hydrauliikka, asennusohje

TIIVISTELMÄ

Työn tavoitteena on perehdyttää lukija kouluttavan asennusohjeen laatimiseen ja laatia asennusohje kaivukoneen lisähydrauliikan, erityisesti luiskahydrauliikan jälkiasennukseen. Lukijalle annetaan selkeä kokonaiskuva siitä, mitä seikkoja pitää ottaa huomioon työohjeen laatimisessa ja tehtävässä asennuksessa. Varsinainen asennustyö tapahtuu HonkaTrading Oy:n toteuttamana.

Asennusohjeita on yleensä aloittavia asentajia tai harjoittelijoita varten. Selkeän ja hyvän asennusohjeen laatimisessa tekniseen asennukseen tulee ottaa useita seikkoja huomioon. Tietyillä käytännöillä ja perusmenetelmillä saadaan aikaan selkeä, opastava ja kouluttava asennusohje. Työn alkuosassa esitellään nämä seikat.

Työssä esitellään kouluttava kaivukoneen lisähydrauliikan asennusohje, ja samalla selvitetään oleellisimpien hydraulisten elimien toiminta ja yhteys toisiinsa. Työssä käytetään hyväksi valokuvia eri asennusvaiheista. Näiden avulla pyritään luomaan selkeä kuva siitä, mitä lisähydrauliikka on ja miten sen asennus tapahtuu. Asennuskohteena on Hitachi EX 100-3 -merkkinen, käytetty tela-alustainen kaivukone. Asennuksen edetessä käsitellään eri työvaiheissa huomioitavat seikat ja tärkeät toimenpiteet.

TAMPERE POLYTECHNIC

Automobile and Transport Engineering

Automobile and Industrial Vehicle Engineering

Ruohonen Tapani Preparing an educating installation manual and the educating installation manual for optional attachment of an excavator

Engineering thesis 64 pages, 1 appendix

Thesis Supervisor Erkki Nuutio

Commissioning Company Honkatrading Oy

Work supervisor Tuomo Tuukkanen

March 2007

Keywords: excavator, hydraulics, installation manual

ABSTRACT

The aim of this paper is to instruct the reader for preparing an educating installation manual, and to produce an installation manual for retrofitting optional attachment to an excavator. This paper lists the essential things to remember and to consider when preparing, and using, an installation manual. The installation referred to in the paper is carried out by Honkatrading Oy.

Installation manuals are typically intended for beginner mechanics, or apprentices. Therefore, there are several aspects that must be taken into consideration when writing manuals. The first part of the paper introduces certain basic guidelines and routines that help to create unambiguous, educating, and tutoring manuals.

This paper presents an educating manual for installing optional attachment to an excavator, and demonstrates and explains the operation of the essential hydraulic devices and their interconnectedness. The installation is carried out on a used Hitachi EX 100-3 excavator. Photos of different stages of the installation are used in the work to clarify and facilitate the installation. Through the installation process, the important actions and aspects will be explained in detail.

ALKUSANAT

Työ on tehty Tampereen ammattikorkeakoulun tilaamana. Tahdon kiittää Honka Trading Oy:tä mahdollisuudesta asennustyön suorittamiseen. Erityiskiitokset haluan antaa ohjaajalle Tuomo Tuukkaselle ja työn valvojalle yliopettaja Erkki Nuutille.

Tampereella 20.4.2007

Tapani Ruuhonen

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	7
2 HONKATRADING OY	8
3 ASENNUSOHJEEN LAATIMISEN TEORIA	9
3.1 Mikä on asennusohje ja miksi niitä tehdään?	9
3.2 Kouluttavan asennusohjeen rakenne	9
4 KOULUTTAVA ASENNUSOHJE LUISKAHYDRAULIIKAN ASENNUSTYÖHÖN. 11	
4.1 Hydrauliiikan perusajatus /19 s. 11-15/	11
4.2 Hydrauliiikan oleelliset suureet ja yksiköt /20 s.9-11/	12
4.3 Hydraulineeste /19 s.80-91/.....	12
4.4 Hydraulikomponentit.....	14
4.4.1 Pumput.....	15
4.4.2 Moottorit.....	24
4.4.3 Sylinterit	31
4.4.4 Venttiilit.....	35
4.4.5 Putket ja letkut /21 s.15-19, 97-100/	40
5 LUISKAHYDRAULIIKAN ASENNUS.....	41
5.1 Esitiedot kaivukoneesta, luiskahydrauliikasta, polkimesta ja kytkennöistä.....	41
5.2 Esivalmistelut ennen asennustöitä	45
5.3 Asennustyöt	47
5.3.1 Kiinnikkeiden valmistus ja kiinnitys	47
5.3.2 Putkien mitoitus, taivuttaminen ja kiinnitys.....	49
5.3.3 Letkujen mitoitus ja valmistus.....	51
5.3.4 Polkimen kiinnitys.....	54
5.3.5 Letkujen kiinnitys ja testaus	56
6 MAHDOLLISUUDET TYÖOHJEEN UDELLEENKÄYTTÖÖN.....	61

7 LOPPUSANAT	62
LÄHDELUETTELO	63
LIITTEET	64

1 JOHDANTO

Tässä työssä perehdytään työohjeen laatimiseen Hitachi EX 100-3 -kaivukoneen (kuva1) lisähydrauliikan jälkiasennusta varten. Kyseinen lisähydrauliikka on niin sanottu luiskahydrauliikka. Tämä tarkoittaa ohjattavaa hydrauliikkaa, jolla kaivurin kauhaa kallistetaan sivuttaissuunnassa.



Kuva 1 Hitachi EX 100-3 /1/

Oikein ja luotettavasti toimivan luiskahydrauliikan asennus on monen työvaiheen summa. Työkonetekniikan opiskelijalle tai aloittavalle asentajalle ei ole välttämättä selvää, miten hydrauliset asennukset ja niiden toiminta työkoneessa toteutuvat käytännössä. Työn tavoite on tuoda esille käytännön ja teorian yhteinen näkökulma työkonehydrauliikan asennustöihin ja niistä laadittaviin asennusohjeisiin.

Ensimmäiseksi työssä kerrotaan asennusohjeista yleisesti, sekä oikeaoppisen kouluttavan asennusohjeen laatimisesta ja tärkeimmistä seikoista, jotka pitää ottaa huomioon tässä yhteydessä. Seuraavaksi työssä esitellään tehty asennusohje kaivukoneen lisähydrauliikan asennukseen. Ohjeen alussa esitellään työkonehydrauliikan tärkeimmät komponentit ja niiden toimintatavat. Sitten kerrotaan millaisia al-

kuvalmisteluja luiskahydrauliikan asennus tarvitsee ja mitä työkaluja asennus vaatii. Seuraavaksi selitetään kaikki asennuksen vaiheet asennustyöstä otettujen kuvien perusteella.

Lopuksi pohditaan vielä, millaiset uudelleenkäyttö- ja muokkausmahdollisuudet asennusohjeella on.

2 HONKATRADING OY

Asennuksen toteuttava yritys HonkaTrading Oy on yksi Suomen johtavista maanrakennuskonekauppiaista. HonkaTrading Oy on perustettu vuonna 1990 Honkajoen Satakunnassa.

Aluksi yritys myi vain käytettyjä maanrakennuskoneita, mutta on myöhemmin siirtynyt maahantuontiin ja myös uusien Takeuchi-, Mustang- ja Atlas- maanrakennuskoneiden myyntiin. HonkaTrading Oy:n yksi liiketoiminnan osa on maansiirtokoneiden kauhojen ja pikakiinnikkeiden kauppa, jossa tuotemerkkinä on KARHU (kuva 2).



Kuva 2 Karhu- luiskakauha /1/

3 ASENNUSOHJEEN LAATIMISEN TEORIA

3.1 Mikä on asennusohje ja miksi niitä tehdään?

Asennusohjeella tarkoitetaan yleisesti opastavaa ohjetta, jota seuraamalla voidaan suorittaa jokin toimenpide. Asennusohjeita käytetään usein esimerkiksi, kun jokin uusi tekninen laite tai sen osa asennetaan ja otetaan käyttöön. Asennusohje voi myös olla työohjeen tyyppinen opas koulutuskäyttöön tarkoitetun harjoitustyön suorittamiseen. Toisin sanoen asennusohjeita on sekä koulutuskäyttöön, että työelämän asennustöihin.

Koulutusvaiheessa, kuten ammattikorkeakoulujen laboratoriotöissä, työ- ja asennusohjeet ovat yleensä melko yksiselitteisiä ja perusteellisesti opastavia. Työelämässä kuitenkin tulee vastaan usein asennusohjeita, jotka ovat tehty liian suurin oletuksin asentajan pohjatiedoista ja taidoista. Myös vastavalmistuneen insinöörin käytännön kokemukset ja tiedot ovat usein pienemmät, kuin voitaisiin olettaa.

Hyvin opastavalla ja kouluttavalla asennusohjeella saadaan aloittavan työntekijän työntekoprosessi helposti käyntiin. Kun esimerkiksi vastavalmistunut insinööri aloittaa työnsä, on hänelle usein teoreettisesti selvää, mitä työntekoprosessi sisältää. Kuitenkin usein kohdassa, jossa teoria ja käytäntö kohtaavat, alkaa kokonaiskuva hämärtyä. Työntekijällä on siis käsitys teoreettisesti mitä hän on tekemässä ja miksi, mutta kun käytännön työt alkavat, käsitys usein joko heikentyy tai vääristyy.

Kouluttavan asennusohjeen tarkoituksena on yhdistää koulutuskäyttöön tarkoitettu ja työelämän asennustöihin tarkoitettu asennusohje. Kouluttavan asennusohjeen avulla helpotetaan aloittavien työntekijöiden ensimmäisten asennustöiden suorittamista.

3.2 Kouluttavan asennusohjeen rakenne

Kouluttavan asennusohjeen tarkoitus on siis keskittyä teorian ja käytännön rajapintaan ja opastaa työntekijää siirtymään rajan puolelta toiselle. Kun asennuksen suorittajalle täysin selvää mitä hän tekee ja miksi, sekä miten lopputuloksen pitää toimia, onnistuu asennustyö todennäköisimmin.

Käsiteltävä asennusohje on suunnattu lähinnä aloittavalle asentajalle. Kouluttavaa asennusohjetta tehdessä on otettava huomioon, että aloittava asentaja ei välttämättä muista tai ole koskaan saanut teoriapuolen koulutusta asennukseen liittyvistä aiheista, tai hän ei ole koskaan edes nähnyt asennuskohdetta tai sen osia. On myös muistettava, että aloittavalla asentajalla saattaa olla sekä teoreettinen että käytännön tietotaito vasta aluillaan.

Kouluttava asennustyö alkaa teoriaosuudella, jossa käsitellään kevyesti tehtävässä asennuksessa esiintyviä fysikaalisia ilmiöitä ja niiden merkitystä laitteiden toimintaan. Teoriaosuudessa toteutetaan eräänlainen pikakurssi asennukseen liittyvistä komponenteista ja niiden merkityksestä kokonaisuuteen. Teoriaosuuden merkitys on suuri, sillä kun asennuksen suorittaja ymmärtää teoreettisesti millaisten laitteiden ja ilmiöiden kanssa ollaan tekemisissä, on hänen helpompi soveltaa käytännön osaamistaan. Tämä ilmiö johtaa siihen, että aloittavalle asentajalle ei synny turhautumista sen takia, että hän ei ymmärtäisi mitä on tekemässä.

Varsinaisen työohjeisuuden runsas kuvien käyttö ja niiden yksinkertaisuus auttaa asentajaa hänen työssään ja minimoi mahdollisuudet työohjeen kaksoistulkintaan. Asennusohjeen pitää edetä loogisesti ja kuvien sekä asioiden esitystavan pitää olla havainnollinen ja yksiselitteinen. Kouluttavassa työohjeessa pitää ottaa myös esiin turvallisuusseikat, koska aloittavan asentajan pitää sisäistää heti suojavälineiden ja esimerkiksi paloturvallisuuden tärkeys.

Yleisesti asennusohjetta laatiessa pitää erityisesti ottaa huomioon seuraavia seikkoja:

- Ohjeiden yksiselitteisyys ja kaksoistulkinnan estäminen
- Oikeiden ja virallisten nimitysten käyttö
- Kuvien havainnollisuus
- Käännösseikat

Käännösseikoilla tarkoitetaan, että työohje saatetaan joskus kääntää eri kielelle kolmannen osapuolen toimesta. Tällöin asioilla on suuri mahdollisuus vääristyä. Jos työohjeen laadinnassa ei ole käytetty esimerkiksi virallisia nimityksiä, saattaa käännöstyötä tekevä henkilö vääristää työohjeen asiasisältöä. Kun esimerkiksi työ-

ohje käännetään englanninkielelle, voi käännökseen tulla työohjeen tulkinna-
raisuuden takia asiavirheitä. Nämä asiavirheet kulkevat käännöksen mukana esi-
merkiksi Kiinaan. Kun ohje käännetään englannista kiinankielelle, saattaa kään-
nöksessä olevien asiavirheiden lisäksi syntyä vielä uusia sellaisia. Tämä tarkoittaa,
että alkuperäisen ja kaksi kertaa käännetyn työohjeen välillä voi olla hyvin suuria
eroja, johtuen nimitysten virheellisyyden aiheuttamista kääntäjien väärinkäsityksis-
tä.

4 KOULUTTAVA ASENNUSOHJE LUISKAHYDRAULIIKAN ASENNUSTYÖHÖN

4.1 Hydrauliiikan perusajatus /19 s. 11-15/

Hydrauliiikan perusajatus on mekaanisen teho muuttaminen ensin hydrauliseksi te-
hoksi ja sitten yleensä takaisin mekaaniseksi tehoksi. Mekaaninen teho voi olla
esimerkiksi polttomoottorista johdettu pumpun liike, joka antaa hydrauliiikkaöljyl-
le paineen ja tilavuusvirran. Kun mekaaninen teho on näin siirretty nesteeseen,
voidaan se johtaa erilaisten hydrauliiikan komponenttien läpi haluttuun kohteeseen,
jossa se taas muutetaan mekaaniseksi energiaksi. Tämä muutos voidaan tehdä taas
esimerkiksi sylinterin avulla, jossa paineistettu neste liikuttaa mäntää ja muuttaa
täten hydraulisen tehon takaisin mekaaniseksi.

Sen lisäksi, että hydraulinen tehonsiirto ei tarvitse kovin suurikokoisia komponent-
teja, on tehonsiirtolinjan sijoitus melko vapaasti toteutettavissa. Tämä etu tulee
parhaiten esille käytännön ratkaisuisissa. Jos esimerkiksi teho siirretään pyörivää
akselia pitkin pisteestä A pisteeseen B, pitää linjan olla melko suora, ja pyörivän
akselin tiellä ei saa olla siihen mahdollisesti koskettavia osia. Hydrauliiikassa voi-
daan putkia ja letkuja käyttämällä kuljettaa teho haluttuun paikkaan juuri sellaista
reittiä pitkin, mikä on kussakin tilanteessa edullisin.

Nykyään hydrauliiikkaan ja sen ohjaamiseen liittyy oleellisesti elektroniikka. Kun
tarkasti toimivat ja säädettävät elektroniset ohjainlaitteet yhdistetään suuritehoisiin
hydraulisiin järjestelmiin, saadaan automatisoituja, luotettavia ja tehokkaita järjes-
telmiä. Tämä kuitenkin tarkoittaa sitä, että elektronisen ohjaustekniikan toiminnan
tunteminen on lähes välttämätöntä hydraulisten järjestelmien suunnittelijoille.

Hydrauliikkaa voidaan soveltaa melko laajasti teollisuudessa. Erilaiset työkoneet käyttävät lähes poikkeuksetta hydraulisia ratkaisuja sekä koneen liikuttamiseen että työkalun käyttöön. Esimerkiksi kaivukoneessa on konetta liikuttavien telojen käyttö ja ohjaus sekä kauhan liikkeet toteutettu hydrauliikalla. Myös paikallaan olevat koneet, kuten puristimet, valssauskoneet ja tunkkinosturit toimivat yleensä hydrauliikan avulla. Koneiden koko ja käyttötarkoitus määrittelevät, kuinka paljon hydraulista tehoa pitää saada koneen käyttämiseen.

4.2 Hydrauliikan oleelliset suureet ja yksiköt /20 s.9-11/

Oleelliset hydrauliikan suureet ovat paine, voima, pinta-ala, virtausnopeus ja tilavuusvirta. Paine p ilmoittaa pinta-alayksikköön A kohdistuvaa kohtisuoraa voimaa F . SI-järjestelmässä sen yksiköksi saadaan Pascal. Pascalin lyhenne on [Pa]. Kaavassa (1) [N] on Newton ja [m²] on neliömetri.

$$p = \frac{F}{A} = \frac{[\text{N}]}{[\text{m}^2]} = [\text{Pa}] \quad (1)$$

Hydrauliikassa paine luodaan puristamalla suljetussa sylinterissä olevaa nestettä männän avulla. Silloin voima F on mäntään vaikuttava voima, ja pinta-ala A on männän pinta-ala.

Tilavuusvirralla Q tarkoitetaan virtausnopeuden v ja putken tai letkun poikkipinta-alan A tuloa. Tilavuusvirran yksikkö on täten SI-järjestelmän mukaan [m³/s]. Virtausnopeuden yksikkö on metriä sekunnissa.

$$Q = A \cdot v = [\text{m}^2] \cdot \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right] = \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] \quad (2)$$

4.3 Hydraulineneste /19 s.80-91/

Tärkein suure hydraulinestettä käsiteltäessä on sen viskositeetti. Viskositeetillä tarkoitetaan nesteen kykyä vastustaa sen virtausta eli nesteen sisäistä kitkaa. Vis-

kositeetti voidaan myös käsittää nesteen jäykkyytenä. Liian suuri viskositeetti heikentää liikaa nesteen virtaamiskykyä putkistoissa, eli lisää sen vastushäviöitä. Se kuormittaa täten esimerkiksi hydraulipumppuja. Jos viskositeetti on taas liian pieni, ei hydraulineesteellä ole niin paljon voitelukykyä ja neste on niin laihaa, että se pääsee vuotamaan pumppujen ja moottoreiden läpi. Nesteen lämpötila vaikuttaa oleellisesti sen viskositeettiin. Kun nesteen lämpötila nousee, muuttuu se notkeammaksi eli sen viskositeetti pienentyy.

Hydraulinesteitä on monta eri tyyppiä, koska olosuhteet, joissa työkoneita käytetään, vaihtelevat suuresti. Kaikilla nesteillä on kuitenkin kaksi päätehtävää, jotka ovat tehon välittäminen pumppuilta moottoreille tai toimilaitteille ja hydraulijärjestelmän suojaaminen:

- Komponenttien liikkuvien osien voitelu
- Hydraulijärjestelmän jäähdytys
- Korroosion ehkäisy järjestelmässä
- Epäpuhtauksien kuljettamien pois järjestelmästä

Yksi hydrauliiikan etu mekaaniseen tehonsiirtoon verrattuna on se, että hydrauliset järjestelmät eivät tarvitse omaa erillistä voitelujärjestelmää. Koska hydraulineeste liikkuu lähes jatkuvasti kaikkien komponenttien läpi, eivät ne vaadi erillistä rasvaamista. Mekaaninen tehonsiirto vaatii usein erillisen voitelujärjestelmän.

Hydraulijärjestelmässä syntyy aina tehohäviöitä, koska kaikilla järjestelmän komponenteilla on häviöitä. Täten koko systeemillä on kokonaishyötysuhde. Tämä tarkoittaa sitä, että järjestelmässä syntyy tehohäviöitä, jotka aiheuttavat järjestelmän nesteen ja komponenttien lämpenemistä. Mitä korkeammaksi järjestelmän lämpötila kasvaa, sitä suurempia ovat tehohäviöt ja sitä huonommin neste pystyy voitelemaan järjestelmää.

Hydraulijärjestelmän jäähdytys toimii kuitenkin myös automaattisesti. Neste sitoo lämpöä kuumista komponenteista ja kuljettaa lämmön hydrauliikkasäiliöön. Oikein suunnitellussa säiliössä neste jäähtyy ja tämä johtaa koko järjestelmän jäähdytymiseen. On myös mahdollista, että järjestelmässä on erityinen hydraulineesteen jäähdytin.

Useimpiin hydraulijärjestelmiin voi päästä vähän vettä ja ilmaa. Kun vesi, ilma ja epäpuhtaudet kohtaavat metallipinnan, syntyy lähes väistämättä korroosiota ja ruostumista. Tämä lisää komponenttien kulumista ja johtaa hyötysuhteen heikentymiseen. Hydraulinesteen yksi tehtävä on muodostaa järjestelmän metallipinnoille korroosiota ehkäisevä suojakerros. Hydraulijärjestelmään voidaan lisätä vedenerottimia, joilla poistetaan kosteutta hydraulinesteestä.

Kun järjestelmä kuitenkin kuluu ja kerää epäpuhtauksia ajan mittaan, on hydraulinesteen tehtävä kuljettaa epäpuhtaudet pois järjestelmästä. On tärkeää, että järjestelmässä on mahdollisimman vähän epäpuhtauksia, sillä ne lisäävät osaltaan järjestelmän kulumista ja heikentävät hydraulinesteen laatua. Epäpuhtaudet erotetaan järjestelmästä suodattimien avulla.

Järjestelmässä käytettävän nesteen valintaan vaikuttavat siis monet asiat. Tärkeimpiä näistä ovat kuitenkin käyttöympäristö ja olosuhteet, joissa kyseistä järjestelmää käytetään. Hydraulijärjestelmän käyttötapa ja tarkoitus määrittelevät sen, millaisessa paineessa ja lämpötilassa se toimii. Lisäksi ulkoiset tekijät vaikuttavat nesteen valintaan. Työympäristön lämpötila on otettava siis huomioon nestettä valittaessa.

Lisäksi nesteen valintaan vaikuttavat tietyt erityisvaatimukset, kuten se, että neste pitäisi olla erityisen luontoystävällistä tai esimerkiksi palamatonta. Nesteen valintaa voi myös tarkastella taloudellisesta näkökulmasta, jos siihen on mahdollisuus.

4.4 Hydraulikomponentit

Tärkeimmät komponentit hydraulisessa tehonsiirrossa ovat pumput, moottorit ja sylinterit. Lisäksi olennaisia komponentteja ovat venttiilit, joilla ohjataan tehonsiirtokomponenttien toimintaa sekä letkut, joissa hydraulineste kulkee. Eri komponenttityyppjä on valtavasti ja tässä työssä esitellään niistä yleisimpiä ja erityisesti sellaisia, joita on Hitachi EX-100-3 -kaivukoneessa.

4.4.1 Pumput

Koska työkonetekniikassa tehonlähteenä käytetään yleensä poltto- tai sähkömoottoreita, on mekaaninen teho yleensä alun perin pyörivän liikkeen muodossa. Yleisesti ottaen on pumppujen tehtävänä muuttaa tämä pyörivä teho, joka tulee esimerkiksi moottorin kampiakselilta tai tehon ulosotolta, hydrauliseksi tehoksi.

Hydrauliset pumput voidaan jakaa kahteen eri tyyppiin. Nämä pumpputyypit ovat hydrostaattiset ja hydrodynaamiset pumput. Hydrostaattisessa tehonsiirrossa voima siirretään nesteen paineen avulla haluttuun paikkaan. Hydrodynaamisessa tehonsiirrossa on periaatteena se, että käytetään hyväksi hydraulinesteen liikeenergiaa. Työkonetekniikassa ei kuitenkaan käytetä juuri koskaan hydrodynaamista tehonsiirtotekniikkaa.

Pumput voidaan jaotella niiden rakenteiden perusteella seuraavasti:

- Hammaspyöräpumput
- Mäntäpumput
- Siipipumput
- Ruuvipumput

Jos pumpun tuottamaa tilavuusvirtaa ei voida muuttaa, on kyseessä vakiotilavuuspumppu. Jos taas tilavuusvirta on muutettavissa, riippumatta käyttökoneen kierrosnopeudesta, on kyseessä säätötilavuuspumppu. Pumput voidaan myös jaotella sen perusteella, pumppaavatko ne yhteen vai kahteen eri suuntaan, eli on olemassa yksisuuntaisia ja kaksisuuntaisia pumppuja. Yleisimmin moderneissa työkoneissa käytetään yksisuuntaisia säätötilavuuspumppuja. Esimerkiksi kaivukoneen pumpun ei tarvitse tuottaa tilavuusvirtaa kahteen eri suuntaan, koska toimilaitteiden liikkeitä ohjataan venttiileillä.

/19 s.92/

Kaikissa hydraulipumpuissa on sama toimintaperiaate, jossa pumpussa olevien kammioiden tilavuutta muutetaan jaksoittain. Kun pumpun kammion tilavuus suurenee, se imee hydraulinestettä sisäänsä säiliöstä. Kun taas kammion tilavuus pienenee, se poistaa nestettä eli pumppaa sitä muualle järjestelmään. Kun on kyse säätötilavuuspumpusta, tätä kammioiden välistä suurinta tilavuuseroa voidaan siis säätää. Tämä vaikuttaa siihen, paljonko pumppu tuottaa tilavuusvirtaa.

Pumput eivät sinällään luo painetta, vaan paine syntyy järjestelmään vasta, kun jokin vastustaa nesteen liikkumista. Tämä este voi esimerkiksi olla toimilaite, kuten sylinteri. Pumpussa siis on kaksi liitäntää. Toisesta tulee hydraulinestettä pumpulle, eli se on imupuoli. Toisesta lähtee taas hydraulinestettä toimilaitteille. Kun siis toimilaitteiden puoleisessa liitännässä vallitsee suurempi paine kuin tankin puoleisessa, pyrkii neste kulkemaan itsestään väärään suuntaan. Läpivirtaus pyritään kuitenkin estämään. Pumppu toimii siis tilavuusvirran tuottajana sekä imu- ja painepuolen välisenä porttina.

Teoreettinen pumpun tuottama tilavuusvirta määräytyy sen mukaan, paljonko pumppu pumppaa nestettä yhden kierroksen aikana ja kuinka monta kierrosta pumppu pyörii minuutissa. Kaavassa (3) pyörimisnopeus [r/s] on n ja kierrostilavuus on V_k . Kierrostilavuuden yksikkö on [m³/s]. Yksiköksi tulee siis tilavuusvirran Q yksikkö [m³/s].

$$Q_{teor} = n \cdot V_k = \left[\frac{1}{s} \right] \cdot \left[\frac{m^3}{1} \right] = \left[\frac{m^3}{s} \right] \quad (3)$$

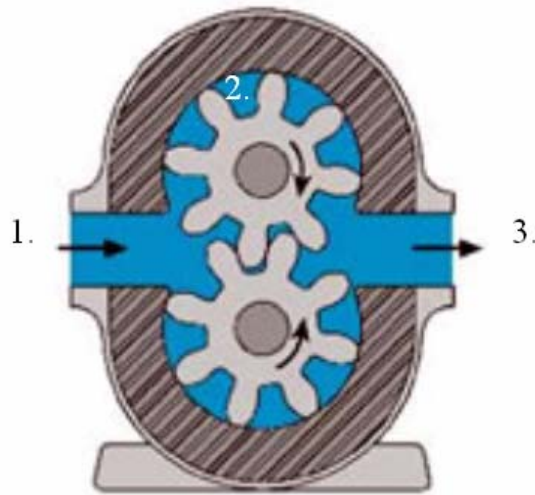
Tilanne on kuitenkin tällainen vain silloin, kun pumpulla ei ole vastassa lainkaan painetta eikä minkäänlaista takaisinpäin vuotoa täten synny. Vastassa oleva paine aiheuttaa nesteen vuotoa pumpussa takaisin matalapainepuolelle, mikä pienentää pumpun hyötysuhdetta hieman.

/19 s.93-94/

Hammaspyöräpumput

Hammaspyöräpumppu on yleinen hydraulikassa käytettävä pumpputyyppejä. Pumppu on tyypiltään vakio-tilavuuspumppu. Toimintaperiaate on se, että kaksi hammaspyörää on kosketuksissa toisiinsa ja toista niistä pyöritetään, mikä pakottaa toisenkin pyörimään. Pumpussa on imukammio ja painekammio. Neste tulee siis imukammioon ja siirtyy sieltä hammasaukkojen ja kehän välissä painekammioon. Painekammioista se taas siirtyy toimilaitteille ja eteenpäin järjestelmässä. Pumppuja on ulko- ja sisäryntöisiä. Sisäryntöisessä pumpussa on ulkopuolisesti ja sisäpuoli-

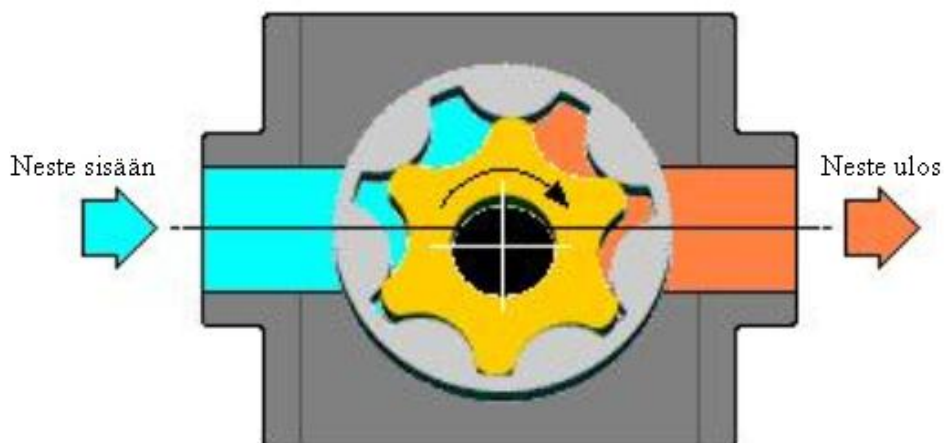
sesti hammastetut pyörät. Kuvassa 3 olevassa ulkoryntöisessä hammaspyöräpumpussa on kaksi ulkopuolisesti hammastettua pyörää.



1. Neste tulee imukammioon
2. Neste siirtyy hammasloviin ja kehän välissä
3. Neste tulee painekammioon ja siirtyy ulos pumpusta

Kuva 3 Ulkoryntöinen hammaspyöräpumppu /2/

Kuvassa 4 esitellään sisäryntöinen hammaspyöräpumppu. Pumpussa pyöritetään ulkoisesti hammastettua pyörää, joka johtaa sisäisesti hammastetun pyörimiseen. Näiden kahden hammaspyörän hampaiden ryntökohdat vaihtelevat ja näin syntyy imu- ja poistovaikutuksia.



Kuva 4 Sisäryntöinen hammaspyöräpumppu /3/

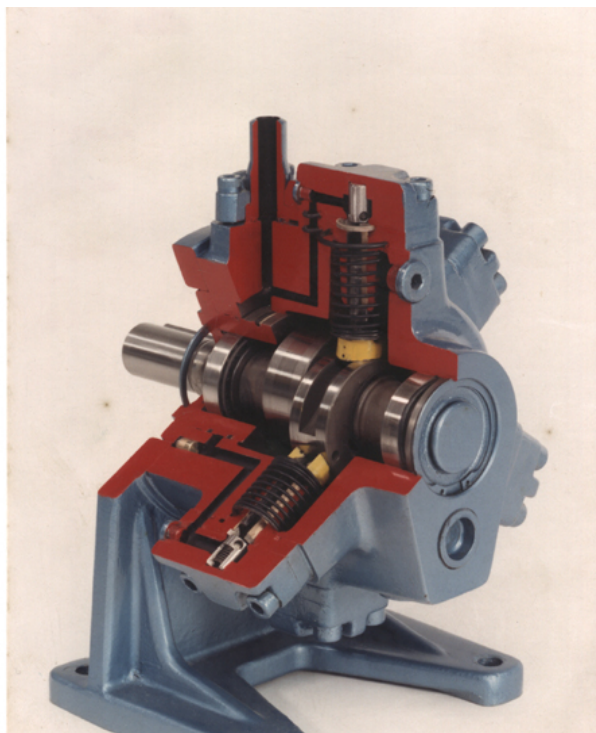
Hammaspyöräpumppeja käytetään työkonneissa usein esiohjauksen pumppeina, kuten Hitachi EX 100-3 -kaivukoneessakin. Esiohjaukspumppu on olennainen osa kaivukoneen hydraulijärjestelmää, sillä esiohjauksen avulla hallitaan työpainetta.

Mäntäpumput

Kaivukoneissa käytetään pääpumppeina yleensä mäntäpumppuja. Pääpumpulla tarkoitetaan pumppua, jolla luodaan työpaine esimerkiksi telojen liikuttamiseen tai kauhan liikkeisiin. Mäntäpumput voidaan niiden rakenteen mukaan jakaa rivimäntäpumppuihin, radiaalimäntäpumppuihin ja aksiaalimäntäpumppuihin. Kaikissa mäntäpumpeissa tarvitaan erillinen hydraulinen ohjausjärjestelmä tilavuusvirran säätelyä varten.

Rivimäntäpumput ovat vähemmän käytetty pumpputyyppejä työkoneissa. Tässä pumpputyypissä männät ja sylinterit ovat rivissä toisiinsa nähden ja kohtisuorassa käyttöakseliin nähden. Männät liikkuvat ylös ja alas yleensä kampiakselin avulla. Rivimäntäpumppuja käytetään usein polttoaineen syöttölaitteissa. Rivimäntäpumput voivat olla vakio- tai säätötilavuuksisia.

Radiaalimäntäpumput ovat rakenteeltaan tähden muotoisia. Sylinterit ovat kohtisuoraan käyttöakseliin nähden ja tasaisesti sen ympärillä. Pumpputyypillä on tehokas imukyky, mutta rakenteensa vuoksi sen hyötysuhde on hieman huonompi kuin aksiaalimäntäpumppulla. Kuvassa 4 on halkileikkauskuva vakio-tilavuusradiaalimäntäpumppusta. Radiaalimäntäpumppu voi olla myös säätötilavuuksinen.

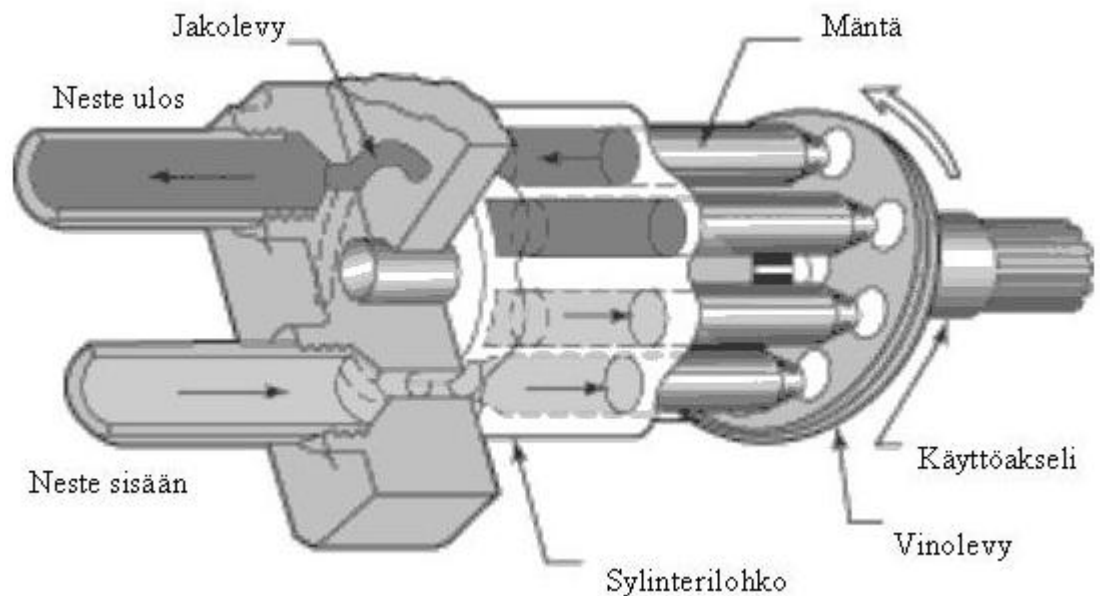


Kuva 5 Radiaalimäntäpumppu, ulkoiset virtauskanavat /4/

Aksiaalimäntäpumput voidaan jaotella kolmeen ryhmään. Yksinkertaisin ratkaisu on vakiotilavuuksinen staattoriaksaalipumppu. Säättötilavuuksisia pumppuja ovat suoraroottori- ja kulmaroottoripumput. Kaikissa kolmessa pumpussa on sama toimintaperiaate, jossa sylinterit ovat käyttöakselin suuntaisesti ja joko kiinteitä tai pyöriviä.

Suoraroottori- eli vinolevypumpussa (kuva 6) sylinteriryhmä pyörii käyttöakselin mukana vinolevyn ollessa paikallaan. Pumpun toimintaperiaate on se, että sylinteriryhmä pyörii vinolevyä vasten, johon männät ovat jatkuvasti kosketuksessa. Tämä saa aikaan tilavuuden muutoksen sylinterissä. Vinolevyn kulmaa muuttamalla saadaan aikaan muutos kierrostilavuudessa eli siinä, kuinka paljon pumppu tuottaa tilavuusvirtaa yhden kierroksen aikana.

Pumpun rakenteen takia mäntiin kohdistuu suuria ja rasittavia sivuttaisvoimia sekä kitkaa mäntien ja vinolevyn välille. Siksi pumpussa pitää olla tehokas laakerointi ja voitelu. Kuvassa 6 on yksinkertainen kuva vinolevypumpusta ja sen tärkeimmistä osista.



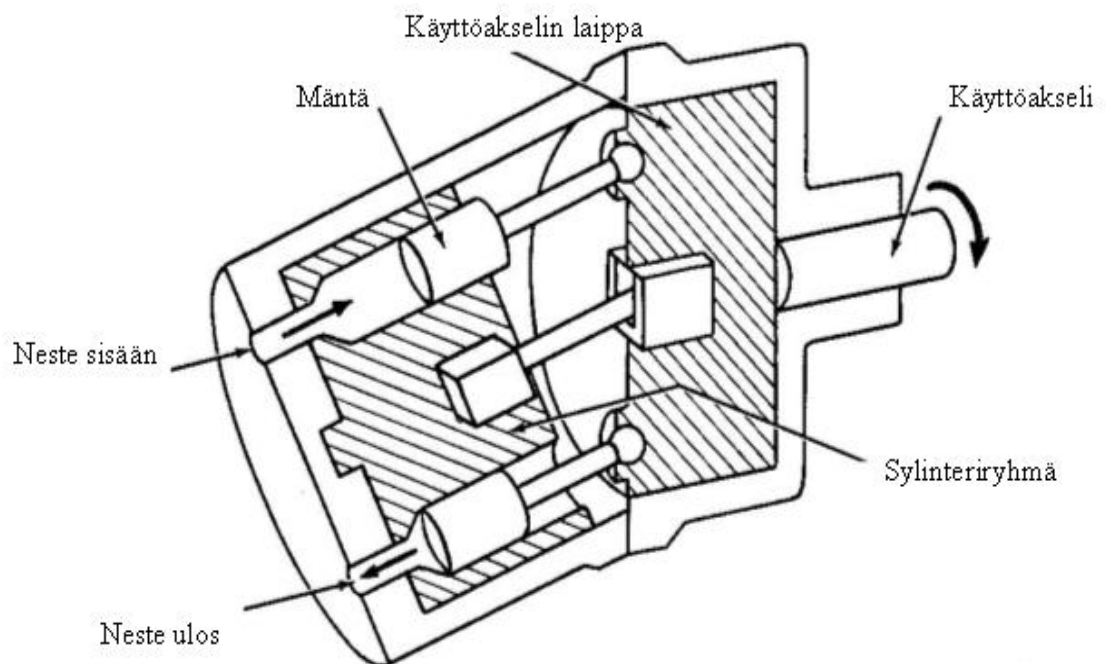
Kuva 6 Vinolevypumpun toiminta ja tärkeät osat /5/

Käyttöakselin pyöriessä pyörii samalla koko sylinterilohko. Koska vinolevy on paikallaan, muuttuu tilavuus sylintereissä koko ajan. Paikallaan oleva jakolevy toimii venttiilinä, joka avaa sisääntulo- ja ulostulokanavan oikealla hetkellä. Vinolevyn kulmaa ohjaa kuormantuntevassa hydraulijärjestelmässä signaali, joka tulee

suurinta painetta vaativalta toimilaitteelta. Täten pumppu tuottaa tilavuusvirran, jonka suurimman rasituksen alla oleva toimilaitte vaatii. Jos työkone, jossa on kuormantunteva järjestelmä, on paikallaan eikä käytä mitään toimilaitetta, ohjaa kuormasignaali vinolevyn kohtisuoraan käyttöakseliin nähden. Tällöin tilavuus ei muutu pumpun sylintereissä ja tilavuusvirtaa ei synny.

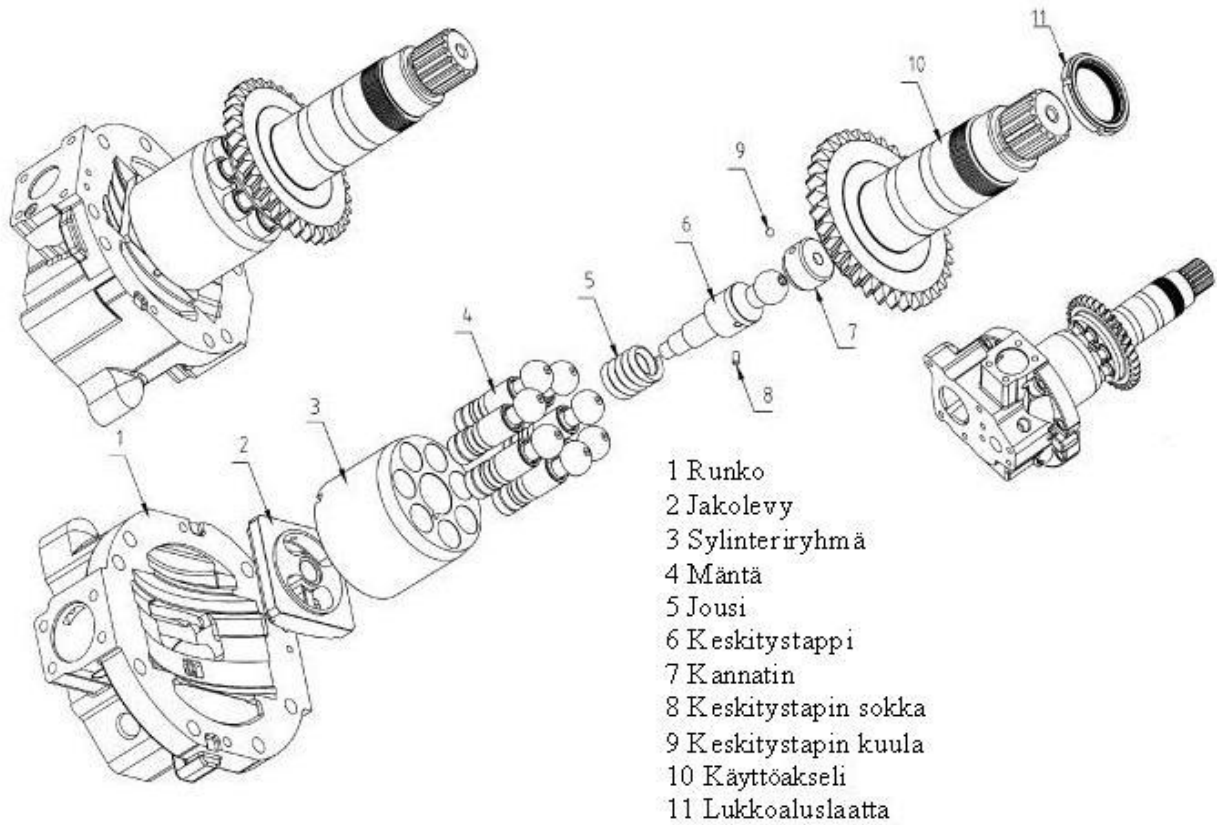
Kulmaroottori- eli vinoakselipumppu eroaa rakenteeltaan vinolevypumpusta siten, että siinä muutetaan sylinteriryhmän kulmaa suhteessa käyttöakseliin. Tämä on hieman yksinkertaisempi ratkaisu tilavuusvirran säätöön. Koska rakenne mahdollistaa männänvarsien pallomaisen muotoilun, ei pumpulle muodostu rasittavia sivuttaisvoimia, kuten vinolevypumpulle. Kulmaroottoripumpussa sylinteriryhmän ja käyttöakselin välistä kulmaa voi ohjata kuormasignaali, joten pumppu on kuorman tunteva ja säätötilavuuksinen. Kuvassa 7 on esitelty periaatekuva kulmaroottoripumpusta.

/19 s.112-120/



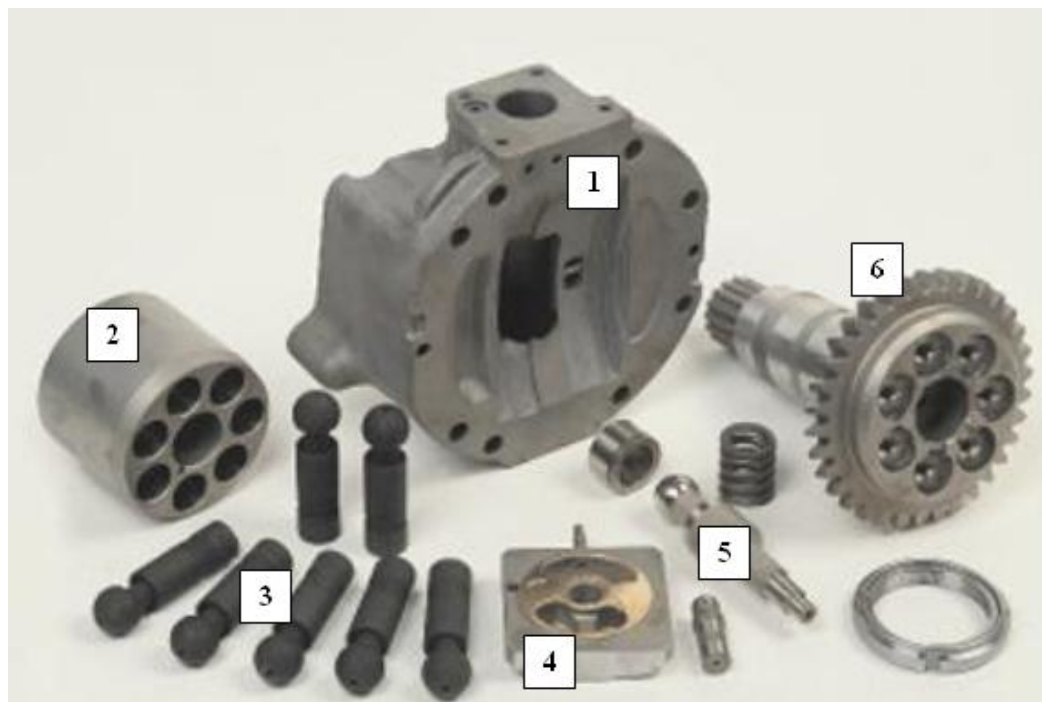
Kuva 7 Kulmaroottoripumppu /6/

Hitachi EX 100-3 -kaivukoneessa pääpumpuna on kulmaroottori- eli vinoakselipumppu. Pumppu on Hitachin omavalmiste, ja sen tyyppi on HPV09ES. Pumpussa on seitsemän sylinteriä, mikä on tyypillinen sylinterilukumäärä kyseiselle pumpputyypille. Kuvassa 8 on räjäytyskuva Hitachi EX 100-3:n pumpusta.



Kuva 8 Hitachin kulmaroottoripumpun räjäytyskuva /7/

Kuva 9 on valokuva puretusta Hitachin pumpusta. Kuvassa oleva pumppu on tyy-
piltään sama kuin kuvassa 7. Kuvan alla ovat pumpun osien nimet.



Kuva 9 Purettu Hitachin pumppu /7/

Pumpun osat:

1. Runko
2. Sylinteriryhmä
3. Männät
4. Jakolevy
5. Keskitystappi
6. Käyttöakseli

Kuvasta 8 huomaa hyvin mäntien (3) varsien pallomaisen muodon, mikä mahdollistaa sylinteriryhmän kallistamisen käyttöakseliin nähden. Mäntiin kohdistuvat voimat johtuvat pallomaisten männänvarsien takia tasaisesti koko käyttöakseliin (6) ja sen laakerointiin.

Hydraulipumppujen antama teho P voidaan laskea suoraan kertomalla pumpun tuottama tilavuusvirta Q paineella p , jolla kyseinen tilavuusvirta tuotetaan. Esimerkiksi Hitachi EX100-3:n pumppu tuottaa maksimissaan 184 l/min tilavuusvirran ja maksimipaine on rajoitettu 300 baariin. Täten saadaan pumpun tehoksi kaavan 4 mukaan:

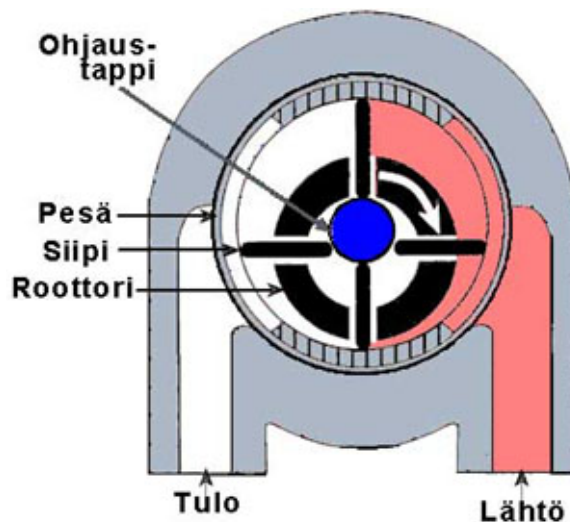
$$P = V \cdot p = \frac{0,184 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] \cdot 30000 \left[\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]}{60 [\text{s}]} = 92 \left[\frac{\text{kNm}}{\text{s}} \right] = 92 [\text{kW}] \quad (4)$$

Tämä on siis pumpun teoreettinen hydrauliteho. Jos pumpulta halutaan 92 kW:n teho, pitää pumpun käyttöakselille tuoda kuitenkin polttomoottorilta hieman suurempi teho pumpun hyötysuhteen η takia. Kulmaroottoripumpuille tyypillinen hyötysuhde on noin 0,9. Jotta pumpulta saataisiin 92 kW:n teoreettinen hydrauliteho, pitää sen käyttöakselille tuoda kaavan 5 mukaan noin 102 kW:n teho:

$$P = \frac{V \cdot p}{\eta_{kok}} = \frac{0,184 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] \cdot 30000 \left[\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]}{60 [\text{s}] \cdot 0,9} = 102,22 \left[\frac{\text{kNm}}{\text{s}} \right] = 102 [\text{kW}] \quad (5)$$

Siipipumput

Siipipumput ovat vakio- ja säätötilavuuksisia ja ne voidaan jakaa kahteen ryhmään. Ryhmäjako tapahtuu sen perusteella, ovatko pumpun siivet kiinni pyörivässä roottorissa vai ovatko ne kiinteästi staattorissa. Jos siivet ovat kiinni pyörivässä roottorissa, voi pumpussa olla yksi tai useampi kammio. Kuvassa 10 on esitelty yksikammioisen siipipumpun osat.



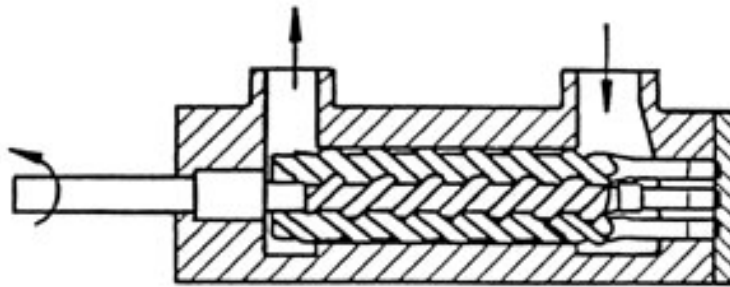
Kuva 10 Yksikammioinen säätötilavuuksinen siipipumppu /8/

Pumpun roottori ja pesä ovat epäkeskisiä. Kun roottori pyörii, muuttuu kahden siiven välinen tilavuus. Roottorin keskipistettä siirtämällä saadaan muutettua kierros-tilavuutta. Jos roottorin keskipiste on keskellä pesää, ei siipien välinen tilavuus muutu ja pumppausta ei tapahdu.

/19 s.105/

Ruuvipumput

Yksinkertaisin hydraulinen pumppu on ruuvipumppu. Se on vakiotilavuuspumppu joka tuottaa tasaisen tilavuusvirran melko äänettömästi. Yksinkertaisuutensa takia se on käyttöiltään muita pumppuja kestävämpi ja luotettavampi. Ruuvipumppuja käytetään usein siirtopumppuina sekä nostolaitteiden pumppuina. Ruuvipumpun toiminta perustuu pumpun rungon ja ruuvien väliin jäävään tilaan. Runko ja ruuvit muodostavat kammioita, jotka liikuttavat nestettä eteenpäin. Kuvassa 11 on tyypillinen kolmiruuvinen pumppu.



Kuva 11 Kolmiruuvipumppu /9/

Kun käyttöakselia pyöritetään, pyörii kaksi muuta ruuvia vastakkaiseen suuntaan. Ruuvien ja rungon seinämän väliin syntyy nesteellä täytettyjä kammioita, jotka liikkuvat sisääntulokanavalta ulostulokanavalle ja täten syntyy pumppausvaikutus.

/19 s.104/

4.4.2 Moottorit

Hydrauliset moottorit muuttavat pumpuilta tulevan hydraulisen tehon takaisin mekaaniseksi tehoksi. Hydraulinen teho muutetaan siis takaisin pyöriväksi liikkeeksi. Moottorit muistuttavat yleensä rakenteeltaan pumppuja, mutta toimivat päinvastaisesti. Moottoreita tarvitaan työkoneissa esimerkiksi koneen siirtämiseen ja ylävauunun kääntämiseen.

Moottorit voidaan jakaa rakenteen ja kierrosnopeuden perusteella kolmeen eri ryhmään:

- Hammaspyörämoottorit
- Siipimoottorit
- Mäntämoottorit

Käyntinopeuden perusteella moottorit voidaan jaotella karkeasti hidaskäyntisiin, keskinopeakäyntisiin ja nopeakäyntisiin. Hidaskäyntisissä moottoreissa kierrosnopeudet ovat korkeintaan 150 kierrosta minuutissa. Nopeakäyntiset moottorit toimivat välillä 300 - 5000 kierrosta minuutissa ja keskinopeat moottorit ovat hidas- ja nopeakäyntisten moottorien välissä.

Myös hydraulisia moottoreita on vakiotilavuuksisia ja säätötilavuuksisia. Vakiotilavuusmoottorin pyörimisnopeutta voi muuttaa vain sille tulevan tilavuusvirran avulla. Siis jos halutaan enemmän kierroksia moottorille, pitää pumpulta tulla enemmän nestettä. Säätötilavuusmoottoreissa voidaan moottorin kierrostilavuutta muuttaa ja näin muuttaa moottorin pyörimisnopeutta. Pumpun tuottaman tilavuusvirran ei siis tarvitse muuttua, vaikka moottorin kierrosnopeutta muutetaan. Säätötilavuusmoottoreissa kierrostilavuutta voidaan säätää portaattomasti tai niissä voi vaihtoehtoisesti olla 2-3 eri kierrostilavuusalueita.

Moottorin pyörimissuuntaa voidaan tietyissä olosuhteissa vaihtaa, muuttamalla liitäntöihin tulevien tilavuusvirtojen suunnat. Suunnanvaihto toteutetaan suuntaventtiileillä tai pumpuilla. On olemassa myös pumppu-moottori yhdistelmiä, jotka voivat toimia sekä pumppuna että moottorina. Tällaista järjestelmää kutsutaan toimilaitesäätöiseksi.

Moottorit toimivat syrjäytysperiaatteella kuten pumputkin. Moottoriin tuleva hydraulineeste saa aikaan paineen mäntiin, siipiin tai hampaisiin ja tämä voima muutetaan moottoria pyörittäväksi momentiksi. Eli tapahtumasarja on päinvastainen kuin pumpussa. Moottoreiden rakenteen takia niissä ilmenee momentin vaihteluita, etenkin pienemmillä kierrosnopeuksilla. Tämä aiheuttaa käynnin epätasaisuutta. Moottorin käyntiominaisuuksilla tarkoitetaan moottorin vääntömomentin ja pyörimisnopeuden vaihtelua moottorin käydessä.

Moottorin pyörintänopeus riippuu sinne tulevasta tilavuusvirrasta ja moottorin kierrostilavuudesta. Teoreettinen moottorin kierrosnopeus n voidaan johtaa kaavasta (3):

$$Q_{teor} = n \cdot V_k \quad \rightarrow \quad n = \frac{Q_{teor}}{V_k} \quad (6)$$

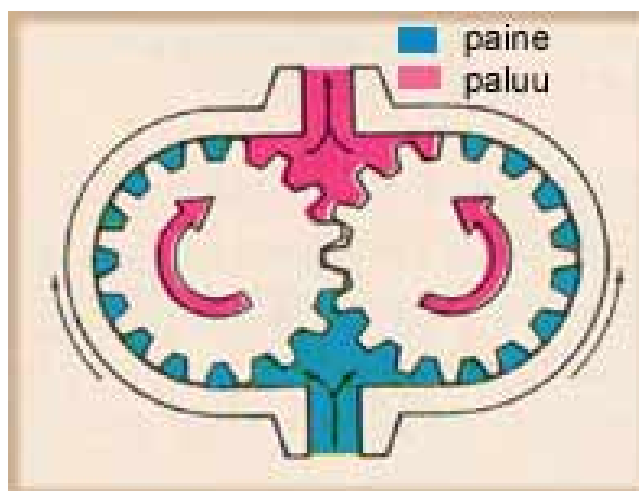
Siis kun moottorille halutaan tietty kierrosnopeus n , saadaan se aikaan muuttamalla sinne tulevaa tilavuusvirtaa Q tai muuttamalla moottorin kierrostilavuutta V_k . Kierrostilavuutta voidaan tietysti muuttaa vain silloin, jos kyseessä on säätötilavuusmoottori.

Pumpuissa ja moottoreissa kokonaishyötysuhde koostuu volumetrisesta ja hydromekaanisesta hyötysuhteesta. Volumetrisella hyötysuhteella tarkoitetaan moottorin tai pumpun hyötysuhdetta, kun otetaan huomioon niiden sisäiset vuodot. Mitä suurempi paine-ero moottorin tai pumpun imu- ja painepuolella on, sitä enemmän neste pyrkii virtaamaan vuotojen kautta väärään suuntaan ja heikentämään hyötysuhdetta. Hydromekaanisessa hyötysuhteessa on otettu huomioon sekä mekaanisista, että hydraulisista syistä aiheutuvat tehohäviöt. Mekaaniset tehohäviöt johtuvat pumppujen ja moottoreiden liikkuvien osien välisistä kitkoista ja hydrauliset häviöt syntyvät nesteen viskositeetin takia.

/19 s.121-126/

Hammaspyörämoottorit

Yksinkertaisin ja varmatoimisin vakioilavuusmoottorimalli on hammaspyörämoottori, joka on rakenteeltaan lähes samanlainen, kuin hammaspyöräpumppukin. Suurimmat erot hammaspyöräpumppujen ja moottoreiden välillä on niiden virtauskanavien ja aukkojen muotoilussa. Kuvassa 12 esitetään hammaspyörämoottorin toimintaperiaate. Neste tulee moottorin paineliitännään ja alkaa kiertyä hammaspyörien ja kammion seinämän välistä paluupuolelle. Paine saa aikaan hammaspyörille vastakkaisuunteiset momentit ja moottori alkaa pyöriä. Kyseinen moottori on nopeakäyntinen, sillä pyörimisnopeus voi olla jopa 4000 kierr/min.



Kuva 12 Hammaspyörämoottorin toimintaperiaate /10/

Sisään tuleva paine saa siis aikaan hammaspyöriin momentin. Toisessa pyöristä on akseli, jolla momentti johdetaan eteenpäin. Kyseistä moottorityyppiä käytetään kohteissa, jotka vaativat pienehköä vääntömomenttia ja suuria pyörimisnopeuksia.

Hidaskäyntisiä, suuren vääntömomentin kehittäviä hammaspyörämoottoreita kutsutaan gerotor -moottoreiksi. Ne ovat sisäryntöisiä moottoreita, joita käytetään esimerkiksi vinssien moottoreina. Gerotor -moottori on rakenteeltaan lähes samanlainen kuin sisäryntöinen hammaspyöräpumppu (kuva 4), mutta toimii päinvastoin.

/20 s.44/

Suurimmat vääntömomentit saadaan tuotettua kuitenkin orbitaali-moottoreilla, jotka ovat myös sisäryntöisiä hammaspyörämoottoreita. Rakenne on kuitenkin monimutkaisempi kuin muissa hammaspyörämoottoreissa, eikä hammaspyöräpumppuissaakaan ole vastaavalla tavalla toimivaa laitetta. Orbitaali-moottori voi tuottaa jopa 2000 Nm (Newton metri) väännön, kun taas gerotor- moottoreiden vääntömomentit jäävät yleensä alle 250 Nm. Orbitaali-moottoreita käytetään joissain työ-koneissa, kuten maatalouskoneissa. Moottorin hyötysuhde on sen monimutkaisen rakenteen takia melko huono. /19 s.134/

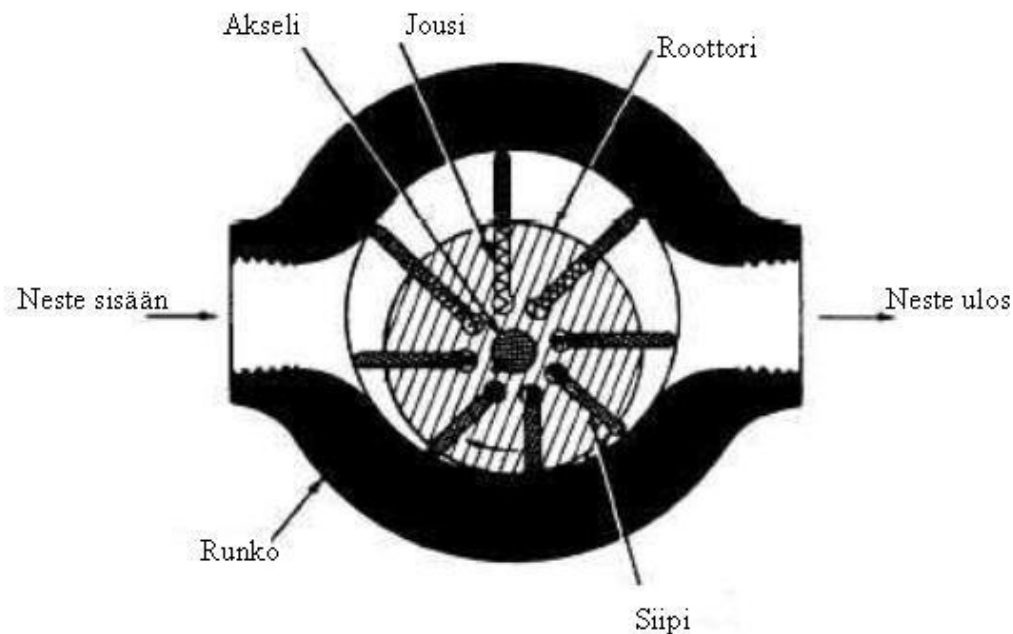
Siipimoottorit

Siipimoottorit muistuttavat rakenteeltaan ja toimintaperiaatteeltaan hyvin paljon siipipumppuja. Siipimoottoreita on sekä vakio- että säätötilavuuksisia ja pyörimisnopeudet vaihtelevat 2-4000 kierr/min. Siipimoottoreita voidaan siis käyttää todella monessa kohteessa.

Hidas- ja keskinopeuskäyntisistä siipimoottoreista yleisin tyyppi on vakiotilavuuk-sinen, monikammioinen siipimoottori. Moottorissa on sisällä siipipyörä ja moottorin sisään johdetaan nestettä useasta eri kanavasta. Kanavat on sijoitettu niin että moottoriin saapuva neste kohdistaa siipiin voiman, joka saa aikaan siipipyörää pyörittävän momentin. Moottorissa on vastaavasti useampi ulosmenokanava, joista neste pääsee pois. Kaikki kanavat ovat sijoitettu tasaisesti moottorin ympärille, rasittavien voimien tasaamiseksi.

Nopeakäyntisiä siipimoottoreita on sekä vakio- että säätötilavuuksisia. Vakiotilavuusmoottorit ovat monikammioisia, ja säätötilavuusmoottorit ovat yksikammioisia epäkeskoperiaatteella säädettyjä moottoreita. Säätötilavuuksiset siipimoottorit toimivat samalla periaatteella, mutta eri suuntaan, kuin säätötilavuuksiset siipipumputkin (kuva 10). Kuvassa 13 on periaatekuva yksikammioisesta säätötilavuuksisesta siipimoottorista.

/19 s.133,138/



Kuva 13 Säätötilavuuksinen siipimoottori /11/

Mäntämoottorit

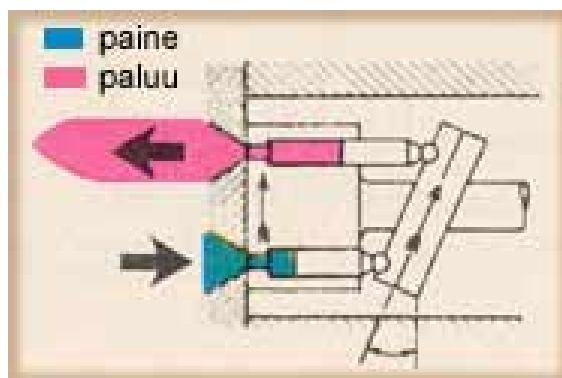
Mäntämoottorit voidaan jakaa vielä keskenään aksiaalimäntä- ja radiaalimäntämoottoreihin. Mäntämoottorit ovat raskaassa työkonekalustossa yleisesti käytetty moottorityyppi. Hitachi EX100-3 kaivukoneessa on ajomoottoreina kaksi säätötilavuuksista aksiaalimäntämoottoria ja kääntömoottorina on vakiotilavuuksinen aksiaalimäntämoottori.

Aksiaalimäntämoottoreissa on kaikissa sama toimintaperiaate, jossa nesteen tuoman paineen vaikutuksesta männät liikkuvat ylös ja alas. Koska männänvarret ovat kiinni vinolevyssä, alkaa sylinteriryhmä tai vinolevy pyöriä. Staattoriaksiaalimoottorissa sylinteriryhmä on kiinteä ja pyörimisliike syntyy vinolevylle, josta se taas johdetaan akselilla eteenpäin. Suoraroottori- ja kulmaroottorityyppisissä

moottoreissa sylinteriryhmä on pyörivä ja momentti välitetään sylinteriryhmästä akselille.

Staattoriaksiaalimoottori on vakiotilavuuksinen moottori, joka vastaa rakenteeltaan hyvin paljon staattoriaksiaalipumppua. Moottorin rakenteen takia sen käyttökiertosnopeudet rajoittuvat alle 1500 r/min. Moottorin synnyttämä vääntömomentti on maksimissaan noin 1200 Nm.

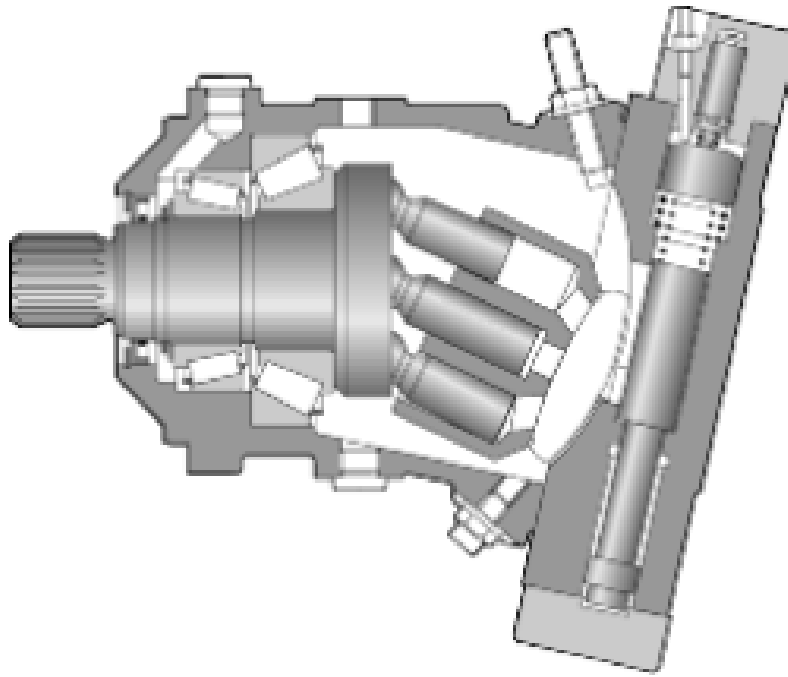
Suoraroottori- eli vinolevymoottori on rakenteeltaan vastaavanlainen kuin vinolevypumppukin (kuva 6). Vinolevymoottori voi olla säätötilavuuksinen tai vakiotilavuuksinen. Moottorissa on kiinteä jakolevy, joka ohjaa paineen moottoriin oikealla hetkellä. Mäntiin kohdistuva voima muuttuu kiinteän vinolevyn ansiosta pyöriväksi. Kuvassa 14 on yksinkertaistettu periaatekuva vinolevymoottorista.



Kuva 14 Vinolevymoottori /12/

Jos vinolevymoottoria käytetään esimerkiksi kaivukoneessa ylävaunun kääntämiseen, muutetaan kääntömoottorista saatu momentti vielä planeettapyörästäön avulla suuremmaksi.

Kulmaroottori- eli vinoakselimoottorit voivat myös olla säätö- tai vakiotilavuuksisia. Vinoakselimoottori toimii myös samalla periaatteella kuin vinoakselipumppukin (kuva 7). Vinoakselimoottoriin voidaan myös yhdistää planeettapyörästäön avulla momenttia muutetaan. Kaivukoneissa on usein ajomoottoreina molemmissa teloissa säätötilavuuksiset vinoakselimoottorit. Kuvassa 15 on Bosch Rexroth kulmaroottoripumppu.

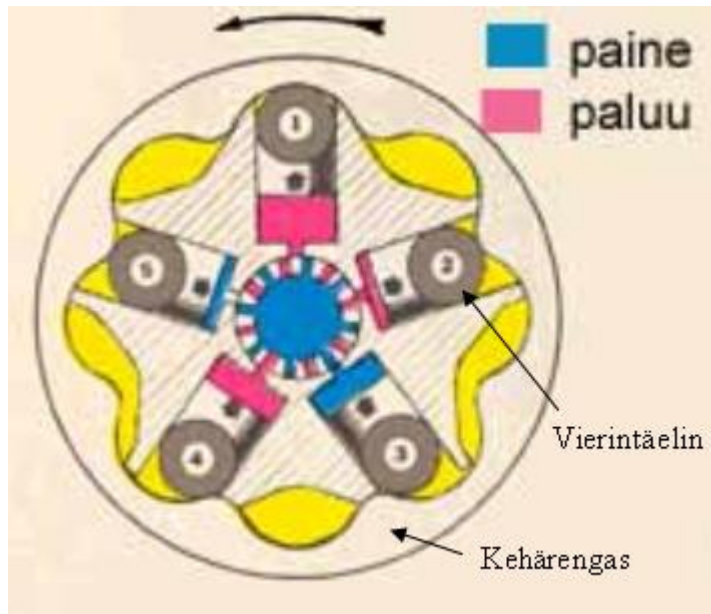


Kuva 15 Kulmaroottorimoottori Bosch Rexroth /13/

Suurien työkoneiden kääntö- ja ajomoottorit voivat tuottaa planeettaalennusvaihteen avulla jopa 150000 Nm väännön ja siksi aksiaalimäntämoottorit ovat yleisimmin käytettäviä moottoreita työkoneissa.

Hidaskäyntisiin mäntämoottoreihin kuuluu radiaalimäntämoottorit. Radiaalimäntämoottorit voidaan jakaa vielä sisäisiin ja ulkoisiin virtauskanavin varustettuihin moottoreihin. Radiaalimäntämoottorit, joissa on ulkoiset virtauskanavat, ovat vakio-tilavuusmoottoreita ja ne muistuttavat rakenteeltaan kuvassa 5 olevaa radiaalimäntäpumppua.

Kun virtauskanavat sijoitellaan sisäisesti, muuttuu moottorin rakenne täysin. Moottorissa on useita nokkia muodostava kehärengas, jolla tavallisen radiaalimäntämoottorin nokka-akseli korvataan. Moottorissa on useita mäntiä, ja kierrostilavuutta voidaankin säätää valitsemalla, montako vastakkaista mäntäparia on käytössä. Kun paine tulee männän päälle ja välittyy pyöreän vierintäelimen kautta kehärenkaalle, syntyy momentti, joka alkaa pyörittää kehärengasta. Kuvassa 16 on yksinkertaistettu säätötilavuuksinen radiaalimäntämoottori.



Kuva 16 Radiaalimäntämoottori /14/

Sisäisillä virtauskanavilla varustettu radiaalimoottori on varsin hidaskäyntinen, sillä niiden kierrosnopeudet ovat korkeintaan 500 kierr/min. Koska moottorin syrjäytyselimet ovat melko suuret ja kierrostilavuus on iso, moottoria käytetään pienillä kierrosnopeuksilla. Tämä mahdollistaa sen, että moottori voi tuottaa jopa yli 100000 Nm väännön. Kyseistä moottorityyppiä käytetäänkin paljon työkoneissa napamoottoreina. Säätötilavuuksinen radiaalimäntämoottori soveltuu erittäin hyvin napamoottoriksi, koska siihen on helppo liittää mekaaninen jarru.

/19 s. 122-140/

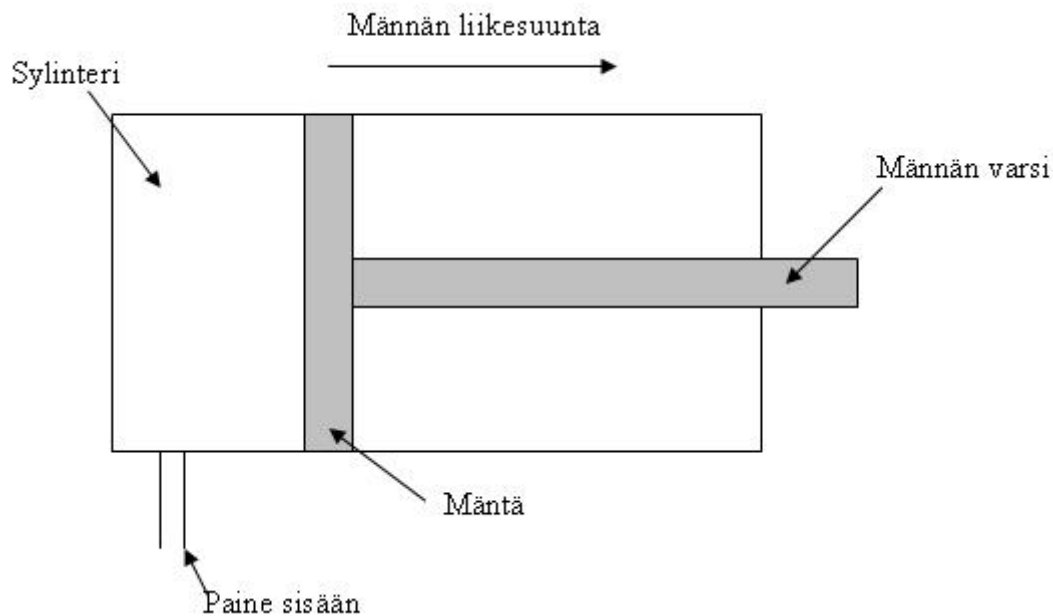
4.4.3 Sylinterit

Hydraulisten pumppujen tuottama teho voidaan muuttaa mekaaniseksi tehoksi myös sylinterien avulla. Sylinterin avulla tuotettu mekaaninen teho on suoraviivaista. Sylinterien rakenne on melko yksinkertainen ja niiden pääosat ovat yleisesti sylinteriputki, mäntä ja männänvarsi sekä tiivisteet. Työsylinterit voidaan jaotella kahteen ryhmään, yksitoimisiin ja kaksitoimisiin sylintereihin.

Yksitoimiset sylinterit

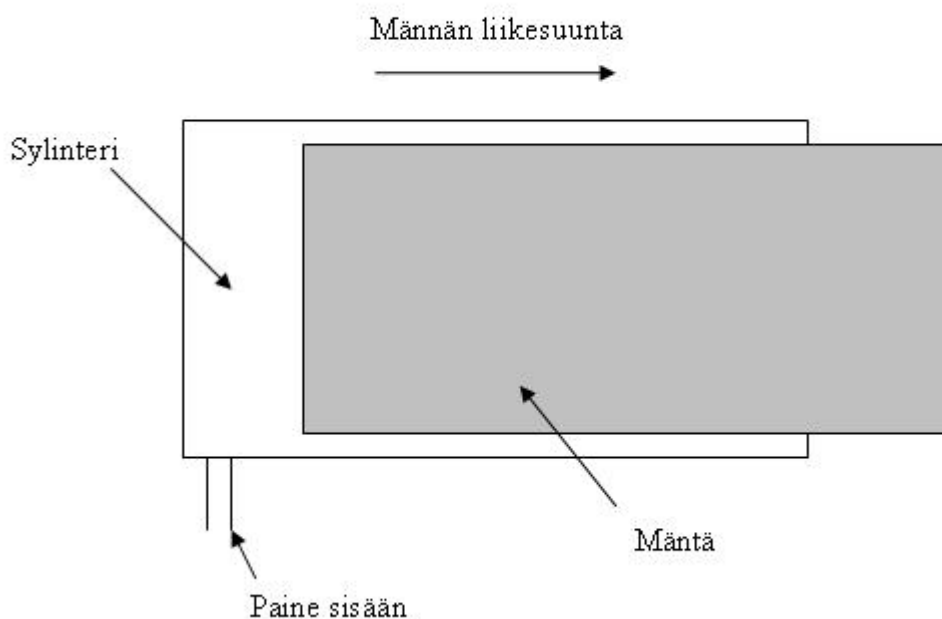
Yksitoiminen sylinteri toimii paineella vain yhteen suuntaan ja palautus tapahtuu yleensä jousella tai painovoimaa hyväksikäyttäen. Sylinterin toiminta perustuu siihen, että hydraulineestettä tuodaan paineella männän päälle ja mäntä alkaa liikkua sylinterissä. Liike johdetaan yleensä männänvarresta haluttuun paikkaan. Rajoitet-

tujen käyttömahdollisuuksien takia yksitoimiset sylinterit ovat melko harvinaisia. Yksitoimiset sylinterit voidaan jakaa vielä keskenään mäntätyyppeisiin, uppomäntätyyppeisiin ja teleskoopimäntäsylintereihin. Kuvissa 16, 17 ja 18 esitellään periaatekuvat kustakin sylinterityypistä.



Kuva 16 Yksitoiminen mäntäsylinteri

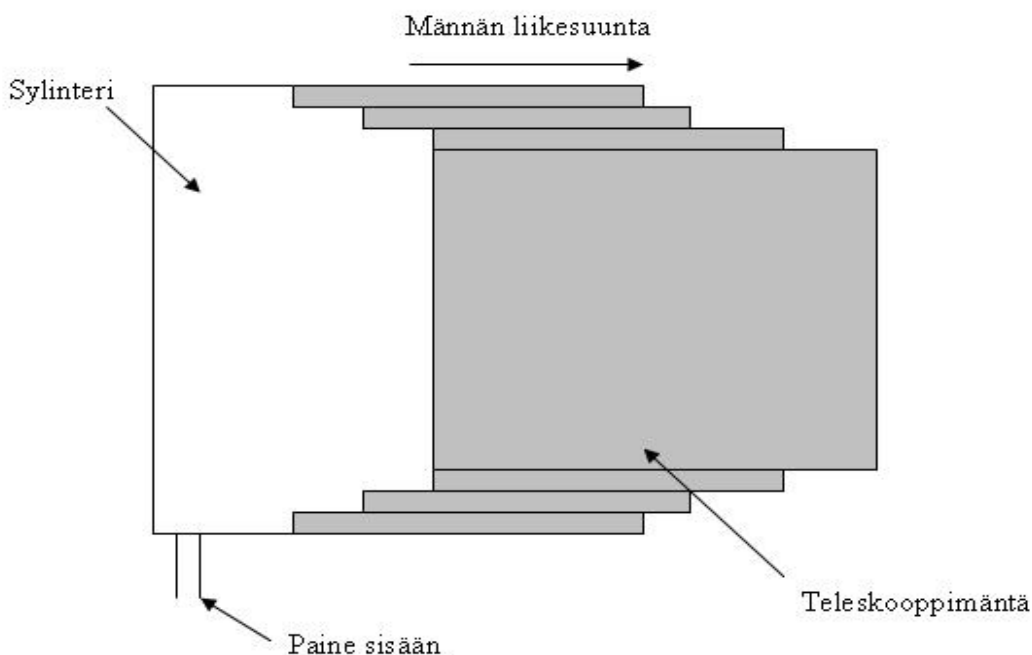
Kuvassa 17 olevaa uppomäntäsylinteriä käytetään sen vahvan rakenteen takia esimerkiksi puristimissa. Sylinteri on rakenteensa takia kuitenkin kovin raskas.



Kuva 17 Yksitoiminen uppomäntäsylinteri

Teleskooppimäntäsylintereitä (kuva 18) käytetään lähes poikkeuksetta kippilaitteissa ja nostolavoissa. Kyseiseen sylinterityyppiin törmääkin usein työkoneiden yhteydessä. Sylinterin suurin etu muihin verrattuina on sen asennusmahdollisuus. Sylinteri on helppo sijoittaa pieneenkin väliin, ja silti sen työliike on pitkä ja melko voimakas.

/19 s.141-143/



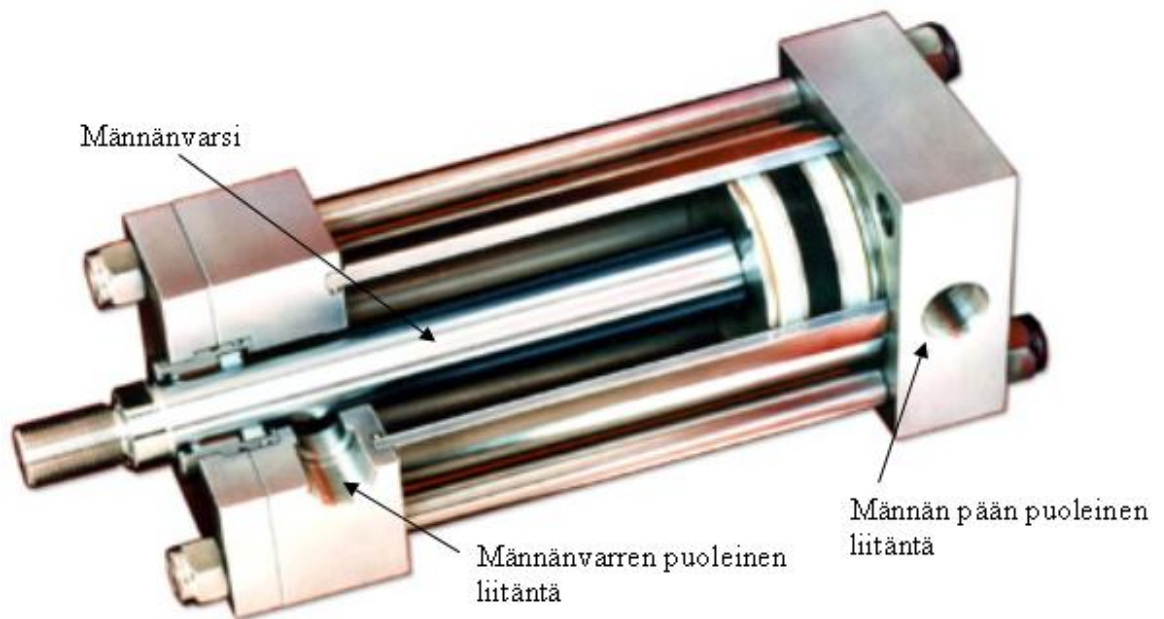
Kuva 18 Yksitoiminen teleskooppisylinteri

Kaksitoimiset sylinterit

Kaksitoimista sylinteriä voidaan käyttää hydraulisesti molempiin suuntiin. Sylinterillä on siis kaksi käyttösuuntaa eikä lankaan palautussuuntaa. Tämä tarkoittaa, että sylinteriin tulee kaksi letkua tai putkea, joita pitkin neste kulkee. Paine voidaan tuoda männän alapuolelle tai yläpuolelle. Ennen molempia liitäntöjä on venttiili, joka ohjaa nesteen kulkua. Jos toisesta venttiilistä kulkee paine sylinteriin, päästää toinen venttiili vastaavasti sitä pois sylinteristä.

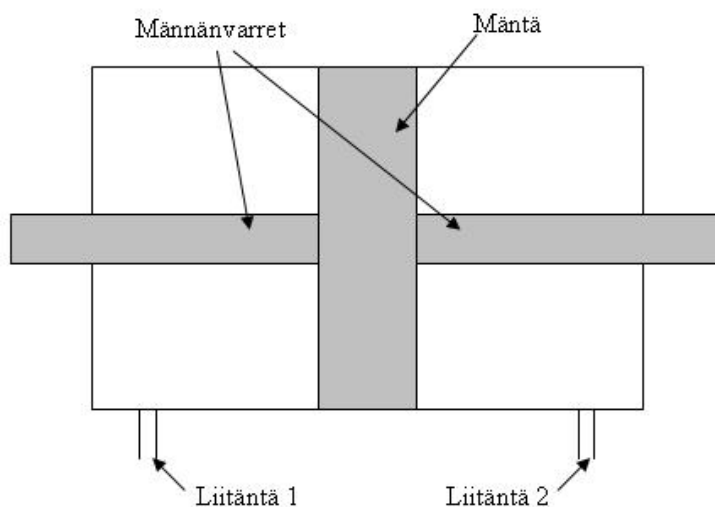
Työkoneissa yleisimmin käytetty kaksitoiminen sylinteri on yksipuolisella männänvarrella varustettu sylinteri. Muita kaksitoimisia sylinterityyppejä ovat kaksipuolisella männänvarrella varustetut sylinterit ja kaksitoimiset teleskooppisylinterit. Kuvassa 19 on tyypillinen yhdellä männänvarrella varustettu kaksitoiminen sylinteri. Kyseistä sylinterityyppeä käytetään Hitachi EX100-3:n kauhassa nosto- ja

taittoliikkeen aikaansaamiseksi. Luiskahydrauliikassa tarvittavat kauhan sivuttaiset kallistukset toteutetaan myös kyseisellä sylinterityypillä.



Kuva 19 Kaksitoiminen sylinteri yhdellä männänvarrella (Lehigh Fluid Power)/15/

Kaksipuolisella männänvarrella varustetussa sylinterissä on se etu, että männän molemmilla on sama pinta-ala, jolle paine kohdistuu. Tästä johtuu, että molemmat liikesuunnat saadaan toteutettua melko helposti samoilla nopeuksilla ja voimilla. Sylinterin kokonaispituus on kuitenkin jokin verran sen rakenteen takia pidempi, kuin yhdellä männänvarrella varustetussa sylinterissä. Kuvasta 20 selviää kyseisen sylinterin rakenneperiaate.



Kuva 20 Sylinteri kaksipuolisella männänvarrella

Myös teleskooppiratkaisua voidaan hyödyntää kaksitoimisissa sylintereissä. Rakenne ja toimintaperiaate ei eroa suuresti yksitoimisesta teleskoopimäntäsylinteristä. Kaksitoimisessa teleskoopisylinterissä on lisätty toinen liitäntä sisimpään männänvarteen tai sylinterin pätyyn.

Teoreettisesti sylinterin liikenopeus v määräytyy tehollisesta männänpinta-alasta A ja sylinteriin tuodusta tilavuusvirrasta Q . Kun otetaan huomioon vuodot ja liikekitka saadaan lisäkerroin, hyötysuhde η . Täten saadaan sylinterin liikenopeudelle kaava:

$$v = \frac{\eta \cdot Q}{A} = \frac{\left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]}{\left[\text{m}^2 \right]} = \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \quad (7)$$

/19 s.143-145/

4.4.4 Venttiilit

Pumppujen tuottamaa hydraulista energiaa voidaan ohjata, säätää sekä rajoittaa erilaisilla venttiileillä. Venttiilejä ja niiden yhdistelmiä on lukemattomia erilaisia, ja niistä esitellään yleisimmät tässä kappaleessa. Venttiilit voidaan karkeasti jaotella niiden tehtävien mukaan seuraavasti:

- Suuntaventtiilit
- Paineventtiilit
- Virtaventtiilit

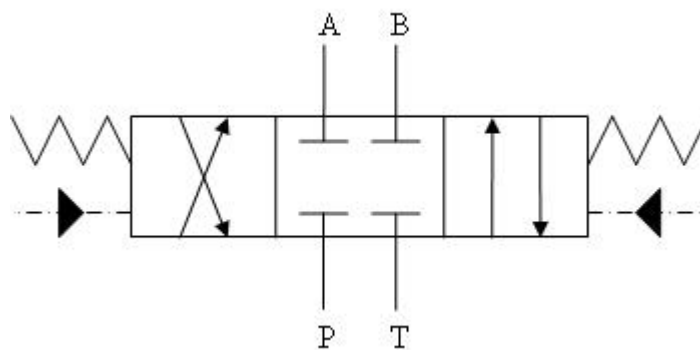
Lajittelutapoja on myös muita, sillä proportionaali-, servo- sekä patruunaventtiilit muodostavat myös omat ryhmänsä. Lisäksi venttiilin sisällä oleva kara voi olla rakenteeltaan istukkatyyppinen tai luistityyppinen. Kara on venttiilin sisällä oleva elin, joka sulkee ja aukaisee reittejä, joita pitkin öljy kulkee venttiilin läpi. Karan liikkeitä voidaan ohjata painamalla nappia eli lihasohjauksella, mekaanisesti jousella tai rullalla, sähköisesti, paineella tai yhdistetysti sähköllä ja lihaksella.

Suuntaventtiilit

Suuntaventtiilit ovat yleensä luistityyppisiä venttiileitä, jotka ohjaavat esimerkiksi pumpulta tulevan öljyn toimilaitteelle, kuten hydraulimoottorille. Koska öljy kiertää moottorin läpi pyörittäessään sitä, on öljy ohjattava takaisin säiliöön. Sama suuntaventtiili, joka ohjaa öljyn säiliöltä moottorille, ohjaa myös öljyn moottorilta säiliöön.

Suuntaventtiileitä on monenlaisia, riippuen siitä montako liitintää venttiilissä on, montako asentoa karalla on ja millä tavalla karan liikkeitä ohjataan. Esimerkkinä kuvassa 21 on 4/3 suuntaventtiili. Tyyppimääritteessä numero neljä tarkoittaa virtausteiden eli liitintöjen lukumäärän ja numero kolme kertoo karan asentojen lukumäärän. Jouset venttiilin reunoissa kertovat, että kara on keskitetty jousilla keskimmäiseen asentoon, jossa neste ei pääse venttiilin läpi. Kolmiot ja katkoviivat jousien alla ilmoittavat, että karan liikkeitä ohjataan hydraulisesti esiohjauksella. Esimerkiksi kauhan ja puomin sylinterien ja lisähydrauliikan suuntaventtiileitä ohjataan esiohjauksen avulla Hitachi EX100-3 -kaivukoneessa. Symboli P tarkoittaa paineliitintää, T tarkoittaa paluulinjaa, eli säiliölinjaa ja symbolit A ja B tarkoittavat sylinterin tai moottorin liitintää. Jos vasemmanpuoleisesta esiohjauksesta tulee paine karalle, aukeaa linja paineelta P liitintään A, ja tällöin esimerkiksi sylinteri tekee plus liikkeen, eli työntää. Jos karaa ohjataan oikealta puolelta, tekee sylinteri päinvastaisen liikkeen. Kun neste kiertää toimilaitteen läpi pääsee se suuntaventtiilin kautta liitintään T ja neste palaa säiliöön. Kuvassa 21 on piirroskuva kyseisestä suuntaventtiilistä.

/20 s.50-51/



Kuva 21 4/3 Jousipalautteinen 4/3 suuntaventtiili hydraulisella esiohjauksella

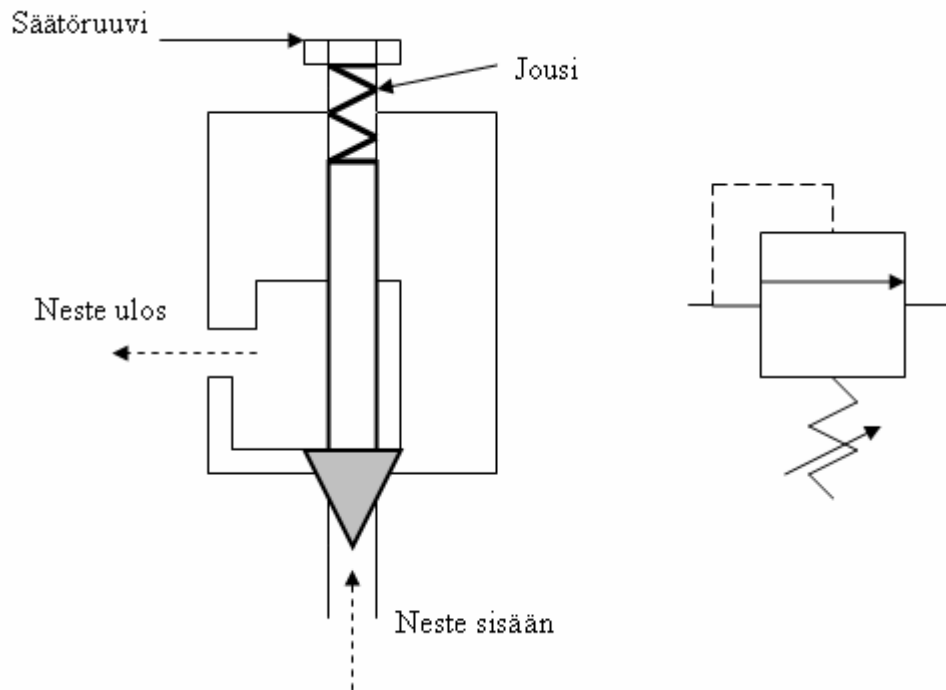
Yksinkertaisia suuntaventtiileitä ovat sulku- ja vastaventtiilit. Sulkuventtiileillä estetään virtaus kokonaan ja vastaventtiileillä sallitaan virtaus vain toiseen suuntaan. Yksinkertaisissa suuntaventtiileissä ei siis ole kuin yksi virtaustie, joka voidaan tukkia kokonaan tai sitä voidaan käyttää vain toiseen suuntaan. /19 s.167/

Varsinaiset suuntaventtiilit kuten kuvassa 21 voidaan erotella toisistaan vielä monella eri tavalla. ON/OFF venttiileiksi kutsutaan venttiileitä, joiden karojen asentojen lukumäärä on jokin tietty, kuten kuvan 21 venttiilillä. Jos karan asentoa voidaan säätää portaattomasti, voidaan venttiilin läpi pääsevää virtausta myös muuttaa portaattomasti. Tällaisia venttiileitä kutsutaan proportionaaliventtiileiksi tai servoventtiileiksi. /19 s.173/

Paineventtiilit

Paineventtiileillä voidaan säätää järjestelmän painetta tai ohjata sen toimintaa. Painetta säätämällä voidaan vaikuttaa toimilaitteiden kuten moottorien ja sylinterien antamiin tehoihin ja momentteihin, sekä estää kevennysventtiilien avulla järjestelmää vaurioitumasta liian korkean paineen takia. Paineventtiileillä voidaan myös asettaa prioriteetteja toimilaitteille esimerkiksi kuormantuntevassa järjestelmässä. Jokainen toimilaitte käyttää tiettyä painetta toimiessaan ja paineventtiilit erottelee näistä paineista suurimman. Tämä taas antaa pumpulle tiedon, kuinka paljon tarvitaan tilavuusvirtaa. Näin ollen paineventtiilit voidaan erotella ohjaaviin ja säätäviin paineventtiileihin.

Paineventtiilit voivat olla rakenteeltaan istukka- tai luistityyppisiä. Kaikki paineventtiilit ovat normaalitilassa jousen avulla. Paineenrajoitusventtiili on normaalisti suljettu, eli neste ei pääse kulkemaan sen läpi. Jos venttiilin karaan ei kohdistu riittävää voimaa, ei se päästä nestettä kulkemaan venttiilin läpi. Kun paine kasvaa tarpeeksi, voittaa nesteen paine jousen voiman ja kara liikkuu. Tämä tarkoittaa, että neste alkaa virrata venttiilin läpi. Jousen jäykkyyttä voidaan säätää esimerkiksi säätöruuvista jousen päässä. Kuvassa 22 esitellään istukkatyyppisen säädettävän paineenrajoitusventtiilin rakenne ja sen piirroskuva.



Kuva 22 Istukkatyyppinen säädettävä paineenrajoitusventtiili ja sen piirroskuva

Paineventtiileitä voidaan myös esiohjata paineella. Tällaisia ratkaisuja käytetään, kun kyseessä on suuret tilavuusvirrat ja venttiilin toiminnalta ei vaadita kovin suurta nopeutta.

Jos jossakin järjestelmän osassa tarvitaan tiettyä tasaista painetta, joka on alhaisempi kuin pääpumpun tuottama paine, saadaan se aikaan paineenalennusventtiilillä. Paineenalennusventtiili pitää toisiopaineen, eli paineen venttiilin jälkeen vakiona vaikka pääpaine vaihtelisi. Venttiili on normaalisti avoin ja pienillä paineilla neste pääsee kulkemaan normaalisti venttiilin läpi. Kun järjestelmän paine nousee lähelle paineenalennusventtiilin asetuspainetta, alkaa venttiili kuristaa virtauskanavaansa ja täten rajoittamaan toisiopainetta. Venttiili voi ohjata ylimääräisen tilavuusvirran suoraan säiliöön tai järjestelmän muihin osiin. Paineenalennusventtiili voi olla suoraan ohjattu esimerkiksi jousella, tai esiohjattu paineen avulla.

Sekvenssiventtiileillä eli paineohjausventtiilillä saadaan asetettua jokin tietty järjestys toimilaitteiden käynnistymiselle. Jokaisella toimilaitteella on oma venttiilinsä, joka sallii virtauksen vasta kun järjestelmässä on tietty paine. Eli toimilaitteiden käynnistymiselle voidaan asettaa järjestys, joka perustuu järjestelmässä olevaan paineen nousuun.

Lisäksi on olemassa vielä kevennysventtiileitä ja vastapaineventtiileitä. Kevennysventtiilien tehtävänä on ohjata pumpun tuotto suoraan säiliöön, jos mikään toimilaitte ei vaadi tilavuusvirtaa. Vastapaineventtiilit vakauttavat esimerkiksi sylinterin miinusliikettä. Jos kaivukoneen kauhassa on suuri taakka ja kauhaa aletaan laskea, kuristaa vastapaineventtiili virtausta, joka tulee kauhan nostosylinterin alapuolelta. Täten kauhan liike on hallittu, eikä se putoa alas nopeasti, vaikka kauhassa olisikin painava taakka.

/19 s. 187-224/

Virtaventtiilit

Säätötilavuuksisilla pumpuilla ja moottoreilla varustetuissa työkoneissa toimilaitteiden liike- ja pyörimisnopeuksia voidaan säätää muuttamalla pumpun tai moottorin kierrostilavuuksia tai muuttamalla järjestelmässä kulkevaa tilavuusvirtaa. Vaikka pumpun tuotto pysyisi vakiona, voidaan tilavuusvirtaa säätää virtaventtiilin avulla. Jos toimilaitteelle tulevaa tilavuusvirtaa pudotetaan virtaventtiilin kuristimen (kuva 23) avulla, kulkee ylimääräinen tilavuusvirta paineenrajoitusventtiilin kautta säiliöön. Tästä tapahtumasta syntyy aina tehohäviöitä, jotka riippuvat ylimääräisen tilavuusvirran suuruudesta ja paineenrajoitusventtiilin ominaisuuksista. Siksi tällaista tilavuusvirran säätötapaa ei käytetä suuritehoisissa järjestelmissä. Virtaventtiilin piirroskuvan tunnistaa kuristimesta.



Kuva 23 Kuristin

Virtaventtiilit voidaan jakaa niiden toimintatapojen perusteella virtavastusventtiileihin, virransäätöventtiileihin ja virranjakoventtiileihin. Virtavastusventtiilit kuristavat virtausta ja täten vaikuttavat toimilaitteen liikenopeuteen. Virtavastusventtiilit eivät kuitenkaan pysty pitämään läpäisemäänsä tilavuusvirtaa vakiona, vaan tilavuusvirta vaihtelee sen mukaan, mikä on järjestelmän paine. Virtavastusventtiili siis vain ohjaa tilavuusvirtaa pienemmäksi.

Virransäätöventtiili pystyy pitämään läpäisemänsä tilavuusvirran vakiona, riippumatta kuormituksesta ja paineesta. Venttiilin sisällä on samantyyppinen kuristin kuin virtavastusventtiilissäkin, mutta sen lisäksi virransäätöventtiilissä on oma säätöpiiri. Tämä säätöpiiri pitää asetusarvona olevan tilavuusvirran vakiona, vaikka paine muuttuisikin järjestelmässä. Virransäätöventtiilit voidaan vielä jakaa säätöpiirin rakenteen ja ominaisuuksien mukaan useampaan ryhmään.

Virranjakoventtiilit jakavat tilavuusvirran eri toimilaitteille. Tilavuusvirran jako voi tapahtua kahteen tai useampaan osaan. Yleisin jakosuhte on 1:1, mutta muitakin ovat mahdollisia.

/19 s.226-250/

4.4.5 Putket ja letkut /21 s.15-19, 97-100/

Putket ja letkut toimivat hydraulijärjestelmässä siirtolinjoina pumppujen ja toimilaitteiden välillä. Yleisesti putkilta ja letkuilta vaaditaan hyvää paineensietokykyä, taipuisuutta, muokattavuutta ja kykyä kestää lämpötilavaihteluita.

Putkien materiaali on yleensä hiiliteräs ja joskus putkelta vaaditaan vielä haponkestävyyttä. Putket voidaan jakaa saumattomiin ja hitsattuihin putkiin. Yleisimpiä ulkohalkaisijoita löytyy aina 10,2 millimetristä 610,0 millimetriin. Seinämävahvuuksia on 1,5 millimetristä 9 millimetriin.

Hydraulijärjestelmissä käytetään letkua periaatteessa silloin, kun ei ole mahdollista käyttää putkea. Jos hydraulilinjalta vaaditaan liikkuvuutta, ei voida käyttää putkea. Yleensä letkua käytetään, kun paine pitää tuoda liikkuvaan tai kääntyvään toimilaitteeseen kuten kauhalle. Käyttöpaineen mukaan letkut voidaan jaotella matalapaine-, keskipaine-, korkeapaine- ja erikoiskorkeapaineletkuihin. Vahvikkeita on taas ristipunos ja spiraalityyppisiä. Letku on yleensä synteettistä kumia ja siinä on sisä- ja ulkokerros ja niiden välissä olevat vahvikkeet. Vahvikkeet voivat olla terästä, tekokuituja tai puuvillaa.

5 LUISKAHYDRAULIIKAN ASENNUS

5.1 Esitiedot kaivukoneesta, luiskahydrauliikasta, polkimesta ja kytkennöistä

Ensimmäiseksi esitellään Hitachi EX100-3 kaivukoneen (kuva 24) oleelliset tekniset tiedot. Tämän jälkeen tutustutaan Hydrocontrol- polkimeen, jolla luiskahydrauliikkaa ohjataan.



Kuva 24 Hitachi EX100-3 –kaivukone /17 s.1/

Taulukossa 1 on esillä Hitachi EX100-3:n tärkeimpiä teknisiä tietoja.

Taulukko 1 Hitachi EX100-3 teknisiä tietoja /17 s.6/

Moottori	
Tyyppi	Isuzu 4BDI, nestejäähdytys
Sylinterit	4
Maksimi teho	57 kW / 2300 rpm
Maksimi vääntö	235 Nm / 1600 rpm
Hydraulijärjestelmä	Kuormantunteva
Pääpumppu	Yksi säätötilavuuksinen aksiaalimäntäpumppu
Maksimi tilavuusvirta	1 x 184 L/min

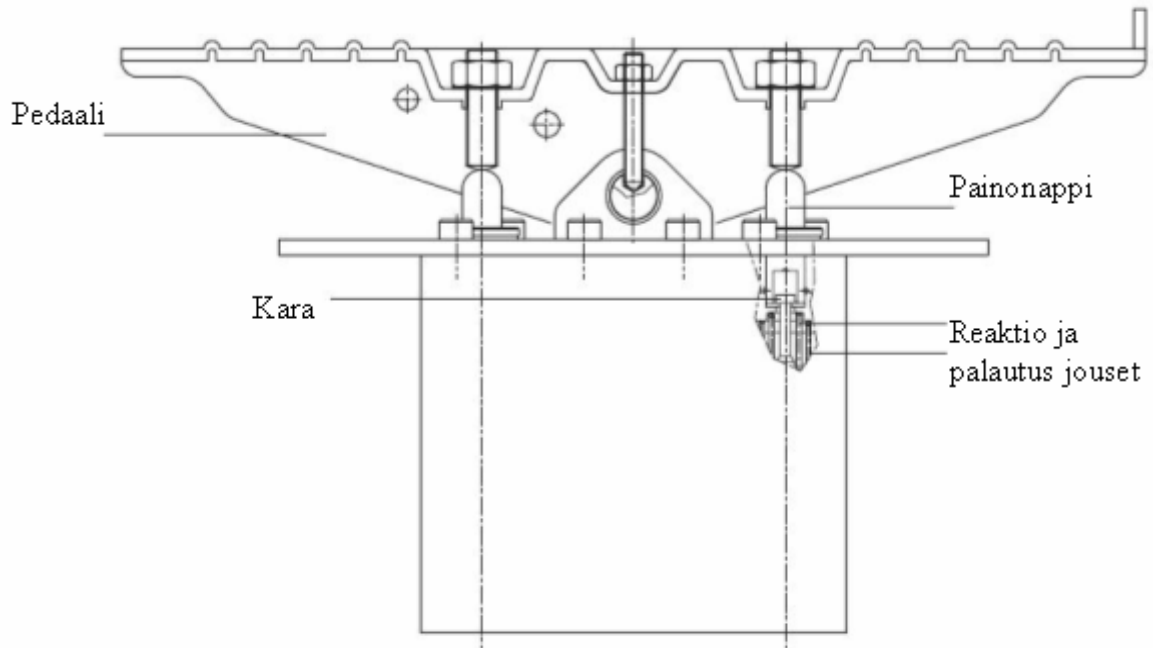
Esiohjauspumppu	Yksi hammaspyöräpumppu
Maksimi tilavuusvirta	1 x 38,6 L/min
Ajomootorit	Kaksi säätötilavuuksista aksiaalimäntämootoria
Kääntömootori	Yksi kiinteätilavuuksinen aksiaalimäntämootori
Kevennysventtiili aukeaa	
Työpaine	34,3 MPa
Kääntömootorin paine	34,8 MPa
Ajomootorin paine	34,3 MPa
Esiohjauspaine	4,9 MPa
Mitat	
Leveys	2,46 m
Korkeus	2,7 m
Pituus (telat)	3,34 m
Kokonaismassa	10 700 kg

Hitachi EX100-3 -kaivukoneen venttiililohkossa on ylimääräinen paikka lisähydrauliikkaa varten. Tähän kyseiseen paikkaan voidaan kytkeä esimerkiksi luiskahydrauliikan esiohjaus- ja paineliitännät.

Luiskahydrauliikalla tarkoitetaan jalkapolkimella ohjattavaa kauhan sivuttaissuuntaista kallistusta. Vaikka kaivukone olisi vaakasuoralla alustalla, voidaan kauhaa kallistaa luiskahydrauliikan avulla sivuttaissuunnassa siten, että on mahdollista kaivaa esimerkiksi 45° ojan reuna.

Luiskahydrauliikan esiohjaus tapahtuu nestekäyttöisellä polkimella, jonka valmistaja on Hydrocontrol S.p.A. Polkimen tyyppi on HC-RCF. Polkimen toiminta perustuu kahden yksiasteisen, eli suoraanohjatun paineenalennusventtiilin toimintaan.

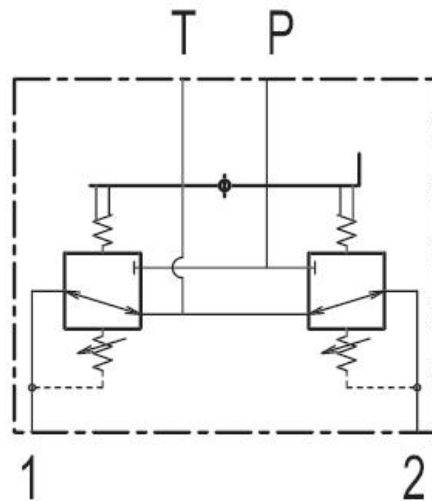
Polkimessa on kaksi lihasohjattua jousipalautteista venttiiliä, jotka ohjaavat paineen toiminnoille yksi ja kaksi. Kuvassa 25 on esiteltynä kyseisen HC-RCF-polkimen olennaiset osat.



Kuva 25 HC-RCF- poljin /18 s.1/

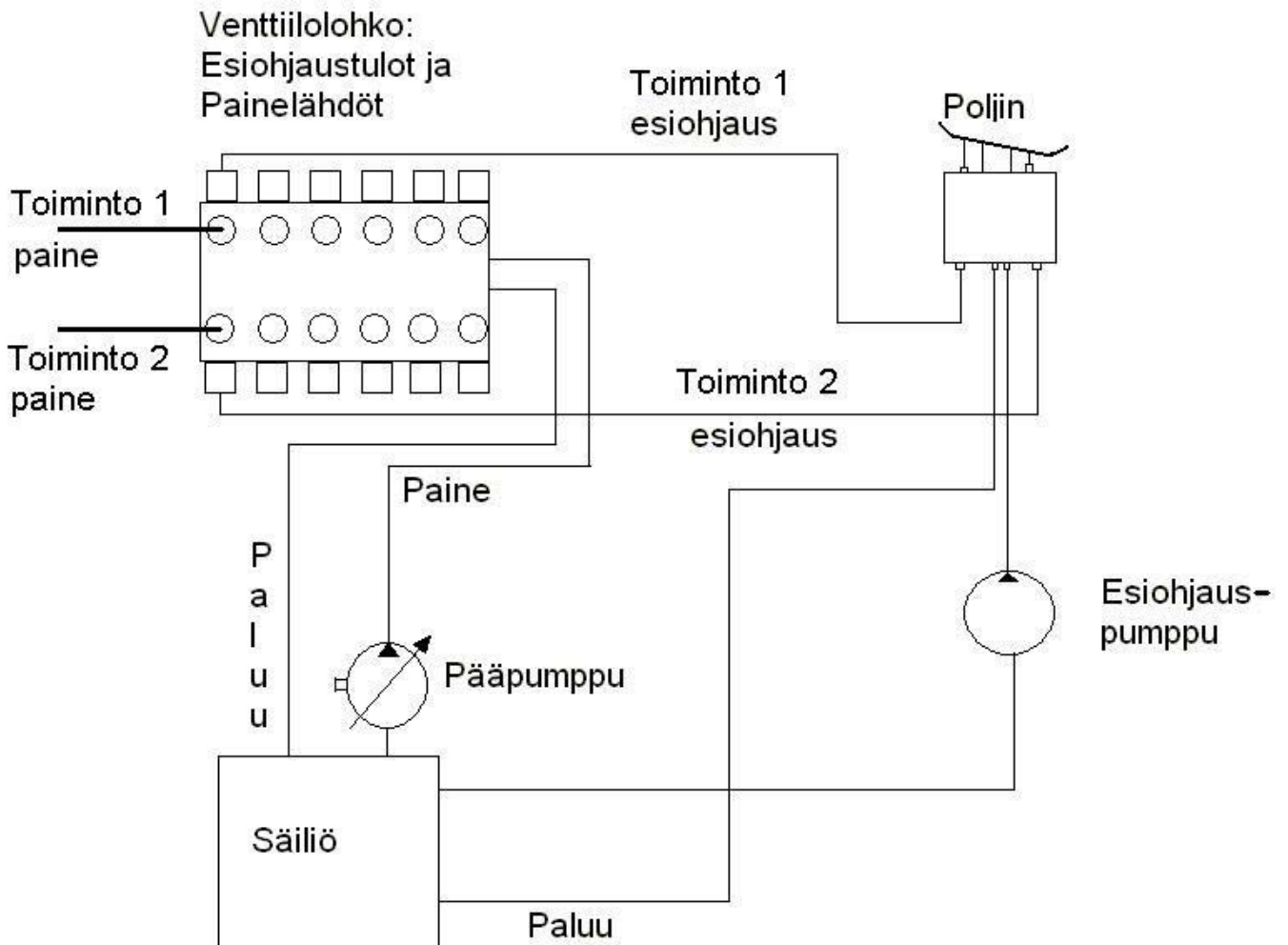
Polkimen alaosassa on neljä liitäntää: paine- ja säiliölinjat sekä lähtöliitännät toiminnolle yksi ja kaksi sijaitsevat kaikki polkimen pohjassa. Jos poljinta ei paineta, on paineliitintä suljettu ja paineliitäntään tuleva neste ei pääse mihinkään. Kun jalalla painetaan esimerkiksi keinupolkimen yläosaa, aukeaa kanava paineliitännän ja toiminnon yksi välillä, sekä säiliölinjan ja toiminnon kaksi välillä. Tällöin neste pääsee virtaamaan venttiililohkon esiohjausosaan ja vie sinne käskyn toteuttaa luiskahydrauliikan toiminto yksi. Samalla pääsee neste palaamaan toiminnon kaksi-kanavan kautta säiliölinjaan.

Tämä polkimella annettu esiohjaus tarkoittaa, että venttiililohkon lisäpaikan ensimmäisestä painelähdöstä kulkee paine kauhassa olevaan luiskahydrauliikan sylinteriin ja kauha kallistuu. Kun painetaan polkimen alaosaa, tapahtuu kauhan kallistuminen toiseen suuntaan. Polkimen sisällä olevien venttiilien rakenne mahdollistaa portaattoman ohjauksen lisähydrauliikan toiminnalle. Tämä tarkoittaa, että kauhan kallistusliikkeen nopeus riippuu siitä, kuinka paljon poljinta painetaan jalalla. Polkimen piirroskuva esitellään kuvassa 26. Kuvassa P on paineliitäntä, T on säiliölinja ja numerot yksi ja kaksi ovat toiminnot.



Kuva 26 Polkimen piirroskuva /18 s.5/

Jotta kytkentöjen kokonaiskuva olisi helpompi hahmottaa, esitellään kuvassa 27 yksinkertaistettu periaatekuva luiskahydrauliikan kytkennästä järjestelmään.



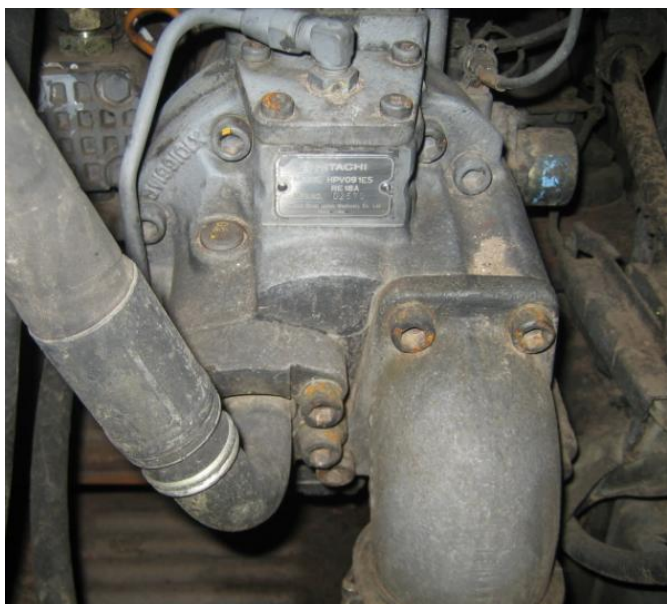
Kuva 27 Periaatekuva kytkennöistä

Pääpumppu tuottaa tilavuusvirtaa venttiililohkolle, sen mukaan paljonko sitä kulloinkin tarvitaan. Työpaine kulkee pääpumpulta lohkolle, lohkolta toimilaitteille ja toimilaitteilta takaisin säiliöön. Esiohjauspumppu tuottaa esiohjauspaineen toimilaitteiden esiohjauksille. Kun esimerkiksi poljinta painetaan, pääsee esiohjauspaine polkimen läpi venttiililohkon esiohjaustuloon. Esiohjaus antaa siis käskyn lohkon venttiileille päästää työpaine toiminnolle yksi.

Käytännössä luiskahydrauliikan esiohjauksen paine ja säiliölinja ovat haaroitettu ajomoottoreiden esiohjauksesta. Käytännön kytkennät ja ratkaisut ovat muutenkin paljon monimutkaisempia, kuin kuvassa. Kuvasta puuttuu muun muassa paljon eri venttiilejä, joilla säädetään ja ohjataan järjestelmän toimintaa. Kyseisen kaivukoneen hydrauliikkakaavio löytyy kokonaisuudessaan valmistajan korjausoppaasta. Hydrauliikkakaaviota on syytä tutkia, ennen kuin aloittaa asennukset, jos ei tunne kyseisen koneen kytkentöjä.

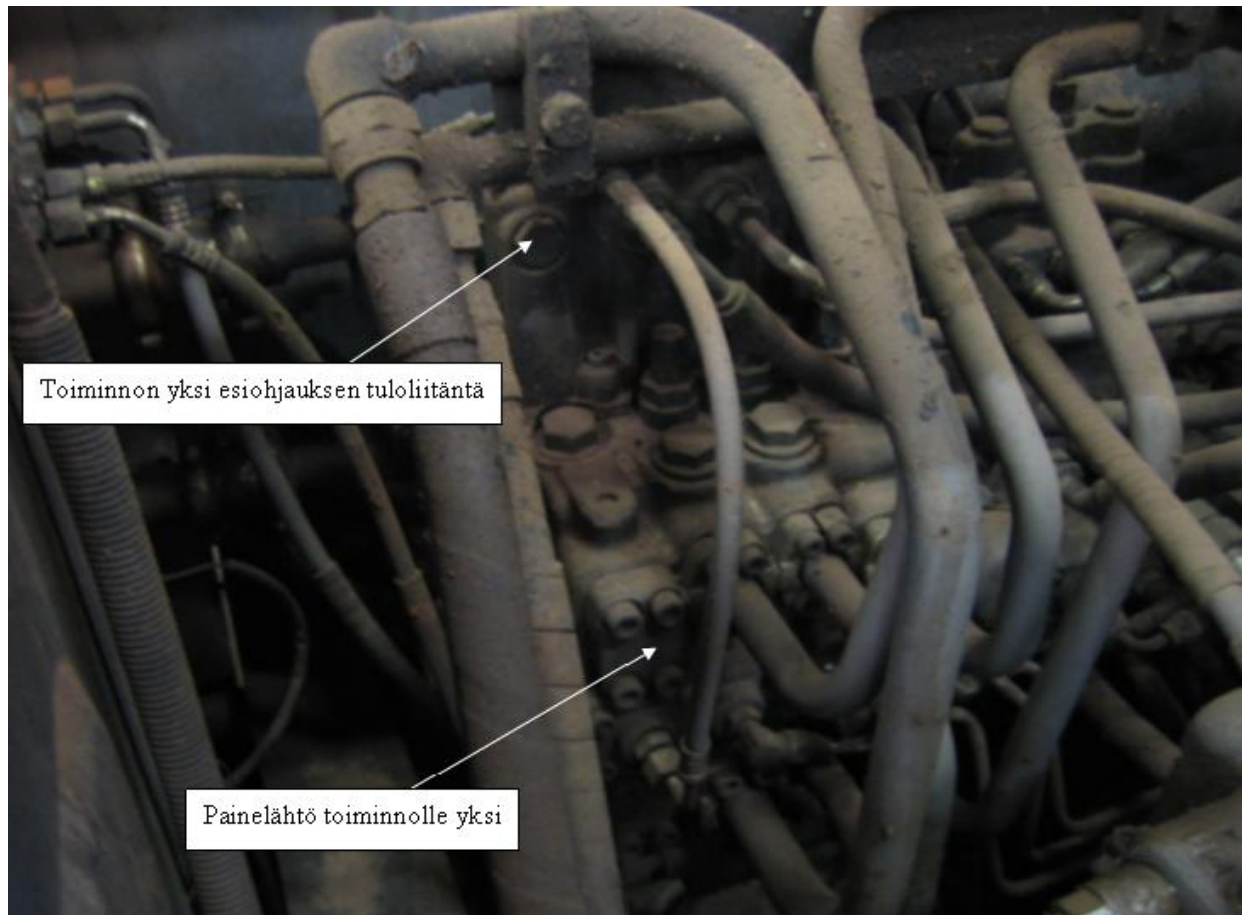
5.2 Esivalmistelut ennen asennustöitä

Ennen asennuksen alkua tutustutaan kyseiseen kaivukoneeseen yleisesti. Pitää paikantaa pumput ja moottorit sekä venttiililohko ja niiden väliset letkut ja putket. Kuvassa 28 on esillä Hitachi EX100-3:n pääpumppu joka sijaitsee työkonen oikeassa kyljessä.



Kuva 28 Pääpumppu

Kuvassa 29 on esillä Hitachin venttiililohko. Venttiililohko sijaitsee hytin oikealla puolella, suojakannen alla. Kuvasta ilmenee lisähydrauliikalle tarkoitettu paikka venttiililohkossa. Toiminnon kaksi painelähtö ja esiohjausliitäntä ovat samassa kohtaa venttiililohkoa, mutta sen alaosassa.



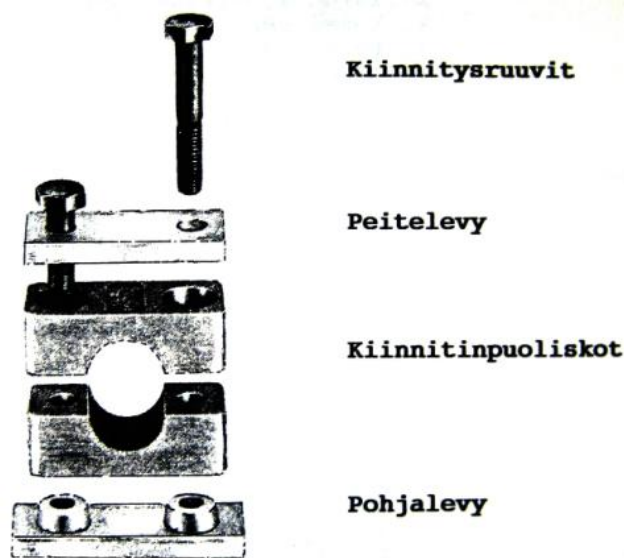
Kuva 29 Venttiililohko

Ennen varsinaisia asennustöitä pitää myös tarkastaa ja mitoittaa, että asennettavat letkut, putket ja liittimet kestävät järjestelmän paineen. Kaikki muut yleiset esivalmistelut, kuten esimerkiksi paloturvallisuus seikkojen selvittäminen, kuuluu tietysti tehdä ennen asennustöiden aloittamista. Aluksi on myös syytä tutustua työssä käytettäviin erikoistyökaluihin, kuten letkuntekolaitteisiin ja putkitavuttimeen.

5.3 Asennustyöt

5.3.1 Kiinnikkeiden valmistus ja kiinnitys

Asennus alkaa sillä, että sahataan lattaraudasta kolme kappaletta 20 cm:n palasta. Paloihin hitsataan putkikiinnikkeiden (kuva 30) pohjat kiinni ja lattaraudan päihin porataan reiät kiinnitystä varten.



Kuva 30 Putkikiinnike /21 s.142/

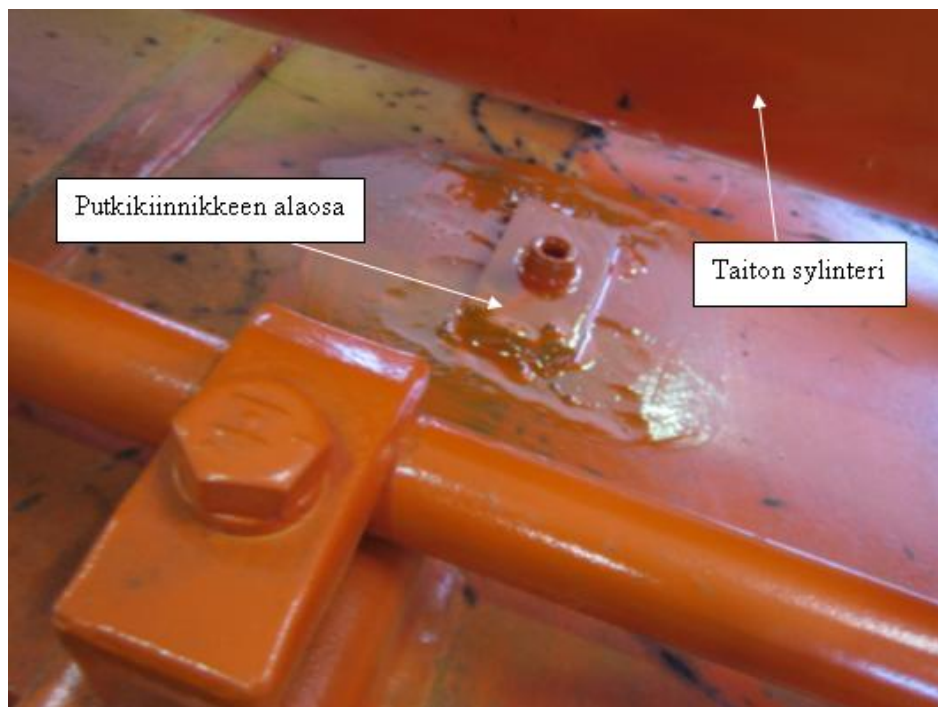
Kun lattarauta ja putkikiinnikkeen pohja on hitsattu yhteen ja maalattu, voidaan se kiinnittää puomin alaosaan. Kiinnitys tapahtuu pitkillä pulteilla samaan kohtaan, missä alkuperäiset hydrauliiikaputketkin ovat kiinni. Kuvassa 31 on puomin alaosa, johon kiinnike tulee ja puomi, jossa on maalattu kiinnike pultattuna.



Kuva 31 Puomi ja kiinnikkeet

Puomin alaosassa on siis kolme kohtaa, joihin kiinnikkeet tulevat. Seuraavaksi hitsataan puomin yläosaan suoraan kiinni kaksi putkikiinnikkeen pohjaa. Ennen kuin hitsaukset aloitetaan, pitää puomin kohta, johon hitsaus suoritetaan, puhdistaa mahdollisesta liasta ja kyseisestä kohdasta pitää poistaa maali esimerkiksi paineilmakäyttöisellä puikkohiomakoneella.

Hiomakonetta ja hitsauslaitteita käytettäessä pitää käyttää kunnollisia suojavälineitä. Putkikiinnikkeiden pohjat hitsataan suoraan taittosylinterin alle, puomin yläosan molempiin päihin. Kuvassa 32 on toinen putkikiinnikkeen alaosa hitsattuna kiinni.



Kuva 32 Putkikiinnikkeen alaosa on hitsattu pääpuomin yläosaan

Vielä lopuksi on hitsattava kolme putkikiinnikkeen pohjaa kiinni taittopuomiin. Putket tulevat puomiin L- kirjaimen muotoon. Muotoa on hieman mallinnettava ennen lopullista hitsausta. Kuvassa 33 esitetään putkikiinnikkeiden pohjien hitsauskohdat taittopuomiin.



Kuva 33 Putkikiinnikkeiden kohdat taittopuomissa

5.3.2 Putkien mitoitus, taivuttaminen ja kiinnitys

Kun kaikki putkikiinnikkeiden pohjat on hitsattu, lasketaan mittanauhaa käyttäen, paljonko putkilinjoja varten tarvitaan putkea. Asennuksessa käytettävä putki on saumaton halkaisijaltaan 15 millimetrinen hiiliteräsputki. Kyseinen putki kestää hyvin luiskahydrauliikassa käytettävän työpaineen. Varsinaiseen puomiin tulee kaksi viiden metrin putkea ja taittopuomiin tulee kaksi 1,7 metrin putkea. Putket katkaistaan mittaansa putkileikkurilla.

Yksittäiset putket taivutetaan yleensä käsin putkentaivutuslaitteella. Putken taivutuksessa ei putkeen saa tehdä liian jyrkkiä taivutuksia. Taivutussäde tulisi olla suurempi kuin putken ulkohalkaisija kerrottuna 2,5:llä. 15 millimetriä paksua putkea taivutettaessa, pitää taivutussäteen taten olla yli 37,5 millimetriä. Jyrkät taivutukset tehdään putkentaivutuslaitteella, mutta pienemmät taivutukset ja hienosäätö onnistuu parhaiten käsin. Kuvassa 34 on esillä putken taivutus ja taivutetut putket.



Kuva 34 Putken taivutus

Kun putket ovat katkaistu mittaansa ja taivutettu, voidaan ne kiinnittää puomeihin. Koska putkia menee kokoajan kaksi rinnakkain, käytetään putkikiinnikkeitä, jotka on tehty kahdelle 15 millimetrin putkelle. Juuri ennen taittopuomia pitää putkille valmistaa vielä yksi erikoiskiinnike. Koska luiskahydrauliikan putket pitää kiinnittää kauhan työsylinterin putkeen, tulee valmistaa erikoisputkikiinnike. Tässä kiinnikkeessä on alaosassa kiinnike yhtä 20 millimetristä putkea varten ja yläosassa kiinnike kahta 15 millimetristä putkea varten. Kuvassa 35 on kyseinen kiinnikkeiden yhdistelmä.



Kuva 35 Kaksoiskiinnike

Kuvassa 36 on vielä putket kiinnitettyinä ja taitettuina puomin ylä- ja alaosissa sekä taittopuomissa.



Kuva 36 Putket kiinnitettyinä

Kun putket on kiinnitetty, pitää kaikki putket puhdistaa sisältä paineilman avulla. Paineilmapistoolin pää asetetaan hydrauliputken suulle, ja putkeen puhalletaan ilmaa. Tällä toimenpiteellä saadaan putkista pois sinne kertynyt pöly ja lika. Mikäli putkiin on kertynyt muutakin likaa kuin varastoinnista johtuvaa pölyä, pitää putket pestä liuottimella tai mahdollisesti hapottaa.

5.3.3 Letkujen mitoitus ja valmistus

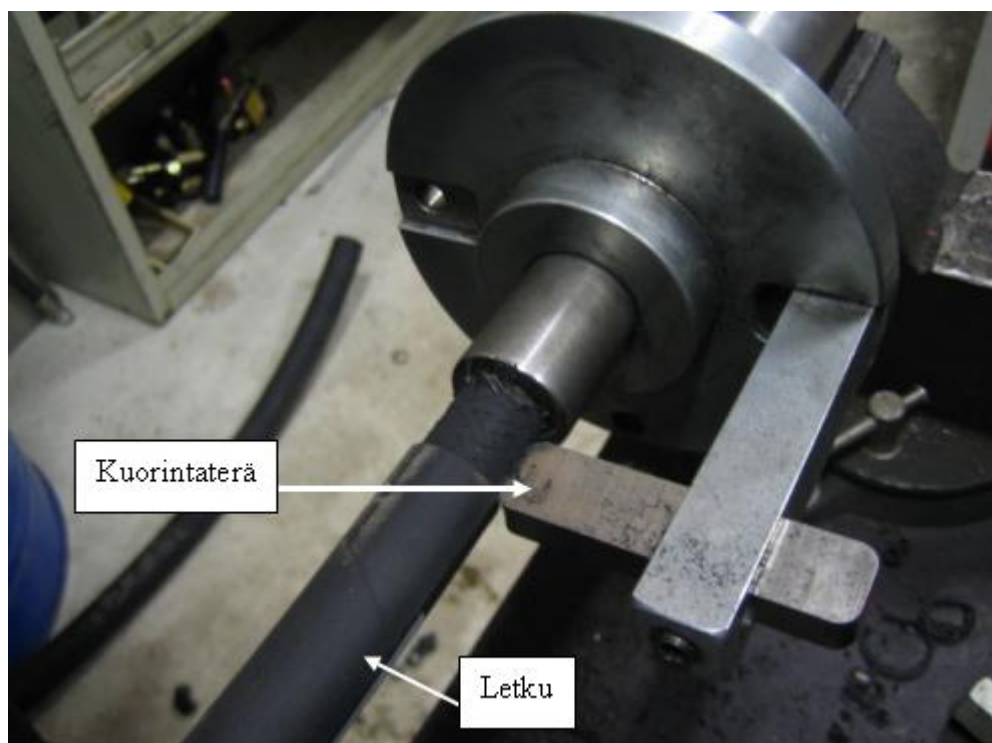
Asennukseen tarvitaan kahta eri letkukokoa. Varsinaisen puomin ja taittopuomin välille ja venttiililohkon painelähdöille tarvitaan työpaineen kestävä $\frac{1}{2}$ " Hydroscandin valmistamaa Kappaflex 3 Po- letkua. Letkun halkaisija on siis $\frac{1}{2}$ tuumaa. Koska esiohjauspaine on paljon pienempi kuin työpaine, käytetään esiohjauksessa pienempää saman valmistajan $\frac{1}{4}$ " Egefex 1- letkua. Letkumitoituksia tehtäessä pitää ottaa huomioon lämpölaajentuminen ja se että letkua paineistettaessa letku ly-

hentyy hieman. Liitteessä 1 esitellään tarkemmin asennuksessa käytettävien letkujen ominaisuuksia.

Työpaineletkua tarvitaan kaksi 1,5 metrin palasta venttiililohkon ja putkien alkupään välille. Lisäksi tarvitaan toiset 1,5 metrin palaset puomin ja taiton välille.

Esiohjausletkun pituus pitää mitata mittanauhan avulla. Esiohjausletkut lähtevät siis ohjaamon alta, jonne luiskahydrauliikkaa ohjaava poljin sijoitetaan, ja kulkevat ohjaamon taakse ja sieltä venttiililohkole. Tälle välille tulee kaksi 2,5 metrin letkua. Lisäksi tarvitaan vielä kaksi 0,4 letkua, joilla esiohjauksen paine ja säiliölinja otetaan haaroittamalla ajomoottorien esiohjaukselta. Ajomoottorien esiohjaus on myös ohjaamon alla, aivan luiskahydrauliikan polkimen paikan vieressä.

Kun letkujen pituudet on selvitetty, voidaan ne katkaista oikeisiin mittoihinsa ja kiinnittää niiden päihin tarvittavat liittimet. Letku katkaistaan sahalla oikeasta kohdasta. Katkaisun jälkeen ½” letkujen päät kuoritaan kuorintakoneella, joka on esitetty kuvassa 37. Kuorinta tapahtuu siten, että kuorittavan letkun pää asetetaan koneeseen ja kampea pyörittämällä teräpala kuorii letkun pään. Letkujen päät kuoritaan siksi, että kuorittuihin kohtiin puristetaan letkuliittimet.



Kuva 37 Letkun kuorinta

Kun letkunpää on kuorittu, puristetaan niihin letkuliittimet. Kunkin tyyppinen ja kokoinen letku ja liitin vaativat oman puristus mittansa. Oikea puristus todetaan taulukosta, jossa se on annettu kullekin letkutyypille. Tässä asennuksessa käytettävä työpaineletkujen (1/2" Kappaflex 3) puristus tapahtuu 23 millimetrisellä puristusleualla ja puristus on 3,4 millimetriä. Tämä puristus mitta syötetään puristimen mikrometrille, ennen kuin puristuskone käynnistetään. Esiohjausletkujen liittimet puristetaan taas 16 millimetrisellä leualla ja puristus on 1,3 millimetriä. Kuvassa 38 on taulukko puristusmitoista kullakin letkutyypillä.

PURISTUSMITTOJA / HYDROSCAND						
LETKU	NIMI	NUMERO	KUORINTA	PURISTUS	LEUKA	
1/4"	EGEFLEX 1	1009	EI	16,10	17,3	16
1/4"	EGEFLEX2	1102	EI		17,5	16
3/8"	KAPPAFLEX2	1082	EI		20,5	19
1/2"	KAPPAFLEX 2	1082	EI		24,0	23
1/2"	KAPPAFLEX3	1106	23		26,4	23
3/4"	KAPPAFLEX3	1106	32		35,1	31
1"	DELTAFLX	1015	50		42,7	41

Kuva 38 Puristusmitat

Käytettävän puristimen valmistaja on Finn-Power ja sen malli on p2CMS. Puristimen maksimipaine on 275 baaria ja suurin puristusvoima on 1370 kN. Kuvassa 39 esitellään puristettavat liittinosat ja puristustilanne. Kuvassa oleva numero yksi on puristusleuka, joka siis koostuu kahdeksasta eri leukapalasta. Numero kaksi on hydrauliletkun pää, jossa on ulkokierteinen 1/2" letkupää ja puristettava holkki kiinni.



Kuva 39 Liittimen osat ja puristustilanne

½” Letkuja valmistetaan siis yhteensä neljä 1,5 metrin palaa. Letkuissa, jotka tulevat puomin ja taiton välille, on molemmissa päissä ½” ulkokierteinen letkupää. Kaksi muuta ½” letkua varustetaan toisesta päästä samalla liittimellä, kuin taiton ja puomin väliset letkut, mutta venttiililohkon puoleisiin päihin tulee kaksoisnippa. Kaksoisnipalla muutetaan ½” kierre 3/8” kierteeksi. Tämä pitää tehdä, koska venttiililohkossa oleva kiinnityslaippa on kierteeltään 3/8”. Polkimelta venttiililohkon esiohjauksiin kulkeviin 2,5 metrin pituisiin ¼” letkuihin ja kahteen 0,4 metrin ¼” letkuun puristetaan ¼” ulkokierteinen letkupää.

5.3.4 Polkimen kiinnitys

Luiskahydrauliikkaa ohjaavan polkimen kiinnitys kaivukoneen hytin pohjaan alkaa sillä, että kaivukoneen hytin alta poistetaan suojalevy. Kun suojalevy on poistettu, voidaan irrottaa hytistä käsin rautalevy, joka on polkimelle varatulla paikalla. Kuvassa 40 esitellään hytin lattia, kun rautalevy on poistettu. Reiän vieressä näkyy ajomoottorin toinen ohjauspoljin.

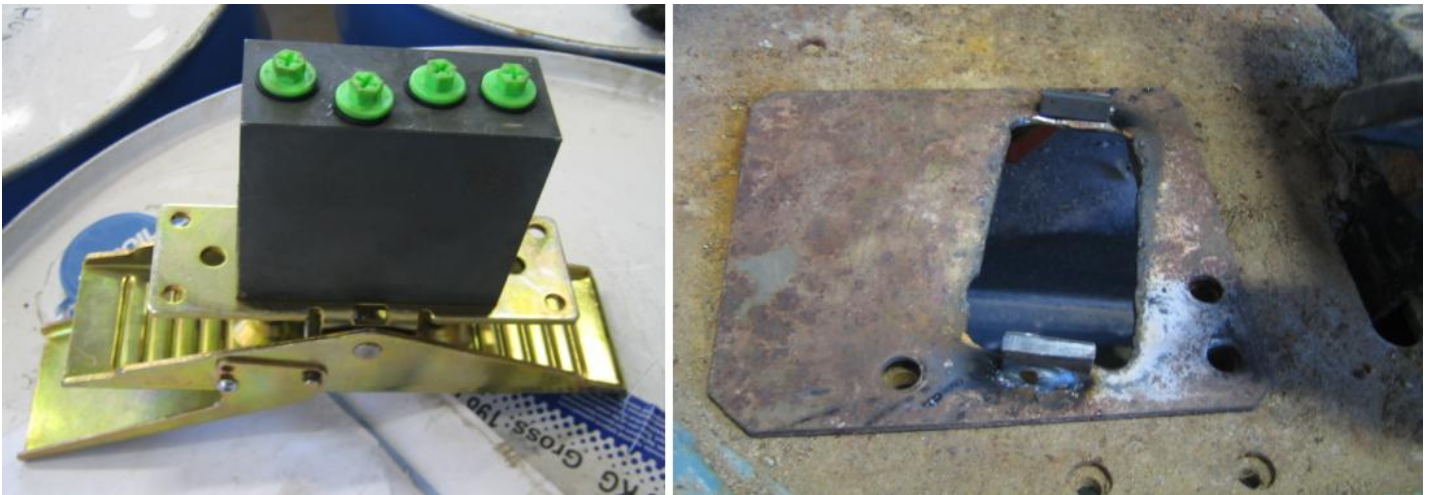


Kuva 40 Polkimen paikka

Kun polkimen paikka on saatu esiin, aletaan suunnitella polkimen kiinnitystä ergonomiseen asentoon reiän kohdalle. Polkimen kiinnitys tapahtuu siten, että irrotetusta rautalevystä polttoleikataan hieman polkimen rungon poikki pintaa suurempi

palanen pois, hitsataan rautalevyn molempiin päihin lattaraudan palaset, ja pultataan poljin ja rautalevy kiinni.

Polttoleikkausta tehdessä pitää ottaa erityisesti paloturvallisuuseikat huomioon, sekä käyttää asianmukaisia suojavarusteita, kuten hitsauskäsineitä ja suojamaskia. Kuvassa 41 on polkimen pohja, josta käy esiin polkimen runko ja siellä olevat liittännät, sekä polttoleikkaamalla työstetty rautalevy, johon poljin kiinnitetään.



Kuva 41 Polkimen runko-osa ja polkimelle tehty telakka

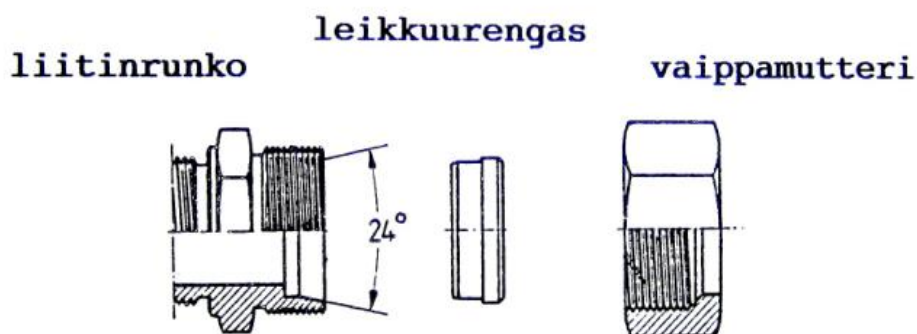
Reiän päätyihin hitsatuista lattaraudan paloista toinen on 15 millimetriä korkea ja toinen on 25 millimetriä korkea. Tämä antaa polkimelle keskiasennolle oikean kulman, joka on sama kuin ajomoottorienkin polkimilla. Hytin lattialle tulevaa kumimattoa pitää hieman leikata, jotta se sopii polkimen kiinnityksen jälkeen takaisin hyttiin. Kuvassa 42 esitellään polkimen kiinnitys ja lopputulos.



Kuva 42 Polkimen kiinnitys ja lopputulos

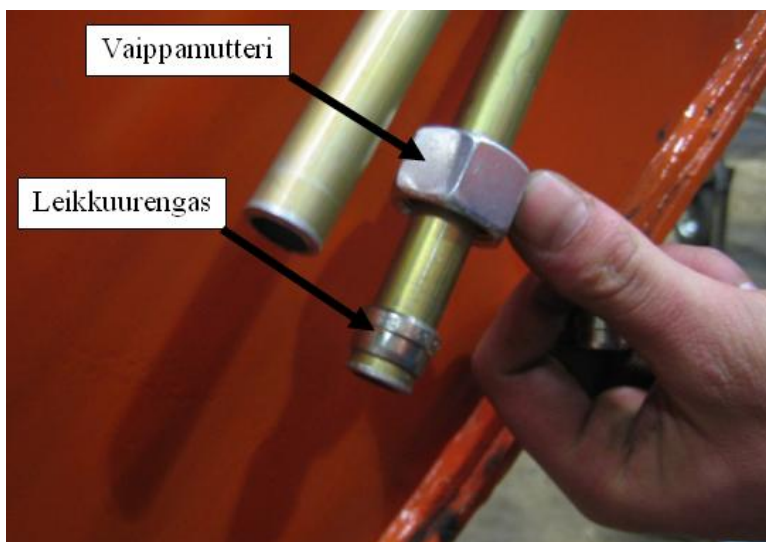
5.3.5 Letkujen kiinnitys ja testaus

Ennen kuin letkut ja putket voidaan yhdistää, pitää kaikkien asennettujen hydrauliputkien päihin asentaa putkiliittimet. Putkiliittimillä yhdistetään hydrauliputket esimerkiksi letkuihin. Työssä käytetään leikkuurengas- menetelmää, jossa kartion muotoinen leikkuurengas kiristetään mutterin avulla kiinni putkeen. Kuvassa 43 esitellään leikkuurengasliittimen rakenne.



Kuva 43 Leikkuurengasliittimen osat /21 s. 109/

Ennen vaippamutterin ja leikkuurenkaan pujottamista putkeen, putken pää ja käytettävät osat öljytään. Ensinnä pujoitetaan vaippamutteri putkeen ja sen jälkeen leikkuurengas. Tämän jälkeen vaippamutteri kiristetään liitinrunkoa vasten. Liitinrunon sisällä on kartio. Kun mutteria kiristetään, puristuu leikkuurengas putkeen kiinni, ja tarttuu siihen pysyvästi. Kuvassa 44 on kiristetty leikkuurengas.



Kuva 44 Kiristetty leikkuurengas

Kun kaikkien asennettujen putkien päihin on saatu kiinni leikkuurengas ja vaippamutteri, voidaan ½” letkut yhdistää putkiin. Vaippamutteri siis kiristetään letkun päässä olevaan liitinrunkoon. Venttiililohkolta lähtevät ½” letkut kiinnitetään siis kiinnityslaipan avulla venttiililohkoon ja toisesta päästä letkut tulevat kiinni puomin päällä oleviin putkiin. Kuvassa 45 on ½” letkut kiinnitettyinä venttiililohkoon ja puomin päällä oleviin putkiin.



Kuva 45. Letkut kiinnitettyinä

Toiset ½” letkun palat kiinnitetään puomin ja taiton väliin. Koska kyseisessä kohdassa letku on lähes jatkuvassa liikkeessä ja alttiina mahdollisille iskuille, pujotetaan letkun päälle spiraalimallinen muovinen letkusuoja. Kuvassa 46 on esillä kiinnitetyt letkut ja suojamuovi.



Kuva 46 Puomin ja taiton väliset letkut

Taittopuomin päässä olevien putkien päihin ruuvataan kiinni Tema 5010 pikaliittimet. Pikaliittimiin voidaan liittää luiskahydrauliikan työsylinterien letkut. Vaihtoehtoisesti kauhan tilalle voidaan vaihtaa esimerkiksi vasarahydrauliikka, jolla voidaan rikkoa kalliota. Pikaliittimien ideana on siis helpottaa ja nopeuttaa lisähydrauliikassa käytettävän laitteen vaihtoa. Kuvassa 47 on Tema 5010 pikaliitin.



Kuva 47 Tema pikaliitin /16/

Esiohjausletkujen kiinnittäminen alkaa haaroitusletkujen asentamisesta. Ajomoottorien esiohjauksesta selvitetään mitkä ovat paine- ja säiliölinjat. Paine- ja säiliölinjat löytyy ajomoottorien ohjauspolkimien rungon sivuosista, hytin alta. Painelinjan letkussa on symboli P1 ja säiliölinjassa taas T. Kuvassa 48 on ajomoottorien esiohjausyksikkö. Kuvassa on rengastettu säiliölinjan liitäntä. Painelinjan letku on yksikön toisella reunalla, vastaavassa kohdassa.



Kuva 48 Ajomoottorin esiohjausyksikkö

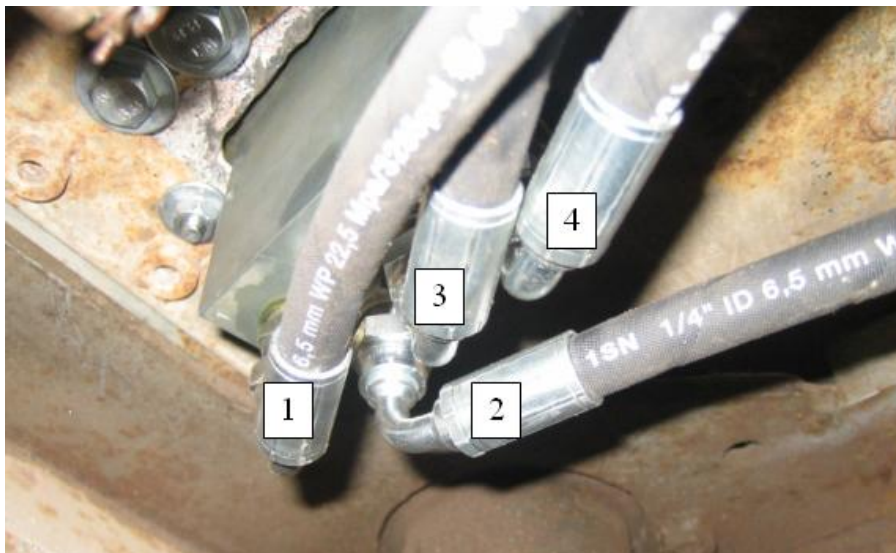
Säiliölinjan ja painelinjan liittämiseen ruuvataan ¼” T-haaraliitin. Liittimen avulla saadaan ajomoottorin esiohjauksen säiliö- ja painelinja yhdistettyä luiskahydrauliikan esiohjaukseen. Luiskahydrauliikkaa ohjaava poljin saa esiohjauspaineensa samasta linjasta ajomoottorien esiohjauksen kanssa. Kuvassa 49 on esillä ¼” T-haarotusliitin sekä paine- ja säiliölinja haaroitettuna ajomoottorien esiohjausyksiköstä.



Kuva 49 T-haarotusliitin ja haaroitukset

Kun haaroitus on tehty, voidaan pujottaa 2,5 metriset ¼” esiohjausletkut hytin alta sen taakse, ja sieltä venttiililohkolle. Letkuja pujotettaessa pitää letkun suu tukkia teipillä, jotta siihen ei pääsisi pujotusvaiheessa roskia.

Esiohjausletkut liitetään polkimen pohjaan niille tarkoitetuille paikoille ja samalla polkimen pohjaan liitetään ajomoottorien esiohjauksesta haaroitettu säiliö- ja painelinja. Kuvassa 50 esitellään tehdyt liittännät polkimeen.



Kuva 50 Luiskahydrauliikkaa ohjaavan polkimen liitännät

Polkimen numeroidut liitännät ovat:

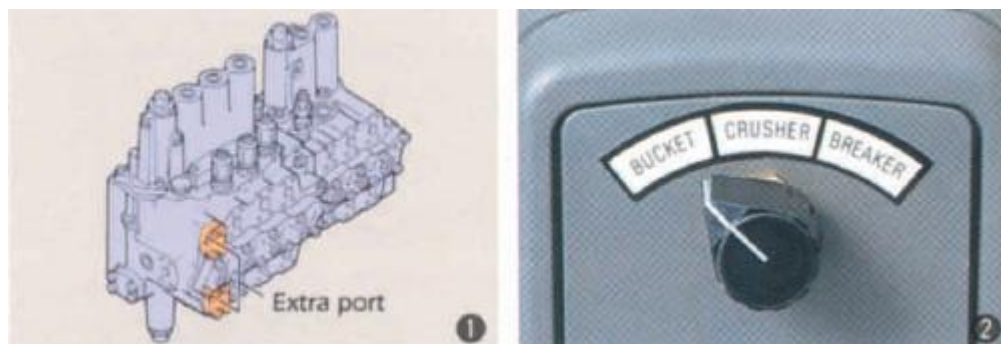
1. Toiminto 1 (menee venttiililohkon toiminnon yksi esiohjausliitäntään)
2. Säiliölinja (tulee ajomoottorin esiohjausyksiköltä)
3. Painelinja (tulee ajomoottorin esiohjausyksiköltä)
4. Toiminto 2 (menee venttiililohkon toiminnon kaksi esiohjausliitäntään)

Seuraavaksi liitetään toimintojen yksi ja kaksi esiohjausletkut venttiililohkoon. Toiminnon yksi esiohjausletku liitetään venttiililohkon yläosaan, kuten kuvasta 29 käy ilmi, ja toiminnon kaksi esiohjausliitäntä tulee sille tarkoitettuun liitäntään venttiililohkon alaosaan. Kuvasta 51 käy ilmi asennetun lisähydrauliikan toiminnon yksi ja kaksi esiohjausletkujen liitännät.



Kuva 51 Luiskahydrauliikan esiohjausliitäntöjen sijainti venttiililohkossa

Kun kaikki liitännät on tehty oikein ja varmistettu, liitetään asennettuun Tema pikaliittimeen painemittari. Painemittari kytketään liittimien välille siten, että hydraulineeste pääsee kiertämään mittarin läpi toiseen liittimeen. Ilman erillistä paineenalennusventtiiliä lisähydrauliikan käytössä on järjestelmän maksimipaine eli noin 300 bar. Hitachi EX100-3 kaivukoneessa on ohjaamossa kolmiasentoinen kytkin, jolla voidaan asettaa lisähydrauliikan tilavuusvirrat oikeaksi, riippuen käyttötarkoituksesta. Kuvassa 52 on kyseinen kytkin.



Kuva 52 Lisähydrauliikan tilavuusvirran valintakytkin /17 s.4/

6 MAHDOLLISUUDET TYÖOHJEEN UDELLEENKÄYTTÖÖN

Kun kouluttava työohje on saatu valmiiksi, voidaan sitä helposti soveltaa ja muokata tarpeen mukaan. Jos esimerkiksi luiskahydrauliikkaa ohjaava poljin muuttuu, voidaan vanhaa asennusohjetta käyttää pohjana uuden valmistukseen. Ohjeesta tarvitsee muuttaa poljinta koskevat seikat ja kuvat. Asennustyön muita vaiheita ja teoriaosuutta ei ehkä tarvitse muuttaa lainkaan. Sama pätee, jos kaivukoneesta tulee päivitetty malli. Silloin ei tarvitse vanhasta asennusohjeesta muuttaa, kuin seikat jotka vaativat muutoksen.

Kun kyseessä on suuryritys, joka varustelee työkoneita, on yhtiöllä hyvä olla olemassa arkisto, josta löytyy kaikenlaisien asennustöiden ohjeiden pohjatiedot ja teoriaosuudet. Pohjista voi helposti muokata, vaihtamalla kuvia ja taulukoita, oikeanlaisen kouluttavan asennusohjeen. Koska suuryritys palkkaa jatkuvasti uusia asentajia ja siirtää entisiä uusiin tehtäviin, sekä päivittää tuotevalikoimaansa, helpottaa ja nopeuttaa kouluttava asennusohje työntekijöitä omaksumaan uusia tehtäviä.

7 LOPPUSANAT

Varsinainen asennustyö onnistui hyvin ja tällä hetkellä (20.4.2007) kaivukone, johon lisähydrauliikka asennettiin, on työkäytössä omistajallaan. Työohjeesta tuli pääpiirteittäin sellainen, kuin oli tarkoituskin, eli havainnollinen ja selkeä. Mielestäni kokonaisuus on varsin kattava.

Työohjeen laatiminen oli vaikeampaa, kuin olin luullut. Se että asian ymmärtää itse, on vasta puolet hyvän työohjeen laatimisesta. Vaikeampaa on saada ohje sellaiseen muotoon, että toinen osapuoli ymmärtää sen samalla tavalla kuin laatija itse.

Työohjeiden käännettävyys ja ymmärrettävyys seikkoja voisi tutkia laajemmin ja niistä voisi tehdä kokonaan oman tutkielman tai päättötyön.

LÄHDELUETTELO

Sähköiset lähteet:

- 1 Honkartading Oy [www-sivu]. [viitattu 19.3.2007]. Saatavissa:
<http://www.honkatrading.com/honkatrading/>
- 2 Crago Liquidcontrol [www-sivu]. [viitattu 19.3.2007]. Saatavissa:
<http://www.liquidcontrol.com/etoolbox/meteringpump.html>
- 3 Sealant Equipment [www-sivu]. [viitattu 19.3.2007]. Saatavissa:
<http://www.sealantequipment.com/images/gerotor%20gear%20pump.gif>
- 4 Hedley Walker Ltd [www-sivu]. [viitattu 20.3.2007]. Saatavissa:
<http://www.hedleywalker.co.uk/images/wepukopump.JPG>
- 5 Hydraulics & Pneumatics [www-sivu]. [viitattu 20.3.2007]. Saatavissa:
<http://www.hydraulicspneumatics.com/200/FPE/Pumps/Article/True/6402/Pumps>
- 6 AgEdWeb [www-sivu]. [viitattu 21.3.2007]. Saatavissa:
<http://cast.csufresno.edu/agedweb/agmech/graphics/Hydraulics12.gif>
- 7 Handok Hydraulic [www-sivu]. [viitattu 21.3.2007]. Saatavissa:
http://eng.hydraulic.co.kr/product/product_view.asp?cid=pump&no=10
- 8 Edu.fi [www-sivu]. [viitattu 21.3.2007]. Saatavissa:
http://www.edu.fi/oppimateriaalit/suihkumootorit/kuvat/Siipipyorap_pieni.jpg
- 9 Edupoli [www-sivu]. [viitattu 21.3.2007]. Saatavissa:
<http://www.edupoli.fi/virtuaalikoulut/kemiantekniikka/kuvat/6a.jpg>
- 10 Edu.fi [www-sivu]. [viitattu 24.3.2007]. Saatavissa:
http://www.edu.fi/oppimateriaalit/puutarhakoneteknologia/images/hydr_mh.jpg
- 11 Tpub.com [www-sivu]. [viitattu 24.3.2007]. Saatavissa:
http://tpub.com/content/engine/14105/img/14105_161_1.jpg
- 12 Edu.fi [www-sivu]. [viitattu 24.3.2007]. Saatavissa:
http://www.edu.fi/oppimateriaalit/puutarhakoneteknologia/images/hydr_mk.jpg
- 13 Rexroth Bosch Group [www-sivu]. [viitattu 24.3.2007]. Saatavissa:
http://www.boschrexroth-us.com/business_units/brm/sub_websites/brm_catalog/images/GIF/xMA_001188.gif
- 14 Edu.fi [www-sivu]. [viitattu 25.3.2007]. Saatavissa:
http://www.edu.fi/oppimateriaalit/puutarhakoneteknologia/images/hydr_mon.jpg
- 15 Lehigh Fluid Power Inc. [www-sivu]. [viitattu 26.3.2007]. Saatavissa:
<http://www.lehighfluidpower.com/w.jpg>

- 16 Hydromarket [www-sivu]. [viitattu 19.4.2007]. Saatavissa:
<http://www.hydromarket.fi/hm/img/5010.jpg>
- 17 Hitachi Construction Machinery [www-sivu]. [viitattu 18.4.2007]. Saatavissa:
<http://www.hitachi-c-m.com/global/pdf/products/excavator/medium/ex100-3/KS-E113F.pdf>
- 18 HTS [www-sivu]. [viitattu 19.4.2007]. Saatavissa:
<http://www.hydraulika.sk/files/Katal%C3%B3gy/01.HC/21.Ovl%C3%A1da%C4%8De%20dia%C4%BEkov%C3%A9%20hydraulick%C3%A9%20no%C5%Ben%C3%A9%20hc-rcf.pdf>

Painetut lähteet:

- 19 Kauranne, Heikki -Kajaste, Jyrki -Vilenius, Matti, Hydraulitekniiikan perusteet, Werner Söderström osakeyhtiö Helsinki, 3. painos
- 20 Kauranne, Heikki -Kajaste, Jyrki -Vilenius, Matti, Hydraulitekniiikan perusteet, Werner Söderström osakeyhtiö Helsinki, 3. painos
- 21 Korhonen Esko, Hydrauliiikan komponenttien oppi- ja käsikirja, TEKNOLIT OY, 1. painos
- 22 Hydroscand letkuesite 2004 (myös sähköisesti saatavissa:
<http://www.hydroscand.fi/catalogues/prodbooksw/100-hydraulslang.pdf>)

LIITTEET

- Liite 1 Hydroscand letkuesite

1106-03 KAPPAFLEX 3



Konstruktion:
Innertub: Symmetrisktöljebestandigt gummi
Yttertub: Väder- och oljebestandigt gummi
Armering: Tre kompakt flakade stålwirelägg
Säkerhetsfaktor: 1:4
Temperatur: -40°C - + 100°C
Utförande: Grå och orange märkning, vävvecklad
Användning/Egenskaper:
Denna slang passar för applikationer med mycket höga tryck (47,0 - 32,7 MPa).
Tryck översligande EN857 2SC(40,0 - 12,5 MPa)
Hylsa: 4200-32-xx, 4200-09-xx
Produktgrupp 100

Artikel-nummer	ID m m	ID tum	YD m m	Arb.tr. MPa	Boj-rad. m m	Vikt kg/m
1106-03-08	13,0	1/2"	24,3	47,0	210	0,90
1106-03-10	16,0	5/8"	28,0	41,0	250	1,05
1106-03-12	19,0	3/4"	31,5	37,5	290	1,40
1106-03-16	25,0	1"	39,8	32,7	340	1,88

1101-00 EGEFLEX 1



Konstruktion:
Innertub: Symmetrisktöljebestandigt gummi
Yttertub: Väder- och oljebestandigt gummi
Armering: Ett flakstålwirelägg
Säkerhetsfaktor: 1:4
Temperatur: -40°C - + 100°C
Utförande: Präglad märkning, vävvecklad
Användning/Egenskaper:
Slang för applikationer med medelhöga tryck och returledning.
Motsvarar kraven för EN853 1SN (25,0 - 4,0 MPa)
Certifikaten gäller dimensionerna 3/16" - 1"
Hylsa: 4200-31-xx, 4200-33-xx, 4200-35-xx
Produktgrupp 100



Artikel-nummer	ID m m	ID tum	YD m m	Arb.tr. MPa	Boj-rad. m m	Vikt kg/m
1101-00-03	5,0	3/16"	11,8	25,0	90	0,19
1101-00-04	6,5	1/4"	13,4	22,5	100	0,21
1101-00-05	8,0	5/16"	15,0	21,5	115	0,24
1101-00-06	9,5	3/8"	17,4	18,0	130	0,33
1101-00-08	13,0	1/2"	20,6	16,0	180	0,41
1101-00-10	16,0	5/8"	23,7	13,0	200	0,45
1101-00-12	19,0	3/4"	27,7	10,5	240	0,58
1101-00-16	25,0	1"	35,6	8,8	300	0,88
1101-00-20	32,0	1 1/4"	43,5	6,3	420	1,23
1101-00-24	38,0	1 1/2"	50,6	5,0	500	1,51
1101-00-32	51,0	2"	64,0	4,0	630	1,97