

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikka

2025

Rasmus Grönholm

Mekaanisen työlaitteen liittäminen hydraulisen järjestelmän piiriin



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Konetekniikka

2025 | 24 sivua

Rasmus Grönholm

Mekaanisen työvälineen liittäminen hydraulisen järjestelmän piiriin

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja mitoittaa hydraulikkajärjestelmä pyöräkuormaajan työvälineisiin. Opinnäytetyön aihe rajattiin tilaajan kanssa koskemaan pyöräkuormaajaa Kramer 5085. Opinnäytetyö pitää sisällään yleisesti tietoa hydraulikasta, hydraulikkakomponenteista ja niiden toimintatavoista, komponenttien mitoituslaskuista, komponenttien valinnan sekä teorian toteutuksesta. Opinnäytetyössä hyödynnettiin myös hydraulikan piirrosmerkkejä hydraulikkakaavion muodossa.

Opinnäytetyön aihe valittiin, koska tilaajalla on entuudestaan nivelakselilla toimivia työkoneita, jotka saatiin kiinnitettyä traktoriin. Nykyään tilaaja on siirtynyt pyöräkuormaajiin mutta haluaisi silti vielä hyödyntää jo omistamiaan vanhempia työlaitteita. Opinnäytetyö osoittaa, että on mahdollista luoda vanhoihin työvälineisiin hydraulijärjestelmä, jonka avulla on mahdollista hyötykäyttää vanhempia työvälineitä pyöräkuormaajan oman hydraulikkajärjestelmän avulla. Tilaaja tulee toteuttamaan hydraulikkakokoonpanon opinnäytetyössä esitettyä ja laskettua teoriapohjaa hyväksikäyttäen.

Asiasanat:

Hydrauliikka, Pyöräkuormaajat, Hydrauliikkakomponentit, komponenttien valinta

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical Engineering

2025 | 24 pages

Rasmus Grönholm

Connecting a mechanical work tool to a hydraulic circuit.

The objective of this thesis was to design, calculate, and implement a hydraulic system for attachments used with wheel loaders. The scope of work was defined in collaboration with the commissioning company and focused on a specific loader model: Kramer 5085. The thesis presents an overview of hydraulic systems, introduces key hydraulic components and their operating principles, outlines necessary dimensioning calculations, and discusses component selection and theoretical system implementation. The thesis also utilized hydraulic symbols in the form of a hydraulic circuit diagram.

The topic was chosen because the company had previously used tractors with PTO shafts to operate their work attachments. Since transitioning to wheel loaders, the client has aimed to continue using their existing older attachments. This thesis demonstrates that it is technically feasible to integrate a hydraulic system into older work tools, enabling their operation through the hydraulic system of a modern wheel loader. The company will implement the hydraulic assembly based on the theory and calculations presented in the thesis.

Keywords:

Hydraulics, wheel loader, hydraulic system, component selection

Sisältö

1 Johdanto	6
2 Tilaajan esittely	7
2.1 Pyöräkuormaajan esittely	7
3 Hydrauliiikka	8
3.1 Mitä on hydrauliiikka?	8
3.2 Hydrauliiikassa käytettävät yksiköt	8
3.3 Hydrauliiikkakomponenttien esittely	9
3.3.1 Hydraulimoottorien toimintaperiaate ja tyypit	9
3.3.2 Hydrauliiikkaventtiilien toimintaperiaate ja tyypit	10
3.3.3 Öljynsuodattimen toimintaperiaate	11
3.4 Hydrauliiikkakaavion suunnitteleminen ja piirtäminen	12
3.5 Kuinka mekaaninen työväline liitetään hydrauliikkapiiriin	13
4 Mitoitukset ja laskut	14
4.1 Hydrauliiikkaletkujen halkaisijoiden määrittäminen	14
4.2 Hydrauliiikkamoottorin mitoitus	14
5 Hydraulikomponenttien valinta	15
5.1 Hydrauliiikkamoottori	15
5.2 Hydrauliiikkaventtiilit	16
5.2.1 Proportionaalinen virtauksensäätöventtiili	16
5.2.2 Paineenalennusventtiili	17
5.2.3 Takaiskuventtiili	18
5.3 Öljynsuodatin	19
5.4 Hydrauliiikkaletkut	19
6 Hydrauliiikkakomponenttien yhteensopivuus	20
7 Johtopäätökset ja keskeiset havainnot	22
Lähteet	23

Kuvat

Kuva 1. Hydrauliiikkakaavio	12
Kuva 2. Hydrauliikkamoottori (Hidraoil, 2025).	15
Kuva 3. Proportionaalinen virtauksensäätöventtiili (Hydrauliikkakauppa, 2025).	16
Kuva 4. Paineenalennusventtiili (Danfoss, 2025).	17
Kuva 5. Takaiskuventtiili (Hydac.com, 2025).	18
Kuva 6. Öljynsuodatin (ARGO-HYTOS, 2025).	19

Käytetyt lyhenteet ja sanasto

Lyhenne	Lyhenteen selitys (Lähdeviite)
PTO	Power take-off, suomeksi voiman ulosotto
DN19	Nimellishalkaisija (mm).
PWM	Pulse-width modulation, Pulssinleveysmodulaatio

1 Johdanto

Opinnäytetyön aihe on valittu ja rajattu yhdessä tilaajan kanssa. Tilaajana toimii Kultelan Koukku Oy. Opinnäytetyö sisältää yleistä tietoa hydraulikasta, yleisten hydraulikan käyttökohteiden esittelyn, hydraulikkakomponenttien esittelyn ja vertailun sekä mitoitustyöhön tarvittavat laskutehtävät.

Maanrakennus- ja kiinteistöhuollon töissä pyöräkuormaajat ovat monikäyttöisiä työkoneita, joiden tehokkuutta voidaan lisätä erilaisilla lisälaitteilla. Näiden lisälaitteiden toiminta perustuu usein hydraulijärjestelmän hyödyntämiseen, jolloin niiden liittäminen kuormaajan hydraulikkapiiriin on keskeinen osa käyttöönottoa ja toiminnan optimointia.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia ja kehittää ratkaisuja mekaanisen työvälineen kytkemiseksi pyöräkuormaajan hydraulikkapiiriin. Työssä käsitellään hydraulikan peruseriäotteita, liittämiseen liittyviä teknisiä vaatimuksia sekä käytännön toteutuksen haasteita. Lisäksi työssä tarkastellaan erilaisten hydraulikka komponenttien, kuten venttiilien ja letkujen, valintaa sekä niiden vaikutusta työvälineen toimintaan ja turvallisuuteen.

Työn tuloksena pyritään tuottamaan kattava selvitys liitännäprosessista sekä mahdollisia kehitysehdotuksia käytännön toteutukseen. Tämä tieto voi hyödyttää sekä koneiden valmistajia että loppukäyttäjiä, jotka haluavat parantaa pyöräkuormaajiansa monikäyttöisyyttä ja tehokkuutta.

2 Tilaajan esittely

Kultelan Koukku Oy on vuonna 2010 perustettu yritys, jonka päätoimialoina on maanrakennus sekä kiinteistöhuolto. Kiinteistöhuollon ammattilaisena Kultelan Koukku Oy tarjoaa useita eri palveluita asiakkailleen. Kesällä toimenkuvaan kuuluu nurmikon leikkuu, piharakennusten maalaukset, pensasleikkuut sekä muut asiakkaiden tekemät tilaustyöt. Talvisin työnkuvaan kuuluu kiinteistöjen talvikunnossapito eli auraaminen ja hiekoittaminen.

2.1 Pyöräkuormaajan esittely

Kramer 5085 on monipuolinen ja tehokas pyöräkuormaaja, joka soveltuu erinomaisesti erilaisiin kiinteistöhoito- ja maanrakennustöihin. Tilaajan ensisijaisena käyttötarkoituksena koneella on kiinteistöalueiden auraaminen ja hiekoittaminen.

Koneen kokonaispaino on 5000 kg, ja sen voimanlähteenä toimii Kohler KDI2404TCR -dieselmoottori, jonka teho on 55,4 kW (75,3 hv). Kuormaajan mitat ovat 5,27 metriä pitkä, 1,74 metriä leveä ja 2,48 metriä korkea. Nostovoimaa koneessa on 42,9 kN, mikä mahdollistaa raskaiden taakkojen käsittelyn tehokkaasti. Moottorin maksimivääntömomentti on 300 Nm pyörimisnopeudella 1500 rpm. (LECTURA Specs, 2025.)

Työhydrauliikkajärjestelmä tuottaa 70 litraa minuutissa 2300 kierroksen käyntinopeudella ja 35 litraa minuutissa 1150 kierroksella. Järjestelmän käyttöpaine on 240 bar, mikä riittää useimpien hydraulikäyttöisten lisälaitteiden, kuten hiekoittimen tai lumiauran käyttöön. (LECTURA Specs, 2025.)

3 Hydrauliiikka

3.1 Mitä on hydrauliiikka?

Hydrauliiikka viittaa teknologiaan, jossa nesteitä käytetään mekaanisen voiman siirtoon ja ohjaukseen. Sen tutkimusalue jakautuu kahteen päähaaraan: hydrostatiikka käsittelee paikallaan olevan nesteen käyttäytymistä ja hydrodynamiikka liikkuvan nesteen ominaisuuksia (Tieteen termipankki, 2023.)

Hydraulijärjestelmän perusrakenteeseen kuuluu paineistettu neste, joka kiertää järjestelmässä pumpun, venttiilien, toimilaitteiden (esimerkiksi sylinterien) ja säiliön välillä. Tämä mahdollistaa voimansiirron tarkasti ja tehokkaasti.

Hydrauliiikkaa hyödynnetään monilla tekniikan aloilla, kuten työkoneissa, teollisuusautomaation järjestelmissä ja ajoneuvojen ohjaus- tai jarrujärjestelmissä (Bosch Rexroth, 2024; HYDAC, 2024.)

Suomessa hydrauliiikan koulutusta tarjoavat muun muassa Taitotalo ja Tampereen Aikuiskoulutuskeskus. Koulutusten painopiste on käytännön järjestelmien toiminnan ymmärtämisessä, komponenttien tunnistamisessa ja turvallisessa käyttöönotossa (Taitotalo, 2024; TAKK, 2024.)

Hydrauliiikka on tärkeä osa kone- ja tuotantotekniikkaa, ja sen hallinta tarjoaa perustan monille teknisille sovelluksille.

3.2 Hydrauliiikassa käytettävät yksiköt

Paine ilmaistaan pascaleina (Pa), mutta hydrauliiikassa yleisemmin käytetään baaria (1 bar = 100 000 Pa = 0,1 MPa). Tilavuusvirta mitataan litroina minuutissa (l/min) ja se kuvaa nestemäärää, joka virtaa järjestelmässä tietyssä ajassa. Tilavuus ilmoitetaan yleensä kuutiosenttimetreinä per kierros (cm^3/r) hydrauliiikkamoottorien ja -pumppujen yhteydessä. Teho esitetään kilowatteina (kW). Momentti ja voima ilmoitetaan newtoneina (N) tai kilonewtonmetreinä (kNm), kun mitataan vääntöä tai nostokykyä. Nopeus eli kierrosnopeus

ilmoitetaan kierrosta minuutissa (rpm), erityisesti moottoreiden ja pumppujen yhteydessä. Lämpötila ilmoitetaan Celsius-asteina (°C), ja se on keskeinen tekijä öljyn viskositeetin ja järjestelmän toiminnan kannalta. (Salhydro, n.d.)

3.3 Hydraulikkakomponenttien esittely

3.3.1 Hydraulimoottorien toimintaperiaate ja tyypit

Hydraulimoottorit ovat tärkeä osa koneita ja järjestelmiä, joissa tarvitaan suurta voimaa ja tasaista pyörimisliikettä. Niitä käytetään muun muassa työkoneissa, kuten kaivinkoneissa ja metsäkoneissa, mutta myös teollisuuden käyttövoimaratkaisuisissa. Hydraulimoottorin peruseriaate on, että paineistetun nesteen liike saa mekaaniset osat liikkeelle muodostaen pyörivän liikkeen (Fluidpower.education, 2020). Nesteen paine vaikuttaa moottorin vääntömomenttiin, kun taas virtausnopeus vaikuttaa pyörimisnopeuteen. Yhdessä nämä määrittävät moottorin kokonaistehon. Hydraulimoottoreita on useita tyyppisiä, joista yleisimmät ovat hammaspyörämoottorit ja mäntämoottorit, kuten aksiaali- ja säteittäismäntämoottorit (Hydraulics & Pneumatics, 2018.) Hammaspyörämoottori on yksinkertainen ja kestävä rakenne. Siinä kaksi hammaspyörää pyörii suljetussa kotelossa, ja neste ohjataan pyörien väliin. Nesteen virtaus työntää hammasta eteenpäin, jolloin pyörä pyörii. Kun yksi hammas siirtyy nesteen tieltä, seuraava ottaa sen paikan, ja näin syntyy pyörimisliike. Tämä rakenne soveltuu hyvin yksinkertaisiin järjestelmiin, joissa ei tarvita nopeuden hienosäätöä (Hydraulics & Pneumatics, 2018.) Mäntämoottorissa käytetään männän suoraviivaista liikettä, joka muunnetaan pyörimisliikkeeksi. Aksiaalimäntämoottorissa männät sijaitsevat akselin suuntaisesti, ja ne työntävät vinolevyä, joka on kytketty pyörivään akseliin. Kun neste paine työntää mäntää ulospäin, vinossa kulmassa oleva levy muuntaa tämän liikkeen pyörimisliikkeeksi. Seuraava mäntä alkaa työntää levyä jo ennen kuin edellinen on lopettanut, jolloin saadaan aikaan tasainen ja jatkuva pyörintä (Bosch Rexroth, 2022).

Säteittäismäntämootorissa männät on sijoitettu säteittäisesti roottorin ympärille. Nesteen paine saa männät liikkumaan ulospäin, ja liike muutetaan pyörimisliikkeeksi nokka- tai kampirakenteen avulla. Tämä rakenne mahdollistaa suuren vääntömomentin erityisesti alhaisilla pyörimisnopeuksilla (Poclain Hydraulics, 2021).

Hydraulimootorin valintaan vaikuttavat useat tekijät: vaadittu voima ja nopeus, tarkkuus, jatkuva tai vaihteleva kuormitus sekä tilankäyttö. Esimerkiksi metsäkoneissa käytetään usein aksiaalimäntämootoreita hallittavuuden ja tehon vuoksi, kun taas yksinkertaisemmissa pyörivissä toiminnoissa hammaspyörämootori voi olla kustannustehokas ratkaisu (Fluidpower.education, 2020).

3.3.2 Hydraulikkaventtiilien toimintaperiaate ja tyypit

Hydraulikkaventtiilit ovat keskeinen osa hydraulijärjestelmiä, sillä ne hallitsevat nesteen virtausta ja suuntaa, mikä mahdollistaa tarkasti säädettävän voiman ja liikkeen. Ne voivat olla joko käsikäyttöisiä tai automaattisesti ohjattuja ja niiden toiminta perustuu nesteen paineen ja virtauksen säätämiseen.

Venttiilien päätehtävät ovat nesteen virtaussuunnan, paineen ja virtausnopeuden säätely. Esimerkiksi suuntausventtiilit ohjaavat nesteen virtaussuunnan tiettyyn suuntaan, kun taas paineventtiilit säätelevät paineen ylityksiä estäen järjestelmän ylikuormittumisen (Fluidpower.education, 2020).

Suuntausventtiilit ohjaavat nesteen kulkua eri suuntiin. Näitä venttiilejä käytetään, kun halutaan vaihtaa hydraulikkakoneen liikkeen suuntaa. Yleisin suuntausventtiili on 4/3-venttiili, joka voi kytkeä nesteen kulun eri kanaviin, riippuen siitä, kuinka se on kytketty. Tällaiset venttiilit ovat keskeisiä esimerkiksi liikkuvissa koneissa, joissa tarvitaan nopeaa suuntaa vaihtavaa voimaa (Hydraulics & Pneumatics, 2018).

Paineventtiilit säätelevät järjestelmän paineita estäen liiallisia paineita, jotka voisivat vahingoittaa laitteistoa. Yleisin paineventtiili on paineenrajoitusventtiili

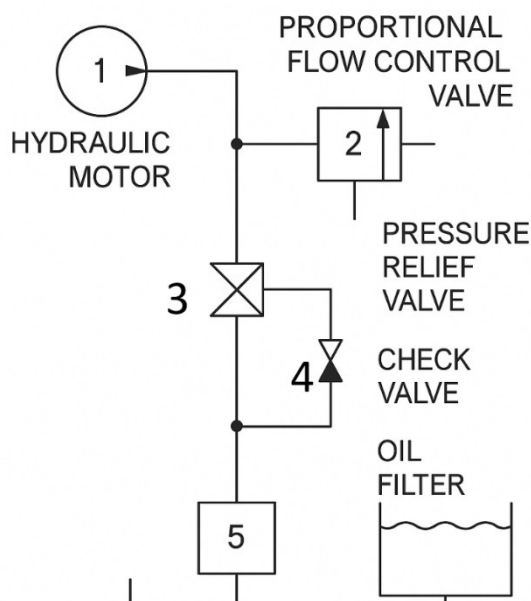
(Tunnetaan myös nimellä ylivuotoventtiili), joka avautuu tietyssä paineessa, jolloin ylimääräinen neste pääsee karkaamaan järjestelmästä turvallisesti. Paineventtiilit ovat erityisen tärkeitä, jotta hydraulijärjestelmät eivät ylitä laitteistolle määritettyä turvallista toimintarajaa (Bosch Rexroth, 2022).

Virtausventtiilit säätävät nesteen virtausnopeutta ja sitä kautta laitteen liikkeen nopeutta. Esimerkiksi virtausrajoitusventtiilit säätelevät virtausta, jotta koneen osat liikkuvat tasaisesti ja hallitusti (Poclain Hydraulics, 2021).

3.3.3 Öljynsuodattimen toimintaperiaate

Öljynsuodattimia käytetään hydraulikkapiireissä poistamaan epäpuhtaudet, kuten pöly, metallilastut ja tiivisteiden kulumahiukkaset, jotka voivat aiheuttaa kulumista ja vaurioita järjestelmän komponenteille. Suodattimet suojaavat venttiilejä, pumppuja ja sylintereitä, pidentävät järjestelmän käyttöikää sekä varmistavat toiminnan tarkkuuden ja tehokkuuden (Hydac, n.d). Suodattimen toimintaperiaate perustuu siihen, että hydraulioöljy johdetaan suodattimen runkoon sisääntuloportin kautta, ja se kulkee suodatinelementin läpi ennen poistumistaan ulostuloportista. Suodatinmateriaalina käytetään useimmiten mikrokuituista lasikuitua, joka mahdollistaa hienon suodatuksen (esim. 10 µm tarkkuudella) ja suuren likaa pidättävän kapasiteetin.

3.4 Hydrauliiikkakaavion suunnitleminen ja piirtäminen



Kuva 1. Hydrauliiikkakaavio

Hydrauliiikkapiiri alkaa öljysäiliöstä, josta neste johdetaan öljysuodattimen (5.) kautta. Suodattimen tehtävänä on poistaa epäpuhtaudet järjestelmästä ja näin estää komponenttien kulumisen tai toimintahäiriöt. Suodatettu neste etenee kohti järjestelmän käyttökomponentteja.

Paineenalennusventtiili (3.) toimii järjestelmän turvamekanismina. Se avautuu ylipaineen sattuessa ja ohjaa ylimääräisen nesteen takaisin säiliöön, estäen järjestelmän vaurioitumisen. Takaiskuventtiili (4.) puolestaan sallii virtauksen vain yhteen suuntaan ja estää paineen pääsyn takaisin virtaussuuntaa vastaan.

Virtausta ohjataan proportionaalisella virtauksensäätöventtiilillä (2.), joka mahdollistaa portaattoman säädön esimerkiksi sähköohjauksella. Tämä mahdollistaa hydrauliikkamoottorin (1.) pyörimisnopeuden tarkasti säädettävän käytön. Hydrauliikkamoottori muuntaa paineistetun nesteen mekaaniseksi pyörimisliikkeeksi. Moottorilta palaava neste johdetaan takaisin öljysäiliöön kierron sulkeutuessa. Koko piiri muodostaa suljetun hydrauliikkajärjestelmän

3.5 Kuinka mekaaninen työväline liitetään hydrauliiikkapiiriin

Liittämismahdollisuuksia on kaksi eri vaihtoehtoa. Mekaaninen työväline voidaan liittää suoraan pyöräkuormaajan omaan hydrauliiikka järjestelmään lisähydrauliiikkalinjan kautta esim. kauhaan liitettävän hydrauliiikkaliittimen avulla. Tai sitten lisäämällä erikseen joko sähköohjatun tai manuaalisesti toimivan venttiilin.

Jotta erillinen hydrauliiikka moottori saadaan asennettua kiinni pyöräkuormaajaan, tulee siihen kaikki tarvittavat komponentit. Hydrauliiikkaletkut tarvitaan paine- ja paluulinjalle. Letkut tulee mitoittaa virtausnopeuden mukaan. Paineenrajoitusventtiili tarvitaan, mikäli moottori ei kestä järjestelmän täyttä painetta. Säästöventtiilit tarvitaan silloin, jos moottorin pyörimisnopeutta halutaan säätää. Takaiskuventtiili estää öljyn vääränsuuntaisen virtauksen ja lopuksi paluulinja takaisin hydrauliiikka säiliöön.

Mikäli halutaan sähköohjattu säästöventtiili, tarvitaan siihen sähkönsyöttö esim. pyöräkuormaajan työlaitepistokkeesta. Kytkimen tai ohjausnapin ohjaamoon sekä mahdollisesti PWM-ohjauksen, mikäli moottoriin halutaan säädettävä pyörimisnopeus.

4 Mitoitukset ja laskut

4.1 Hydraulikkaletkujen halkaisijoiden määrittäminen

$$d = \sqrt{\frac{21,2 * Q}{v}} \quad (1)$$

Jossa, d = letkun sisähalkaisija (mm), Q = virtaus (l/min) ja v on virtausnopeus (m/s). Jossa suosituksena < 5 m/s painepuolella (syöttöletkut) ja < 2 m/s imu- tai säiliölinjoilla.

Letkujen sisähalkaisijaksi lasketaan alkuarvoja käyttämällä:

$$d = \sqrt{\frac{21,2 * 70 \text{ l/min}}{4 \text{ m/s}}} \approx 19,26 \text{ mm}$$

4.2 Hydraulikkamoottorin mitoitus

Hydraulimoottorin tilavuus lasketaan kaavalla:

$$D = \frac{Q}{n} * 1000 \quad (2)$$

Jossa n = Moottorin kierrosluku (rpm), Q = Öljyn tilavuusvirta (l/min) ja D = moottorin tilavuusvirta (cm^3/rev). Kaava perustuu vakiintuneisiin periaatteisiin ja yksikkömuunnoksiin.

$$D = \frac{Q}{n} \cdot 1000 = \frac{80 \frac{\text{l}}{\text{min}}}{540 \text{ rpm}} \cdot 1000 \approx 148 \frac{\text{cm}^3}{\text{rev}}$$

5 Hydraulikomponenttien valinta

5.1 Hydrauliiikkamoottori

Hydrauliiikkamoottori valittiin siten että se täyttää aikaisemmin opinnäytetyössä laskettujen arvojen kriteerit.

WMTF-T160 (Kuva 1) on Hidraoilin valmistama hydrauliiikkamoottori, jonka tilavuus on 160 cm³/kierros. Moottorin nimellisa nopeus on 540 rpm, mikä saavutetaan noin 85–90 litran tilavuusvirralla minuutissa. Laitteen painevaatimus on 180 bar, jolloin sen tehontarve on noin 22,5 kW (Hidraoil, 2025).

Moottorissa on 6-urainen, 34,9 mm halkaisijaltaan oleva PTO-akseli, joka mahdollistaa liitännän maatalouskoneiden voimansiirtoon. Kiinnitys tapahtuu 4-pulttisella laipalla, jossa on 125 mm keskitys ja 160 mm pulttijako. Paineportit ovat varustettu G3/4-kierteillä, mikä on yleinen standardi hydrauliikkaliitännöissä (Hidraoil, 2025.)

Kramer 8085 -kuormaajassa käytetty hydrauliikkajärjestelmä tuottaa noin 70–80 litraa minuutissa, mikä jää hieman alle moottorin optimaalisen virtausalueen. Tämä voi käytännössä johtaa siihen, että moottori ei aivan saavuta nimelliskierrosnopeuttaan 540 rpm, vaan toimii hieman alhaisemmalla kierrosluvulla käytön aikana.



Kuva 2. Hydrauliiikkamoottori (Hidraoil, 2025).

5.2 Hydraulikkaventtiilit

5.2.1 Proportionaalinen virtauksensäätöventtiili

Proportionaalinen virtauksensäätöventtiili (Kuva 2.) on tarkoitettu hydraulisen virtauksen säätöön tilanteissa, joissa tarvitaan tarkkaa ja portaattomasti säädettävää virtausohjausta. Tarkasteltava malli toimii 24 voltin ohjausjännitteellä, ja sen virtauskapasiteetti on enintään 80 litraa minuutissa (Hydrauliikkakauppa.fi, 2025). Liitännäinä käytetään R3/4-kierteitä, jotka soveltuvat yleisesti keskikokoisiin hydraulikkajärjestelmiin.

Venttiili on suunniteltu erityisesti moottorien kierrosluvun hallintaan, jolloin virtausta säädetään esimerkiksi potentiometrin avulla. Ensisijainen työlinja ylläpitää säädetyn virtausmäärän riippumatta järjestelmän painevaihteluista. Samanaikaisesti ylimääräinen virtaus, niin sanottu ohivirtaus, voidaan ohjata toiseen työlaiteporttiin tai takaisin säiliöön. Tämä tekee venttiilistä monipuolisen komponentin järjestelmissä, joissa useita toimilaitteita käytetään rinnakkain (Hydrauliikkakauppa.fi, 2025).



Kuva 3. Proportionaalinen virtauksensäätöventtiili (Hydrauliikkakauppa, 2025).

5.2.2 Paineenalennusventtiili

Paineenalennusventtiili KCG-3-250D-Z-M-U-H1-10 (Kuva 3.) on suunniteltu keskikokoisiin ja raskaisiin hydraulikkasovelluksiin. Tämä malli on suunniteltu erityisesti luotettavaan virtauksen hallintaan, ja se soveltuu hyvin käytettäväksi esimerkiksi hydraulikkamoottoreiden kanssa. Venttiilin maksimikäyttöpaine on 250 bar ja sen nimellisvirtaus on 80 litraa minuutissa, mikä tekee siitä suorituskyvyltään yhteensopivan useimpien maatalous- ja työkoneiden hydraulijärjestelmien kanssa (Danfoss, 2025).

Venttiili on monipuolinen ja mahdollistaa tarkan virtauksen ohjauksen joko manuaalisesti tai sähköisesti, riippuen kokoonpanosta. Rakenteeltaan se on suunniteltu modulaariseksi ja helposti huollettavaksi. Käyttökohteina voivat olla esimerkiksi hydraulikkamoottorien kierrosluvun hallinta.

Yhteensopivuuden kannalta tämä venttiili tarjoaa riittävän kapasiteetin myös esimerkiksi WMTF-T160-moottorin ohjaamiseen, jonka optimaalinen virtausalue (85–90 l/min) on hyvin lähellä venttiilin maksimikapasiteettia. Mikäli virtausta ei vaadita jatkuvasti täydellä teholla, tämä venttiili voi toimia järjestelmässä tehokkaasti yhdessä muiden ohjauskomponenttien kanssa.



Kuva 4. Paineenalennusventtiili (Danfoss, 2025).

5.2.3 Takaiskuventtiili

Takaiskuventtiili (Kuva 4,) on keskeinen osa hydraulikkajärjestelmää, erityisesti silloin kun halutaan estää virtaus väärään suuntaan ja suojata komponentteja esimerkiksi moottorin äkillisiltä pysähdyksiltä tai painetakaiskuilta. HYDAC:in RV-16-malli on suunniteltu korkean suorituskyvyn sovelluksiin ja soveltuu hyvin osaksi vaativia teollisia tai ajoneuvokäyttöisiä hydraulikkapiirejä.

RV-16-takaiskuventtiilin maksimipaine on 350 bar ja sen virtauskapasiteetti on jopa 200 litraa minuutissa, mikä tekee siitä erityisen sopivan käytettäväksi tehokkaiden hydraulipumppujen ja moottoreiden yhteydessä. Sen laaja kapasiteetti mahdollistaa käytön myös järjestelmissä, joissa on korkeat virtausvaihtelut tai useita rinnakkaisia toimilaitteita (HYDAC, 2025).

HYDAC:in venttiili on suunniteltu kestävään jatkuvaa käyttöä ja korkeaa painetta luotettavasti. Moottoriohjatun järjestelmän tapauksessa RV-16 voi estää öljyn takaiskuvirtauksen moottorin pysäytyksessä ja ylläpitää paine- ja virtaustasapainoa kriittisissä tilanteissa.



Kuva 5. Takaiskuventtiili (Hydac.com, 2025).

5.3 Öljynsuodatin

ARGO-HYTOS HD 081 (Kuva 5.) on korkeapainepiireihin suunniteltu suodatin, joka soveltuu erityisesti vaativiin käyttökohteisiin, kuten rakennuskoneisiin, maatalouslaitteisiin ja teollisuusjärjestelmiin. Sen virtauskapasiteetti on 80 litraa minuutissa ja se kestää jopa 500 barin paineen. Suodattimen liitântä on M26x1,5 (-12 SAE) ja sen suodatusaste voidaan valita käyttökohteen mukaan, esimerkiksi 10 mikrometriä (ARGO-HYTOS, 2025).



Kuva 6. Öljynsuodatin (ARGO-HYTOS, 2025).

5.4 Hydraulikkaletkut

Hydraulikkaletkuiksi valitaan opinnäytetyössä laskettujen arvojen perusteella Parker 482/ST- sarjan hydraulikkaletkut. Sen sisähalkaisija on $\frac{3}{4}$ " (DN19), mikä mahdollistaa jopa 275 barin käyttöpaineen sekä hyvän virtauskapasiteetin. Tämä tekee siitä erityisen sopivan sovelluksiin, joissa järjestelmän virtaus on noin 70 l/min, kuten Kramer 8085 -pyöräkuormaajan lisälaitteiden ohjauksessa. Letkun käyttölämpötila-alue on $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$, mikä takaa luotettavan toiminnan pohjoismaisissakin olosuhteissa. Letku täyttää ISO 1436 ja SAE 100 R2AT -standardien vaatimukset, mikä takaa sen suorituskyvyn ja turvallisuuden. Letkun liittimiksi soveltuvat esimerkiksi G3/4" BSP urosliittimet (esim. Parker 1J743-12-12C), jotka sopivat hyvin yhteen Hidraoil WMTF-T160- hydraulikkamoottorin G3/4" porttien kanssa.

6 Hydrauliiikkakomponenttien yhteensopivuus

Hydraulijärjestelmän suunnittelussa yhteensopivuus kaikkien komponenttien välillä on oleellista, jotta varmistetaan turvallinen ja tehokas toiminta. Tämän järjestelmän mitoitus perustuu Kramer 8085 -pyöräkuormaajan työhydrauliikan ominaisuuksiin, joissa virtaus on 70–80 litraa minuutissa ja käyttöpaine 240 bar. Näiden perusteella on valittu seuraavat yhteensopivat komponentit:

Hydrauliikkamoottori

WMTF-T160-hydrauliikkamoottori (Hidraoil) vaatii optimaaliseen toimintaan 85–90 l/min virtausta ja 180 bar painetta. Kramer 8085:n tuottama virtaus jää hieman alle halutun, mutta moottori toimii luotettavasti hieman alennetulla kierrosnopeudella. Moottorin G3/4-portit ovat yhteensopivia valittujen letkujen kanssa.

Proportionaaliventtiili

24V ohjattava proportionaalinen virtauksensäätöventtiili, jonka kapasiteetti on 80 l/min ja liitännät R3/4, on hyvin mitoitettu hallitsemaan moottorin virtausta. Se mahdollistaa moottorin kierrosluvun portaattoman säädön.

Paineenalennusventtiili

Danfossin KCG-3-250D-Z-M-U-H1-10-paineenalennusventtiili kestää 250 bar painetta ja 80 l/min virtausta, joten se on yhteensopiva sekä järjestelmän paineen että virtauksen kanssa. Venttiili soveltuu moottorin paineen säätelyyn turvallisissa rajoissa.

Takaikuventtiili

HYDAC RV-16 -takaikuventtiili tukee jopa 200 l/min virtausta ja 350 bar painetta. Tämä tekee siitä erittäin sopivan komponentin järjestelmään, jossa voi esiintyä painevaihteluita tai äkillisiä virtaussuunnan muutoksia.

Ylivuotoventtiili

Landefeld DBV12P250Q80 -ylivuotoventtiili toimii 80–250 bar painealueella ja sallii 80 l/min virtausta. Se suojaa järjestelmää ylipaineelta erityisesti tilanteissa, joissa kuorma tai vastus kasvaa äkillisesti.

Hydrauliikkaletkut

Parkerin 482/ST-sarjan hydrauliikkaletkut (DN19, 3/4") soveltuvat virtausalueelle 70–80 l/min ja kestävät 275 bar painetta. Niiden G3/4-liitännät ovat yhteensopivia moottorin ja venttiilien liitännöiden kanssa, ja ne täyttävät kansainväliset standardit (ISO 1436, SAE 100 R2AT).

Öljynsuodatin

ARGO-HYTOS HD 081 -korkeapaineinen suodatin sopii 80 l/min virtaukselle ja kestää jopa 500 bar painetta. Se tarjoaa riittävän suodatustehon suojatakseen koko järjestelmän epäpuhtauksilta.

Yhteenvedona voidaan todeta, että kaikki valitut komponentit muodostavat teknisesti ja toiminnallisesti yhteensopivan kokonaisuuden Kramer 8085 -pyöräkuormaajan hydrauliikkajärjestelmän kanssa. Järjestelmä on mitoitettu siten, että sen turvallisuus, suorituskyky ja käytettävyys säilyvät myös vaihtelevissa kuormitusolosuhteissa.

7 Johtopäätökset ja keskeiset havainnot

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, miten mekaaninen työlaite voidaan liittää nykyaikaisen pyöräkuormaajan hydraulikkajärjestelmään. Työn lähtökohtana oli tilaajan, Kultelan Koukku Oy:n, tarve hyödyntää olemassa olevia nivelakselikäyttöisiä työvälineitä nykyisessä pyöräkuormaajakalustossaan. Tämän perusteella suunniteltiin ja mitoitettiin yhteensopiva hydraulikkajärjestelmä Kramer 5085 -pyöräkuormaajalle.

Työn perusteella voidaan tehdä seuraavat keskeiset johtopäätökset: hydraulijärjestelmän sovittaminen vanhaan työvälineeseen on teknisesti mahdollista. Työssä osoitettiin, että aiemmin traktoreiden nivelakseliin liitetyt työvälineet voidaan ottaa käyttöön myös pyöräkuormaajan hydraulikkajärjestelmän avulla, kun järjestelmä suunnitellaan ja mitoitetaan oikein.

Komponenttien yhteensopivuus on keskeistä järjestelmän toimivuuden ja turvallisuuden kannalta. Kaikki valitut komponentit, kuten hydraulikkamoottori, venttiilit, suodatin ja letkut valittiin huolellisesti Kramer 5085:n suoritusarvojen mukaan, mikä takaa järjestelmän toimivuuden ja luotettavuuden.

Hydraulikkajärjestelmän suunnittelu edellyttää laajaa teknistä tietoa ja tarkkoja mitoituslaskelmia. Esimerkiksi letkujen ja moottorin mitoitus sekä virtaus- ja painearvojen yhteensopivuus ovat ratkaisevia järjestelmän suorituskyvyn kannalta. Opinnäytetyö osoittaa, miten hydraulikan peruseräatteen ja komponenttituntemus voidaan siirtää konkreettisesti pyöräkuormaajan.

Yhteenvedona voidaan todeta, että työ saavutti sille asetetut tavoitteet ja tarjoaa käytännönläheisen mallin mekaanisen työvälineen liittämistä hydrauliseen järjestelmään.

Lähteet

ARGO-HYTOS. (2025). *HD 081 High Pressure Filter*. Viitattu 15.5.2025.
<https://www.argo-hytos.com/products/filtration/high-pressure-filters/hd-081-high-performance.html>

Bosch Rexroth (2022) *Hydraulic Pressure Relief Valves – Technical Description*. Viitattu 10.5.2025. <https://www.boschrexroth.com>

Bosch Rexroth. (2022). *A10VSO Axial Piston Motors – Technical Description*. Viitattu 10.5.2025. <https://www.boschrexroth.com>

Danfoss (2025). *KCG-3-250D-Z-M-U-H1-10, KCG3250DZMUH110*. Viitattu 4.5.2025. <https://powersource.danfoss.com>

Fluidpower.education (2020) *Hydraulic Valves – Types and Working Principles*. Viitattu 10.5.2025. <https://www.fluidpower.education/hydraulic-valves>

Fluidpower.education. (2020). *Hydraulic Motors – Types and Working Principles*. Viitattu 10.5.2025. <https://www.fluidpower.education/hydraulic-motors>

Hidraoil (2025). *WMTF-T160 Hidraoil hydraulic motor PTO 160 cm³ 30 CV 540 rpm with agriculture PTO splined shaft z6*. Viitattu 4.5.2025. <https://hidraoil.es>

HYDAC (2025). *RV-16-01.1/0*. Viitattu 4.5.2025. <https://www.hydac.com>

Hydac. (n.d.). *Filtration in hydraulic systems*. Viitattu 18.5.2025.
<https://www.hydac.com>

Hydraulics & Pneumatics (2018) *How to Choose a Hydraulic Valve*. Viitattu 10.5.2025. <https://www.hydraulicspneumatics.com>

Hydraulics & Pneumatics. (2018). *How to Choose a Hydraulic Motor*. Viitattu 10.5. 2025. <https://www.hydraulicspneumatics.com>

Hydrauliikkakauppa.fi (2025). *Virtauksensäätöventtiili Proportionaalinen R3/4 + Säädin 80 L/min 24V*. Viitattu 4.5.2025. <https://www.hydrauliikkakauppa.fi>

Landefeld (2025). *Pressure limiting valve DBV12P250Q80*. Viitattu 4.5.2025. <https://www.landefeld.com>

LECTURA Specs. (2025). *Kramer 5085 Wheel Loader Specs (2019–2025)*. Viitattu 8.5.2025. <https://www.lectura-specs.com>

Poclain Hydraulics (2021) *Hydraulic Flow Control Valves – Product Overview*. Viitattu 10.5.2025. <https://www.poclain-hydraulics.com>

Poclain Hydraulics. (2021). *Radial Piston Hydraulic Motors – Product Overview*. Viitattu 10.5.2025. <https://www.poclain-hydraulics.com>

Salhydro. (n.d.). *Hydrauliikan perusteet*. Viitattu 16.5.2025. <https://www.salhydro.fi/files/PDF/8.hydrauliikan-perusteet.pdf>