

Juho Tikka

MERIVOIMIEN KAAPELIVENEIDEN KANSIHYDRAULIIKAN
MUUTOSTYÖT

MERENKULUN INSINÖÖRIN koulutusohjelma
2016

MERIVOIMIEN KAAPELIVENEIDEN KANSIHYDRAULIIKAN MUUTOSTYÖT

Tikka, Juho
Satakunnan ammattikorkeakoulu
MERENKULUN INSINÖÖRIN koulutusohjelma
Huhtikuu 2016
Valvoja: insinöörikommentajakapteeni Timo Inkinen
Ohjaaja: Toni Haapanen
Sivumäärä: 47
Liitteitä: -

Asiasanat: hydrauliiikka, kansikoneistot, sota-alukset

Tämän opinnäytetyön aiheena oli Merivoimien kaapeliveneiden kansihydrauliikan muutostyö. Tutkimuksen taustatyönä perehdyttiin hydrauliiikan perusteiden teoriaan yleisellä tasolla ja selvitettiin tilaajan eli Merivoimien kaapeliveneiden kansihydrauliikan järjestelyt ennen muutoksia. Tarve muutostyöhön ja siitä tehtävään tutkimukseen syntyi tilaajalta ja yhteistyössä tilaajan kanssa määritettiin tutkimuksen kohteiksi ja tutkimusongelmiksi seuraavat asiat: Uusi kansinosturi, hydrauliiöllyn jäähdytys, keulapotkurin kansihydrauliikalle aiheuttamat ongelmat.

Tutkimuksessa pyrittiin tutkimusongelmien ratkaisun ohella selvittämään myös millä toimenpiteillä päästäisiin kaapelialusten kansihydrauliikan turvallisempaan sekä tehokkaampaan käyttöön ja mitkä ovat valituksi tulleen uuden ja raskaamman kansinosturin vaikutuksen aluksen vakavuuteen. Tutkimuksessa ei käsitelty taloudellisia seikkoja, kuten hintoja, eikä raportti sisällä termiluetteloa, sillä työ on tarkoitettu apuvälineeksi alaan jo perehtyneelle henkilökunnalle sekä Merivoimien hankintoja toteuttavalle osastolle.

Tutkimustyö käynnistettiin loppukesästä 2015 ja se valmistui keväällä 2016. Tutkimusmenetelmäksi valittiin konstruktiiivinen tutkimustapa ja tutkimuksessa hyödynnettiin hydrauliiikan perusteita käsittelevää kirjallisuutta, kaapeliveneiden henkilökunnan kokemuksia sekä Millog Oy:n hydrauliiikka-asiantuntijoiden ammattitaitoa ja osaamista. Selvitystyössä kaapeliveneiden uuden nosturin valintaprosessia varten hyödynnettiin Merivoimien logistiikkalaitoksen Merijärjestelmäosaston osaamista. Kansihydrauliikan uusien konstruktioiden toimivuutta selvittäessä käytettiin apuna edellä mainittujen ammattilaisten haastatteluja ja asiantuntijalausuntoja. Tutkimuksessa käsiteltiin Merivoimien kaikkia kaapeliveneitä, mutta tässä raportissa veneisiin ja niiden varusteisiin (esim. nosturit, jäähdytyskoneikot, keulapotkurit) viitataan yksikkömuodossa.

Tutkimustuloksena saatiin uuden kansinosturin valinnassa rajattua vaihtoehtoiksi kahden suuren nosturivalmistajan nosturimallit ja näistä vaihtoehtoista uudeksi kansinosturiksi valikoitui Palfinger PK 8501M. Perusteina valinnalle käytettiin nosturien huoltovarmuutta, kyseisen valmistajan yleistä imagoa ja tunnettavuutta sekä tutkijan omaa kokemusta eri nostureista. Hydrauliiöllyn jäähdytyksessä aiemmin ilmenneet ongelmat ratkaistiin korvaamalla sähköinen jäähdytyspumppu kansihydrauliikkapumpun jatkeeksi asennettulla hydraulipumpulla. Muutaman kuukauden tarkastelujakson aikana havaittiin, että tehty muutostyö oli poistanut aiemmat ongelmat ja2 jäähdytysjärjestelmä toimi moitteettomasti. Keulapotkurin muulle kansihydrauliikalle aiheuttamia ongelmia ratkaistaessa päädyttiin erottamaan keulan hydrauliiikka muusta hydrauliiikasta, jolloin keulapotkurilla on oma hydrauliiikkapiirinsä ja se toimii omana yksikkönään häiritsemättä muuta kansikoneistoa. Voimanotto tälle järjestelmälle otetaan vasemmasta pääkoneesta säätötilavuuspumpun avulla ja sen jäähdytys toteutetaan kuten muun kansihydrauliikan muutetussa jäähdytysjärjestelmässä eli täysin hydraulisena.

MODIFICATIONS OF OPERATING HYDRAULICS, ON THE FINNISH NAVY CABLE BOATS

Tikka Juho

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Marine Engineering

Month 2016

Supervisor: Lieutenant commander (engineering) Timo Inkinen

Tutor: Toni Haapanen

Number of pages: 47

Appendices:-

Keywords: hydraulics, navy ships, deck machinery

The subject of this thesis was the modification of the Finnish Navy cable vessel's deck hydraulics. As a background work for the studies, the basics of hydraulic theory were examined in general and the general arrangement of the deck hydraulics on the subscriber's, the Finnish Navy's, cable vessels were investigated. The need for these modifications and the studies behind them rose from the subscriber and in cooperation with the subscriber, the following issues were established as the research problems: selection process for the new crane, improvement of the hydraulic oil cooling and deck machinery's problems caused by the bow thruster. The study was aimed at finding out a solution to these research problems and also to investigate which measures were needed to achieve a more safe and efficient use of the deck machinery. Also the impact on the vessel's stability caused by the new and heavier crane needed to be examined. The study did not address the economic aspects, such as prices; neither does it include a list of special terminology, since its intention is to be primarily a tool for the already branch-initiated staff as well as for the Finnish Navy's Department of Purchase.

The research was launched at the end of the summer of 2015 and it was completed during the spring of 2016. A constructive method was selected as the research method and the literature on the hydraulic theory, cable vessel's staff's experience as well as the professional competence and knowledge of the hydraulics experts at the Millog Oy were utilized. The investigation for the selection process of the new crane included expertise of the Finnish Navy's Logistics Regiment's Naval Support Unit. While examining the operability of the modified constructions of the deck machinery, the interviews and statements from experts were also referred to. During the research all of the cable vessels were examined, but in this report the vessels and their equipments are referred to in singular form. As a result of the research considering the selection process of the new deck crane, the possible crane manufacturers were narrowed down to two alternative manufacturers and crane models. From these optional crane models the Palfinger PK 8501M was selected as the new crane. As basis for this decision was the maintenance reliability of the crane, the distinguished image of the manufacturer and personal experiences of the examiner on the variety of sea cranes. The previously encountered problems on the cooling of the hydraulic oil were solved by replacing the electrical cooling pump with an installation of a hydraulic pump as an extension to the deck hydraulic pump. During the few month's span of inspection it was detected that this modification had removed the previous problems and the cooling system was functioning faultlessly. As a solution to the problems that the bow thruster had caused to the vessel's general hydraulic system, it was decided to separate the bow hydraulics from the general system to a hydraulic circuit of its own. In that way the bow thruster would operate as an independent unit would not disrupt the rest of deck machinery. The power intake for this system was created from the port side main engine.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
1.1 Kaapelivene.....	6
1.2 Tietoa aluksen rakentajasta.....	7
1.3 Tutkimuksen tausta ja tutkimusmenetelmä.....	7
1.4 Tutkimusongelmat.....	8
2 HYDRAULIIKKA	10
2.1 Yleistä.....	10
2.2 Hydrauliiikkajärjestelmän rakenne.....	13
2.2.1 Pumput.....	13
2.2.2 Putket ja letkut.....	13
2.2.3 Venttiilit.....	14
2.2.4 Nesteet.....	15
2.2.5 Säiliöt.....	16
3 KANSIHYDRAULIIKKA KAAPELIVENEELLÄ.....	17
3.1 Hydraulipumppu.....	17
3.2 Kapstaanit.....	19
3.3 Keulaohjauspotkuri.....	21
3.4 Kansinosturi.....	22
3.5 Ankkuripelit.....	24
3.6 Kaapelikissa.....	25
3.7 Kansihydrauliikan jäähdytys.....	26
3.8 Hydraulioöljysäiliö.....	27
4 SÄHKÖVERKKO KAAPELIVENEELLÄ.....	28
4.1 Sähkön tuotanto.....	28
4.2 Kuluttajat.....	30
4.3 Dynamic Positioning-Dynaaminen paikannus(DP).....	31
5 TUTKIMUSTULOKSET JA MUUTOSEHDOTUKSET.....	32
5.1 Hydraulioöljyn jäähdytys.....	32
5.2 Nosturin uusiminen.....	33
5.2.1 Vaikutukset aluksen vakavuuteen.....	34
5.2.2 Nosturivaihtoehdot.....	35
5.3 Muutokset keulapotkurin toiminnassa.....	37
5.3.1 Paineakun käyttö virtapiikkien tasaajana	38
5.3.2 Sähköhydraulinen keulapotkuri.....	39
5.3.3 Erillinen keulahydrauliikka.....	42
5.4 Muutosehdotukset.....	42

6 YHTEENVETO.....	44
LIITTEET	

1 JOHDANTO

1.1 Kaapelivene

Merivoimat tilasi helmikuussa 2008 Uudenkaupungin Työvene Oy:ltä kaksi kaapelivenettä. Tarve kaapeliveneille oli, koska pitkään merivoimien kaapelitöistä vastannut, vuonna 1966 Rauma-Repola Oy:n Rauman telakalla valmistunut kaapelilaiva Putsaari, oli tulossa tiensä päähän. Veneet toimitettiin vuoden 2009 aikana ja ne ovat sijoitettuna merivoimien kahteen eri tukikohtaan: Kirkkonummen Upinniemeen ja Turun Pansioon. Veneet ovat tietotekniikkakeskusten käytössä. Ne rakentavat, huoltavat ja kunnossapitävät johtamis- ja viestijärjestelmiin liittyviä merikaapeliverkostoja merialueillamme. Veneet tukevat myös valtakunnallisen runkoverkon ja merialueen valvontasensorien huoltoa ja kunnossapitoa. Veneen miehistöön kuuluu kaksi henkilöä: päällikkö ja konepäällikkö. Lisäksi alusten henkilöstöön lukeutuvat tietotekniikkakeskusten työntekijät. Suurin normaalikäytössä oleva henkilöstömäärä on kahdeksan. Veneet voidaan myös varustella saaristossa tehtäviä lyhyitä miehistönkuljetustehtäviä varten. Tällöin suurin sallittu henkilömäärä on 45 henkilöä (miehistö + matkustajat). Veneet ovat alumiinirunkoisia eikä niillä ole jääluokitusta. Alusten purjehdusalue on kotimaan liikenteen liikennealue II.



Kuva 1. Kaapelivene K 410 Pansiossa marraskuussa 2015. (Juho Tikka 2015)

Tekniset tiedot:

Pituus:	19.70 m
Leveys:	5.7 m
Syväys:	0.80m
Uppouma:	35 t
Pääkoneet:	2 x Scania Di 16 070M 550kW-1800rpm
Propulsio:	2x Rolls-Royce FF 450 vesisuihku
Nopeus:	25 solmua
Apukone:	Yanmar 4TNV98-GGE+Mase IS 30 gener.
Merenkulkujärjestelmä:	Furuno ECDIS
Kuljetuskyky:	6 t

1.2 Tietoa aluksen rakentajasta

Kaapelivene on rakennettu Uudenkaupungin työvene Oy:n toimesta Uudessakaupungissa Varsinais-Suomessa. Uudenkaupungin työveneellä on pitkä, yli 200 aluksen kokemus, ammattikäyttöön tarkoitettujen veneiden ja pienalusten suunnittelusta ja rakentamisesta. Uudenkaupungin työvene Oy on erikoistunut rakentamaan aluksia räätälöidysti juuri asiakkaan tarpeiden mukaisesti. Merivoimat muiden merellisten viranomaisten yhteydessä onkin tilannut useampia kokonaisia alusluokkia Uudenkaupungin työvene Oy:ltä. (www.tyovene.com)

1.3 Tutkimuksen tausta ja tutkimusmenetelmä

Tutkimuksen tavoitteeksi valittiin kaapeliveneen kansihydrauliikkajärjestelmään tarvittavan muutostyön tutkiminen: millä hydrauliikkajärjestelmään tehtävillä muutostöillä päästäisiin toimivampaan konstruktion. Tutkimuksen aihe on tullut tarpeelliseksi, koska henkilöstön vuosien kokemus kaapelitöissä erilaisissa olosuhteissa on nostanut esiin ongelmia, joita aluksen suunnittelu- ja rakennusvaiheessa ei osattu tai jopa voitu ottaa huomioon. Tutkimuksen tilasi

merivoimien rannikkolaivaston kahdeksas huoltolaivue tutkimuksen tekijän ehdotuksen perusteella. Yhdessä tilaajan edustajan ja aluksen nykyisen sekä entisen henkilöstön kanssa sovimme tutkimustyön tavoitteet. Tutkimukseen liittyen haastattelin useita aluksella työskenteleviä ja työskennelleitä henkilöitä. Myös tutkijan oma työkokemus kyseessä olevalla alusluokalla auttoi löytämään ongelmakohtia järjestelmästä.

Tutkimusmenetelmän valitseminen aiheutti pohdiskelua. Valitsin lopulta tutkimusmenetelmäksi konstruktiiivisen tutkimusmenetelmän. Konstruktiiivisen tutkimusotteen soveltamisalue on laaja. Tutkimustapa on saanut osakseen paljon positiivista huomiota liiketaloustieteen ja tekniikan tutkijoilta. Samanlaista tai vastaavaa tutkimusotetta on usein sovellettu myös tietojärjestelmätieteiden ja lääketieteen alalla. Lisäksi konstruktiiivista tutkimustapaa on sovellettu esimerkiksi kasvatustieteissä.

Konstruktiiivinen tutkimusote on innovatiivisia konstruktioita tuottava metodologia, jolla pyritään ratkaisemaan reaali maailman ongelmia ja tällä tavoin tuottamaan kontribuutioita sille tieteenalalle, jossa sitä sovelletaan. Konstruktiiivisen tutkimusotteen ydinpiirteet edellyttävät, että se keskittyy tosielämän ongelmiin, jotka koetaan tarpeelliseksi ratkaista, edellyttäen, että ne ovat huolellisesti kytketty olemassa olevaan teoreettiseen tietämykseen. (Lukka, Kari 2001)

1.4 Tutkimusongelmat

Jäähdytys

Kaapeliveneen kansihydrauliikan moitteeton toiminta on elinehto välillä vaativissakin olosuhteissa tehtäviin kaapelitöihin. Kaapelitöissä kansihydrauliikan piirissä ovat käytössä kaapelikissa, nosturi, kapstaanit sekä keulaohjauspotkuri. Työkierrossa öljy lämpenee huomattavasti eikä nykyisen mallinen jäähdytyskierto 24V sähköpumpulla toimi moitteettomasti. Lämmitessään pumppu sammuu, joka johtaa hydrauliöljyn lämpenemiseen ja järjestelmän sähköinen ohjaus sulkee hydrauliikan käytön. Tällöin koko kansihydrauliikka on poissa käytöstä eikä alusta

pystytä manoveeraamaan hallitusti keulapotkurin ollessa pois käytöstä. Tällöin myöskään Dynamic Positionin (DP) ei toimi lainkaan.

Kansinosturi

Nosturin käyttö aiheuttaa käyttäjille välillä ikäviä tilanteita. Nosturin puomi on auttamattomasti liian lyhyt toimimaan aluksen keulasta ja vasemmalta sivulta. Vasemmalta sivulta tehdään myös kaapelityöt, jolloin nosturi on aktiivisesti käytössä. Kaapelitöitä tehdessä työnkuva ei ole pelkästään merellä tehtävät kaapelin lasku- ja liitostyöt, vaan myös niin sanottujen ankkurointien rakentaminen betonista rantaolosuhteissa. Näitä operaatioita varten nostetaan kaapeliveneen kannelle 1000 kg betonisäkkejä. Saaristossa toimiminen on aina hieman haasteellista, ja niin myös kaapeliveneellä. Aina ei ole mahdollisuutta ajaa alusta optimaalisesti oikea sivu kiinni laituriiin, jolloin nosturin nostokapasiteetti riittää 1000 kg nostoihin. Tästä syystä aluksen henkilöstö on priorisoinut nosturin päivityksen korkealle.

Keulapotkurin aiheuttamat ongelmat

Keulapotkurin toiminta kansihydrauliikan osana on yksi ongelmista. Kaapelitöitä tehdessä alus on DP:n varassa, joka käyttää propulsiolaitteita aktiivisesti. Keulapotkuri on myös koko kansihydrauliikan tehokkain laite työpaineen ollessa 300bar ja tilavuusvirran 49 l/min. DP:n aiheuttamat nopeat tehopiikit keulapotkurille aiheuttavat samoja tehopiikkejä myös muille kansihydrauliikan laitteille. Näissä tilanteissa keulapotkurin vaatima tilavuusvirta on korkeimmillaan, mutta muut laitteet tarvitsevat tilavuusvirtaa vähemmän kuin pumppu tuottaa. Töiden hankaloitumisen lisäksi tehopiikit aiheuttavat työturvallisuusriskin: esimerkiksi kaapelikissalla toimittaessa kädet ovat jatkuvasti lähellä kaapelikissan juoksupyörää. Näin ollen yksi tutkimusongelmista onkin löytää parannuskeino tilavuusvirtapiikeille tai erottaa kaapelin käsittelyhydrauliikka manoveeraushydrauliikasta.

2 HYDRAULIIKKA

2.1 Yleistä

Hydrauliikka on yleisnimitys kaasujen ja nesteiden hydrostaatiikan ja hydrodynamiikan teknillisille sovellutuksille. Hydraulijärjestelmät ovat tehonsiirtoketjuja, jotka muuntavat järjestelmälle syötteenä annettavan mekaanisen tehon hydrauliseksi, välittävät sen haluttuun kohteeseen ja muuntavat sen siellä takaisin mekaaniseksi tehoksi kyseessä olevan sovelluksen käyttöön. Tehon siirto voi tapahtua sekä hydrostaattisten että hydrodynaamisten siirtomekanismien avulla. Hydrostaattisessa tehonsiirrossa siirrettävä energia sidotaan paine- eli potentiaalienergiaksi, hydrodynaamisessa tehonsiirrossa taas nesteen liike-energiaksi. Tehoa välittävänä aineena on siis neste, johon teho sidotaan paineena ja tilavuusvirtana.

Hydraulisten järjestelmien etuina muihin tehonsiirtotapiohin verrattuna ovat muun muassa suunnittelun vapaus ja komponenttien hyvät teho-painosuhteet. Koska teho siirretään putkia ja letkuja pitkin, suunnittelija ei ole sidoksissa johonkin tarkoin määrättyyn tehonsiirtorataan. Teho voidaan siirtää tuottokohdasta käyttökohteeseen sopivinta reittiä toisin kuin mekaanisessa tehonsiirrossa. Komponenttien pieni koko taas johtaa laitteistojen pienuuteen ja keveyteen.

Hydrauliikalla on helppo toteuttaa sekä lineaarinen että pyörivä liike. Liikenopeudet, voimat ja momentit ovat helposti säädettävissä. Laitteiston ylikuormitus voidaan estää yksinkertaisin keinoin. Järjestelmän painetta kasvattamalla saadaan sama teho yhä pienemmillä komponenteilla, eli komponenttien teho-painosuhteet ovat erittäin hyviä. Järjestelmien häviöt ovat hyvin minimaaliset. Koska massatonta, kitkatonta ja kokoonpuristumatonta ideaalia nestettä ei ole, vaatii nesteen siirtäminen työtä, ja näin hydraulijärjestelmään tulee hieman häviötä käytettävästä hydraulinesteestä ja siirtomatkaista riippuen.

Hydrostaatiikassa käsitellään relatiivisessa tai absoluuttisessa levossa olevia nesteitä tai kaasuja.

Peruslaki on Pascalin määritelmä: ”Voiman vaikutus levossa olevaan nesteeseen leviää tasaisesti kaikkiin suuntiin nesteen sisällä. Vallitsevan paineen suuruus nesteessä riippuu vaikuttavasta voimasta ja sen vaikutuspinta-alasta. Paine vaikuttaa kohtisuoraan säiliön seinämiä vasten.” (Kauranne, H., Kajaste, J. & Vilenius, M. 2008.)

Nesteen oletetaan siis käyttäytyvän kiinteän kappaleen lailla. Nesteen kaikki partikkelit ovat lepotilassa, eikä viereisten nestekerrosten välillä ole liikkeestä aiheutuvaa leikkausjännitystä. Tällaisessa nesteessä voi pintaelementtiä vastaan vaikuttaa vain puristus, jota nesteeseen kohdistuvana sanotaan paineeksi. Paine aiheutuu molekyylien ja atomien törmäyksistä, ja koska niiden liikkeillä ei ole järjestelmällistä suuntaa, vaikuttaa paine aina kohtisuorasti pintaelementtiä vastaan ja yhtä suurena kaikkiin suuntiin. (Kauranne, H., Kajaste, J. & Vilenius, M. 2008.)

Fysikaalisena suurena paine on nesteeseen vaikuttava voima jaettuna pinta-alalla.

$$p = \frac{F}{A}$$

missä $F = \text{voima [N]}$
 $A = \text{pinta-ala [m}^2\text{]}$
 $p = \text{paine [N/m}^2\text{]} = \text{Pa (pascal)}$

Ulkoisten voimien lisäksi nesteen oma massa aiheuttaa nesteeseen paineen, joka riippuu nesteen tiheydestä, maan vetovoiman kiihtyvyydestä sekä mittaussyvyydestä. Tätä nesteen omasta massasta aiheutuvaa painetta kutsutaan hydrostaattiseksi paineeksi. Paine on tietyllä syvyydellä sama astian muodosta riippumatta.

$$p = \rho gh$$

Missä p = paine [N/m²] = Pa (pascal)
 ρ = nesteen tiheys [kg/m³]
 g = maan vetovoiman kiihtyvyys [m/s²]
 h = tarkasteltavan kohdan etäisyys vapaasta nestepinnasta [m]

Nesteen sisällä vallitsevaan paineeseen vaikuttaa lisäksi nesteen vapaaseen pintaan kohdistuva paine. Systemin kokonaispaine saadaan siis kaavasta:

$$p_k = \frac{F}{A} + p_h + p_o$$

Missä p_k = kokonaispaine
 F = voima
 A = pinta-ala
 p_h = paine tietyllä syvyydellä
 p_o = vapaaseen nestepintaan kohdistuva paine

Termi $\frac{F}{A}$ on hydraulikassa usein suuruusluokkaa 5-60 MPa, ja vapaaseen nestepintaan kohdistuva paine (ilmanpaine) 0,1 MPa sekä hydrostaattinen paine 0.05 Mpa, joten ne jätetään usein pois laskuista normaaleja järjestelmiä suunniteltaessa. Ilmanpaine ja hydrostaattinen paine tulee kuitenkin ehdottomasti ottaa huomioon, mikäli suunnittelussa järjestelmässä käytettävät paineet ovat hyvin alhaisia tai nestekorkeudet huomattavan suuria. Mikäli ilmanpaine jätetään pois painetarkasteluista, ovat järjestelmän paineet niin sanotusti ylipaineisia. Jos ilmanpaine lasketaan mukaan, puhutaan absoluuttisesta paineesta.

Paineen leviäminen nesteessä, joka on suljetussa tilassa, riippuu nesteen ominaisuuksista. Hydraulioöljyssä se on tavallisesti n. 1200 m/s. Paineen leviämisenopeuteen vaikuttaa kuitenkin myös järjestelmän osien joustot, jotka vähentävät leviämisenopeuden noin 1000 metriin sekunnissa. Normaalisti järjestelmien koot ovat sitä luokkaa, että voidaan sanoa paineen leviävän välittömästi

eikä minkäänlaista viivettä tarvitse ottaa huomioon. Poikkeuksen tekee kuitenkin paineiskutarkastelut. (Kauranne, H., Kajaste, J. & Vilenius, M. 2008.)

2.2 Hydraulikkajärjestelmän rakenne

2.2.1 Pumput

Pumpuilla muutetaan mekaaninen teho hydrauliseksi. Pumput toimivat syrjäytysperiaatteella, millä tarkoitetaan sitä, että energia muunnetaan muodosta toiseen rakenteen syrjäytyselimien staattisten voimavaikutusten avulla ilman, että dynaamisilla voimilla olisi merkittävää osuutta toiminnassa. Mekaaninen teho on useimmiten pyörivän liikkeen muodossa, sillä teholähteenä käytetään tavallisesti sähkö- tai polttomoottoria. Pumput voidaan jakaa toimintaperiaatteensa mukaan hydrostaattisiin ja hydrodynaamisiin pumppuihin. Rakenteellisesti pumppu voidaan toteuttaa monin eri tavoin, mutta käytännössä pumput voidaan lähes poikkeuksetta luokitella hammaspyöräpumppuihin, ruuvipumppuihin, siipipumppuihin ja mäntäpumppuihin. Toimintaperiaate on kaikissa sama, eli siirrettävä neste suljetaan pumpun sisällä kammioihin, jotka avataan vuorotellen imu- ja paineliitännöihin. Eri rakenteilla saavutetaan eri ominaisuuksia muun muassa hyötysuhteen, käyttöpaineen, pyörimisnopeuden ja säädettävyyden osalta. (Kauranne, H. ym. 2008.)

2.2.2 Putket ja letkut

Nesteeseen sidotun hydraulisen tehon siirto pumpulta ohjauslaitteille ja edelleen toimilaitteille ja takaisin pumpulle edellyttää komponenttien välisiä virtauskanavia. Useimmiten nämä toteutetaan putkin tai letkuin. Nesteen siirrosta aiheutuvien virtaushäviöiden minimoimiseksi ja pumpun imupuolella kavitoinnin estämiseksi tulee käyttää riittävän suurta virtauskanavakokoa sekä pyrkiä mahdollisimman yksinkertaiseen ja lyhyeen putkistoon.

Hydraulijärjestelmissä käytettävän putken tyyppiin, materiaaliin ja seinämäpaksuuteen vaikuttavat muun muassa järjestelmän paine, tilavuusvirtojen suuruus, käytettävä neste sekä käytettävät liittimet. Yleisimpiä putkityyppejä ovat saumattomat tarkkuusteräsputket, saumattomat kuumavalssatut teräsputket, hitsatut tarkkuusteräsputket ja hitsatut teräsputket. Materiaalina käytetään useimmiten ruostumatonta terästä, ruostumatonta haponkestävää terästä tai hiiliterästä. Letkuja käytetään hydraulijärjestelmissä myös paljon. Kun järjestelmässä on yhdistettävä toisiinsa nähden liikkuvia osia, tai kun käytettävissä oleva asennustila putkille on epäedullinen, on letkut mainio tapa siirtää nestettä. Letkuilla voidaan myös vaimentaa järjestelmässä ilmeneviä värähtelyjä ja paineiskuja sekä kompensoida lämpölaajenemisesta aiheutuvia putkien pituuden muutoksia. Hydraulijärjestelmissä käytettävät letkut jaetaan sallitun käyttöpainetasen perusteella matalapaineletkuihin, keskipaineletkuihin ja korkeapaineletkuihin. Materiaaleina letkuissa käytetään synteettistä kumia, nitriliä tai neopreeniä. Myös termoplastisia materiaaleja, kuten polyamidia ja polyesteriä, käytetään. Käyttöpainetasen mukaan letkuissa on joko yksi tai useampi vahvikekerros, joka on materiaaliltaan joko tekstiili- tai metallikudosta. (Kauranne, H. ym. 2008.)

2.2.3 Venttiilit

Venttiileitä käytetään hydraulikassa paineen ja tilavuusvirran säätöön ja ohjaukseen. Paineen säätö vaikuttaa toimilaitteen voimaan ja tilavuusvirran säätö toimilaitteen nopeuteen sekä toimintasuuntaan. Eri käyttötarkoitusten perusteella venttiilit jaetaan paine-, virta-, suunta- ja erikoisventtiileihin. Venttiilin toiminnan määräävän sulkukappaleen, karan, rakenteen perusteella venttiilit voidaan jakaa istukkarakenteisiin ja luistirakenteisiin venttiileihin.

Istukkarakenteisissa sulkukappaleen avulla joko erotetaan tai yhdistetään kaksi virtauskanavaa. Venttiilin sulkukappaleena voi olla lautanen, kuula tai kartio. Rakenteen etuna on vuodottomuus suljetussa asennossa ja haittana painetasapainon puuttuminen karan liikesuunnassa.

Luistirakenteisen venttiilin sulkukappale voi olla tyypiltään kiertoluisti, tasoluisti tai sylinterimäinen luisti. Näistä yleisin on aksiaalisuunnassa liikkuva sylinterimäinen luisti. Luistiventtiileillä voidaan yhden luistin avulla toteuttaa useita samanaikaisia kytkentöjä eri virtauskanavien välillä. Luistiventtiilit ovat yleensä hydraulisesti tasapainotettuja eli niiden karan vastakkaisiin päätypintoihin vaikuttavat painevoimat ovat yhtä suuria, jolloin ne kumoavat toisensa ja karan siirtoon tarvittavat ohjausvoimat ovat pienempiä kuin istukkaventtiileissä. Luistirakenteen haittana on sen vuodollisuus. Karan liikkumisen mahdollistamiseksi on karan ja venttiilirungon välissä oltava tietty välys, jonka suuruus on valmistuskustannusten, likaherkkyuden, ja tiivistyksen välinen kompromissi. (Kauranne, H. ym. 2008.)

2.2.4 Nesteet

Hydraulijärjestelmässä nesteen pääasiallinen tehtävä on välittää teho pumpulta toimilaitteille. Lisäksi neste jäädyttää ja voitelee hydraulijärjestelmää samalla kun se estää järjestelmän komponentteja ruostumasta. Nesteen virratessa se kuljettaa järjestelmässä olevat epäpuhtaudet suodattimiin ja poistaa lämpöä toimilaitteilta. Koska järjestelmän hyötysuhteen tulisi olla paras mahdollinen, on nesteen viskositeetin oltava hyötysuhteen kannalta optimaalinen. Kaikkien hydraulinesteiden tulee sopia yhteen tiivistäaineiden kanssa, jotta järjestelmän tiiviys säilyisi mahdollisimman pitkään.

Eri kohteissa käytettävät hydraulinesteet ovat ominaisuuksiltaan erilaisia. Mikäli järjestelmää käytetään vain ulkona, ovat sen vaatimukset toiset kuin pelkästään sisäkäytössä olevilla hydraulijärjestelmillä. Erilaisten käyttöolosuhteiden vuoksi on kehitetty erilaisia nesteitä, joiden kemialliset ominaisuudet vastaavat kussakin paikassa vallitsevia olosuhteita.

Hydraulinesteet jaetaan seuraaviin ryhmiin:

- mineraaliöljyt
- kasviöljyt
- vesi

- emulsiot
- synteettiset nesteet

Pääosa hydraulikassa käytettävistä nesteistä on mineraaliöljyjä. Ne ovat raakaöljypohjaisia öljyjä, joiden kemiallinen rakenne ja jalostusaste vaihtelee. Mineraaliöljyjen ominaisuudet riittävät sellaisenaan useassa käyttökohteessa varsinkin lisäaineiden avulla. (Kauranne, H. ym. 2008.)

Kasviöljyt ovat voiteluominaisuuksiltaan mineraaliöljyjen luokkaa. Niillä on korkea viskositeetti-indeksi eikä niiden viskositeetti ole yhtä paljon riippuvainen paineesta ja lämpötilasta kuin mineraaliöljyjen. Kasviöljyjä täytyy myös lisäaineistaa runsaasti ominaisuuksien parantamiseksi, joka toisaalta myös heikentää öljyn etuja, mutta lisäaineita tarvitaan kuitenkin huomattavasti vähemmän kuin mineraaliöljyissä. Kasviöljypersutaisten hydraulioöljyjen haittoina ovat olleet niiden huonot kylmäominaisuudet ja mineraaliöljyä lyhyempi käyttöikä. (Kauranne, H. ym. 2008.)

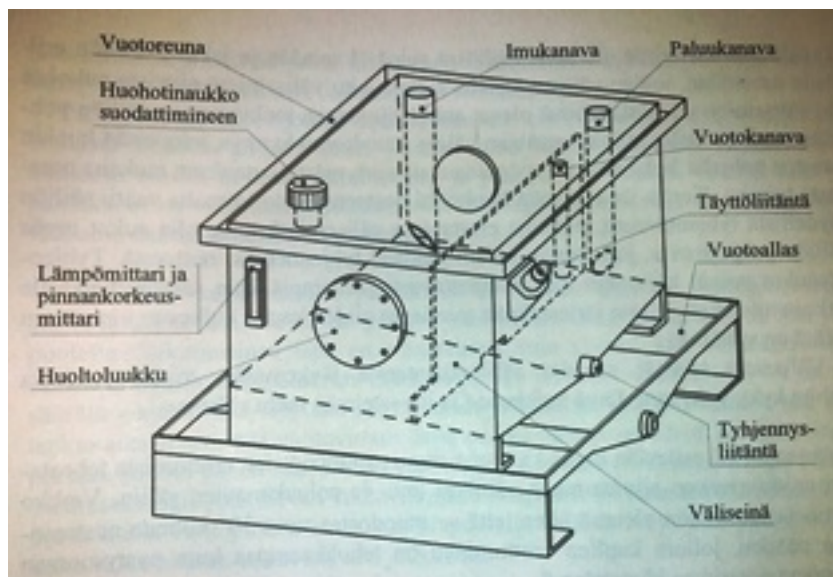
Vesi ilman lisäaineita on yksinkertainen ja halvin hydraulineste. Se ei pala, ei likaa eikä sen viskositeetti muutu olennaisesti lämpötilan noustessa. Vesi kuitenkin ruostuttaa ja hapettaa metalleja ja jäätyy kylmässä. (Kauranne, H. ym. 2008.)

2.2.5 Säiliöt

Hydraulinestesäiliön päätehtävänä on toimia nestevarastona, minkä lisäksi se toimii lämmönsiirtimenä, nesteen epäpuhtauksien erottimena ja järjestelmän komponenttien asennusalustana. Säiliö toimii siis nestevarastona, josta voidaan ottaa sekä toimilaitteiden tarvitsema hetkellinen tilavuusvirta että vuotojen kompensointiin tarvittava nestemäärä. Se jäädyttää työkierrossa lämmennyt öljyä ja toimii esimerkiksi suodattimien ja hydraulipumppujen asennusalustana.

Jotta säiliö suoriutuisi edellämainituista tehtävistään mahdollisimman hyvin, siihen asennetaan erilaisia säiliön toimintaa tehostavia lisävarusteita, kuten väliseiniä ja

erottajaverkkoja. Lisäksi säiliöön sijoitetaan tavallisesti myös nesteen ja järjestelmän tilaa valvovia sekä niiden kunnosta huolehtivia laitteita.



Kuva 2. Esimerkki hydraulinesesäiliön varusteista. (Kauranne, H. ym. 2008.)

Väliseiniä tehtävänä on ohjata säiliössä kulkevaa virtausta siten, että neste kiertää säiliön kaikissa osissa ja saa aikaan säiliöön palaavan nesteen ja säiliössä olevan nesteen sekoittumisen. Tämä edistää palaavaa nestettä tulemasta välittömästi pumpatuksi takaisin järjestelmään. Saavutettu virtausnopeuden hidastuminen ja nesteen säiliössä viettämisen ajan pidentyminen parantaa epäpuhtauksien erottamista nesteestä. Väiseiniä koko, muoto, määrä ja sijainti säiliössä riippuvat muun muassa säiliövirtauksen suuruudesta ja imu- sekä paluukanavien sijainnista. (Kauranne, H. ym. 2008.)

3 KANSIHYDRAULIIKKA KAAPELIVENEELLÄ

3.1 Hydraulipumppu

Parker on Yhdysvaltalainen yritys, joka on tuottanut teollisuuden innovaatioita hydrauliiikan-, pneumatiikan- ja automaatiotekniikan ydinalueilta jo vuodesta 1819.

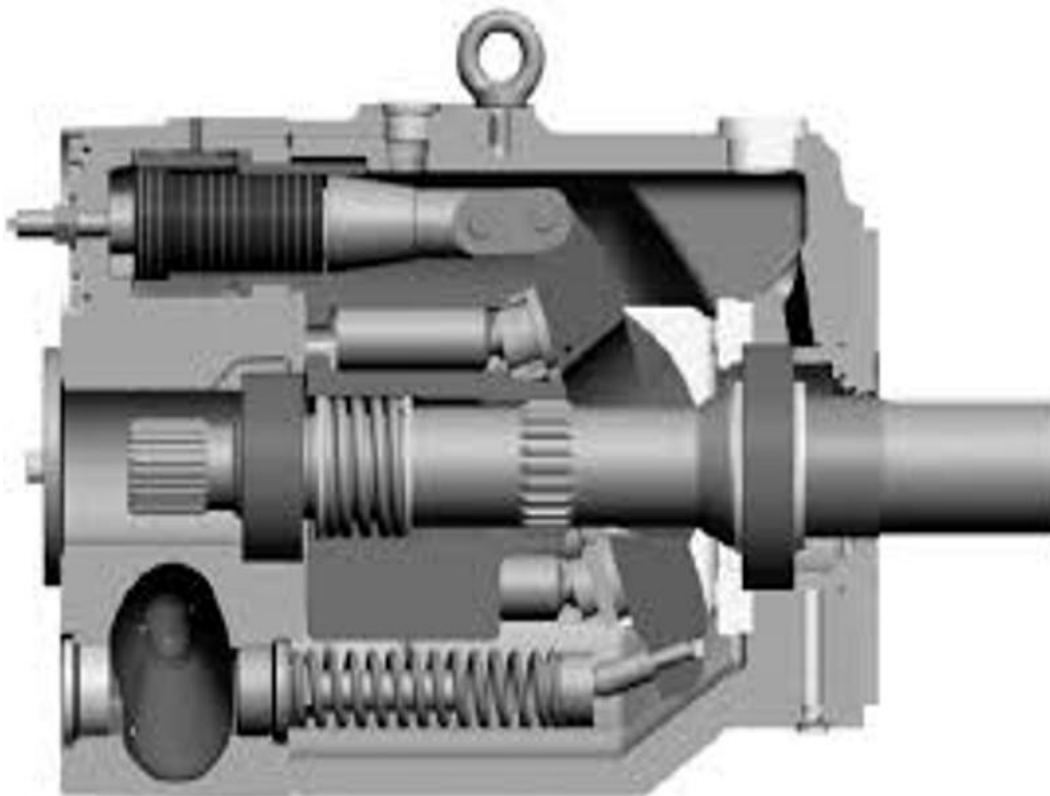
Se toimii tänä päivänä 55 eri maassa, kattaen laajan palvelun ja jakeluverkoston myös Euroopassa ja Suomessa. Kaapeliveneen kansihydrauliikan sydämenä toimii toiselta pääkoneelta voimansa ottava Parker PV140L aksiaalimäntäpumppu. Se luo järjestelmään 300 barin paineen tilavuusvirran ollessa 105 l/min.



Kuva 3. Kaapeliveneen kansihydrauliikan pumppu ottaa voimansa SB-pääkoneen vapaasta päästä. (Juho Tikka 2015)

Taulukko 1. Parker PV 140L technical data:

Max. Displacement	140cm ³ /rev.
Output flow at 1500rpm	210l/min
Nominal pressure p _N	350bar
Max. Pressure p _{max} (Maximum 20% of the working cycle)	420bar
Max. Case drain pressure	2bar
Min. Inlet pressure	0,8bar
Max. Inlet pressure	16bar
Input power at 1500rpm and 350bar	136kW
Moment of inertia	0,030 kgm ²
Weight	90kg



Kuva 4. Lämpileikkaus Parker PV aksiaalimäntäpumpusta. (parker.com)

3.2 Kapstaanit

Aluksen molemmilta sivuilta löytyvät Muir VC 4000 Vertical capstan -malliset kapstaanit. MUIR on australialainen yritys, joka valmistaa ankkuripelejä sekä vinttureita vaativiin merenkulun olosuhteisiin. Yritys on perustettu vuonna 1968, ja sen valikoima ankkurointi- ja laiturointijärjestelmissä on nykypäivänä laajin maailmassa. Kaapeliveneillä kapstaanit ovat kaapelitöissä aktiivisessa käytössä, myös sukeltajat käyttävät kapstaaneja hyödykseen. Aluksen tehokkaasta propulsiosta johtuen kapstaaneja ei juurikaan käytetä laiturimanoveerauksissa. (muir.com.au.)



Kuva 5. Kapstaanit ovat kiinnitettyinä partaisiin molemmilla puolin alusta. (Juho Tikka 2015)

Tekniset tiedot:

Maksimi nopeus:	95 rpm
Minimi nopeus:	10 rpm
Vääntömomentti:	3.3 Nm
Tilavuusvirta:	40-60 l/min
Käyttöpaine max.	120bar
Käyttölämpötila:	-30 – 90 celsius

3.3 Keulaohjauspotkuri



Kuva 6. SP 300 HYD (<http://www.amisales.com.au/285kg-thruster-14cm3-300mm-p-1733.html>)

Kaapeliveneen keulapotkuri on norjalaisen Sleipner Motor AS:n valmistama. Sleipner Motor AS on vuodesta 1908 valmistanut veneluokan aluksiin asennettavia keula- ja peräohjauspotkureita. Kaapeliveneeseen asennettu malli on SP 300 HYD. Se on propulsioltaan 2-potkurinen. Potkurit pyörivät eri suuntiin toisiinsa nähden ja tuottavat näin työntövoiman samaan suuntaan. Moottorin kannatin on valmistettu meriveden kestävästä alumiinistä, ja moottorin runko pronssista. Potkurin lavat ovat lasikuidulla suojattua komposiittia. Järjestelmän korroosion suojaus on toteutettu sinkkianodein.

Tekniset tiedot:

Kevyt työntövoima	300 kg
Raskas työntövoima	270 kg
Potkurin halkaisija	300 mm
Tyypillinen vene koko	17-31 m
Hydraulinen teho	23 kw
Potkurin tuotto	18.4 kw
Käyttöpaine max.	213 bar
Paino	19.5 kg



Kuva 7. Keulapotkuritunneli ja potkurin kannatinosa. (Juho Tikka 2015)

Kaapeliveneellä keulaohjauspotkuri on lähes jatkuvassa aktiivisessa käytössä kaapelitöiden aikana. DP-järjestelmä vaatii keulaohjauspotkurilta nopeita ja voimakkaita suunnan muutoksia.

3.4 Kansinosturi

Kaapeliveneen kansinosturi on itävaltalaisen Palfinger AG:n valmistama PK 4501 M merinosturi. Palfinger on perustettu vuonna 1932 pienten ajoneuvojen sekä perävaunujen korjausliikkeeksi. Yrityksen perustaja Richard Palfinger alkoi kehittää maatalouskoneita ja nimesi yrityksensä nimellä PALFINGER. Palfingerin ensimmäinen nosturi tuotiin markkinoille vuonna 1959. Perustajan poika Hubert Palfingerin erikoistuttua hydraulisiin nostolaitteisiin, ensimmäinen sarjatuotannolla toteutettu hydraulinen nosturi valmistui vuonna 1963. Vuonna 2000 PALFINGER Marine muutettiin yhtiökauppojen myötä Crane Power GmbH:ksi. Tämä yhtiö on täydellisesti keskittynyt merinostureihin, jotka vaativat erityistä tietotaitoa

korroosion ja vaativien olosuhteiden asettamien ehtojen suhteen. (Ketola, Jouko. 2003. Opinnäytetyö.)



Kuva 8. Palfinger PK 4501 M. (Juho Tikka 2015)

Kaapeliveneellä nosturia käytetään taakan kannatteluun sekä kaapelin nostamiseen/irroittamiseen pohjasta. Kaapeliveneen työtehtäviin liittyy vahvasti myös rantatyöt, joissa perusnostot ovat 1000kg suursäkit.

Palfinger PK 4501 M tekniset tiedot:

Ulottuvuus	3.4-11 m
Nostokapasiteetti	1175-225 kg
Nostomomentti	4.1-2.5 mt (tonnimetri)
Työpaine	300 bar
Paino	760 kg

3.5 Ankkuripelit

Kaapeliveneillä ankkurit sijaitsevat SB-puolella keulassa ja perässä. Ankkureita ei käytetä kovinkaan aktiivisesti, lähinnä yöpymisen aikana mikäli laituripaikkaa ei ole lähettyvillä. Keulassa ankkuripelinä toimii Muir HR 3500 Jaguar ja perässä Muir HR 2500 Cheetah.



Kuva 9. Keulassa ankkuripelinä Muir HR 3500 Jaguar. (Juho Tikka 2015)

Muir HR 3500 tekniset tiedot:

Käyttöpaine max.	100 bar
Tilavuusvirta	28 l/min
Kuormitus max.	1590 kg
Työkuormitus	400 kg
Ketjun nostonopeus	15 m/min
Ketjun koko	8, 10, 13 mm
Paino	57 kg



Kuva 10. Perässä ankkuripelinä Muir HR 2500 Cheetah. (Juho Tikka 2015)

Muir HR 2500 Cheetah tekniset tiedot:

Käyttöpaine max.	100 bar
Tilavuusvirta	20 l/min
Kuormitus max.	1136 kg
Työkuormitus	284 kg
Ketjun nostonopeus	15 m/min
Ketjun koko	8, 10, 13 mm
Paino	35 kg

3.6 Kaapelikissa

Kaapeliveneen hydraulinen kaapelin käsittely/kuljetinlaite on nimeltään kaapelikissa. Kaapelikissalla ei siis nosteta kaapelia merestä, vaan johdetaan nostettu kaapeli käsiteltäväksi, tai mereen laskettava kaapeli veteen. Kaapeliveneellä kaapelikissa on kiinnitettynä vasempaan partaaseen. Kaapelikissan on valmistanut suomussalmelainen Sumetek oy. Sumetek on vuonna 1993 perustettu sopimusvalmistuskonepaja, jonka omiin tuotteisiin kuuluu muun muassa kaapelinkäsittelylaitteet.



Kuva 11. Kaapelikissa sijaitsee kaapeliveneen vasemmassa partaassa. (Juho Tikka 2015)

3.7 Kansihydrauliikan jäähdytys

Kaapeliveneen kansihydrauliikka on kovalla rasituksella kaapelitöiden aikana. Samanaikaisesti toimivat seuraavat laitteet: kapstaani, kansinosturi, kaapelikissa sekä keulapotkuri. Suurimman tilavuusvirran ja käyttöpaineen vaatii keulapotkuri, joka on myös pisimminän siirtolinjan päässä. Järjestelmässä öljy lämpiää huomattavasti. Tilannetta ei helpota myöskään se, että hydrauliöljysäiliö sijaitsee varsin lämpimässä konehuoneessa. Jäähdytys on toteutettu putkilämmönvaihtimella, jossa 24 voltin jännitteellä toimiva sähkömoottori+öljypumppu kierrättää öljyä termostaattiohjauksella. Termostaatti ohjaa hydrauliöljyn kierrosta takaisin säiliöön alle 45°C asteessa tai jäähdytyksen kautta yli 45°C asteessa. Lämmönvaihdin on merivesijäähdytteinen. Lämmönvaihdin saa jäähdytysvetensä pääkoneen merivesikierron haaroituksesta ennen SB-pääkoneen öljynlauhdutinta. Merivesi palaa lämmönvaihtimelta pakoputken kautta takaisin mereen, toimien samalla pakokaasujen jäähdyttäjänä.



Kuva 12. Kansihydrauliikan lämmönvaihdin ja vahatermostaatti. (Juho Tikka 2015)

3.8 Hydraulioöljysäiliö



Kuva 13. Kansihydrauliikan hydraulioöljysäiliö. (Juho Tikka 2015)

Kaapeliveneen hydraulioöljysäiliö sijaitsee konehuoneen SB-sivulla pääkoneen vieressä. Koska konehuoneen lämpötila on korkea, ei kaapeliveneen hydraulioöljysäiliöllä ole passiivista jäähdytyskykyä käytännössä lainkaan. Säiliön koko noudattaa hydrauliikan perusteista tuttua kaavaa: 1-2 kertaa pumpun

tuotto(l/min) = säiliön tilavuus. Kansihydrauliikan pumpun tuotto on 105 l/min ja säiliön koko 225l.

4 SÄHKÖVERKKO KAAPELIVENEELLÄ

4.1 Sähkön tuotanto

Kaapeliveneen sähkön tuotto toteutetaan Masen valmistamalla IS 30T dieselgeneraattorilla. Mase on italialainen generaattori valmistaja, joka toi ensimmäisen laivakäyttöön tarkoitetun generaattorinsa markkinoille 1980-luvun alussa. Nykypäivänä yhtiö tuottaa myös ajoneuvo-, teollisuus-, ja hitsausgeneraattoreita, sekä tarjoaa maailman laajuisen myynti- ja huoltoverkoston.

Kaapeliveneen Mase IS 30 T apukonejärjestelmä koostuu Yanmar 4TNV98 nelitahtisesta dieselmoottorista sekä 50hz/400V nelinapaisesta vaihtovirtageneraattorista. Järjestelmä on merivesijäähdytteinen; erillisen merivesikaivon kautta järjestelmän jäähdyttää oma pumppu ja lämmönvaihdin, jotka ovat integroituna pakettiin. Tämä kombinaatio on suljettu äänieristettyyn laatikkoon, joka suojaa laitteistoa hyvin myös ulkoisilta epäpuhtauksilta.



Kuva 14. Apukone Yanmar 4TNV98-GGE+Mase IS 30 generaattori. (Juho Tikka 2015)

Tekniset tiedot:

Taulukko 3. Apukone Yanmar 4TNV 98.

Moottorityyppi	Diesel 4 tahti
Sylinteriluku	4 kpl
Sylinterin halkaisija	98 mm
Iskunpituus	110 mm
Teho	47 hp
Kierrosluku	1500 rpm
Polttoainejärjestelmä	Suoraruiskutus
Jäähdytys	Merivesi/lämmönvaihdin

Taulukko 4. Vaihtovirtageneraattori.

Tyyppi	Synkronoitu 4 napainen
Jännite	400 V
Taajuus	50 Hz
Teho max.	24.8-31 kw
Jatkuva teho	22.4-28 kw
Eristysluokka	H
Jännitteen stabiilisuus	+/- 2%
Taajuuden stabiilisuus	+/- 5%

Jäähdytys	Merivesi/lämmönvaihdin
-----------	------------------------

4.2 Kuluttajat

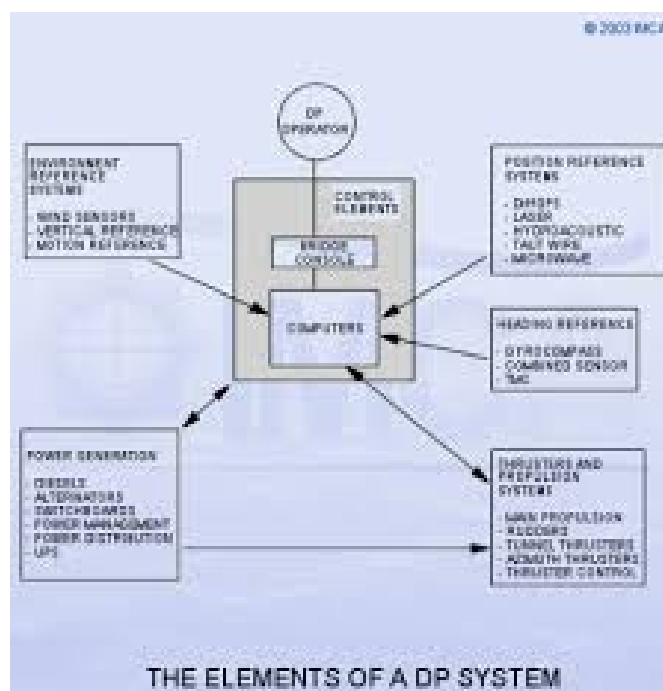
Taulukko 5. Kaapeliveneen sähkölaitteet ja kuormitustehot.

Laite	kpl	Teho kw	Käytössä kw	Kuorm. kerroin	Merellä kw	Maista kw
Akkuvaraaja kulutusakut	1	2,4	2,4	0,5	1,2	1,2
Akkuvaraaja käynnistysakut	1	0,6	0,6	0,5	0,3	0,3
Akkuvaraaja radioakut	1	0,14	0,14	0,5	0,07	0,07
Akkuvaraaja merenk.akut	1	1,2	1,2	0,5	0,6	0,6
Akkuvaraaja gener.akut	1	0,12	0,12	0,5	0,06	0,06
Liesituuletin	1	0,1	0,1	0,5	0,05	
Kahvinkeitin	1	0,6	0,6	0,5	0,3	
Mikroaaltouuni	1	0,8	0,8	0,5	0,4	
Jääkaappi	1	0,13	0,13	0,5	0,07	0,07
Lämmitys konehuone	2	0,8	1,6	0,5	0,8	0,8
Lämmitys laitehuone	2	0,8	1,6	0,5	0,8	0,8
Lämmitys ohjaamo	2	0,4	0,8	0,5	0,4	0,4
Lämminvesivaraaja	1	0,75	0,75	0,5	0,38	0,38
Lämmitettävät ohjaamon lasit	1	2,2	2,2	0,5	1,1	
Laitehuoneen tuuletin	1	0,1	0,1	0,5	0,05	
Kanavapuhaltimet	1	0,1	0,1	0,5	0,01	
Pääkoneen seisontalämmitin	2	0,5	1	0,5	0,5	0,5
Tankkien tyhjennyspumppu	1	0,25	0,25	0,5	0,13	
Tv/dvd	1	0,1	0,1	0,5	0,05	
Lämmitys varastot	2	0,4	0,8	0,5	0,4	
Kansivalot	8	0,2	1,6	0,5	0,8	
Valaistus konetilat	6	0,02	0,11	0,5	0,05	
Valaistus konetilat	8	0,01	0,08	0,5	0,04	
Valaistus ohjaamo+wc	9	0,01	0,1	0,5	0,06	
Makeavesipumppu	1	0,6	0,6	0,5	0,3	
WC lattialämmitys	1	0,1	0,1	0,5	0,05	
Työpöydän kohdeimuri	1	0,25	0,25	0,5	0,13	
Laiteräkit	3	0,3	0,9	0,5	0,45	
Ilmastointi climma	1	0,25	0,25	0,5	0,13	
Ohjaamon lämmitys climma	1	2	2	0,5	1	

KULUTTAJAT 400v AC						
Palopumppu	1	5,5	5,5	2,75		
Ruuman lämpöpuhallin	1	3	3	0,5	1,5	
SAMANAIKAISUUSKERROIN				0,8	0,8	
YHTEENSÄ			33,9	13,5	5,4	

4.3 Dynamic Positioning-Dynaaminen paikannus(DP)

Dynaamisella paikannuksella tarkoitetaan aluksen kykyä eliminoida ulkoisten voimien vaikutukset aluksen liikkeisiin ja näin ollen säilyttää paikkansa sekä keulasuuntansa aktiivisen propulsioon avulla. DP-järjestelmä ei ole mikään yksittäinen aluksella oleva laite vaan se kattaa suuren määrään laitteita ja järjestelmiä, joiden yhteistoiminnalla saavutetaan korkea paikallapitotarkkuus. Järjestelmän ytimenä on tietokone, joka kerää tietoa useasta paikka- ja mittatietoa antavasta järjestelmästä verraten arvoja operaattorin määrittämiin asetusarvoihin. Määritetyn ja saadun arvon poikkeamaan järjestelmä reagoi aktiivisen propulsioon avulla. (Palola, Juha, Dynaamisen paikannuksen periaate 2011.)



Kuva 15. DP järjestelmän elementit. (imca 2003)

Kaapeliveneellä dynaamisen paikannuksen järjestelmää käytetään kaapelin nosto-, lasku- ja liitostöissä sekä sukeltajien työskennellessä vedessä. Kaikki nämä vaativat veneeltä tarkkaa paikallapitokykyä tai suunta-ajoa. DP käyttää aluksen propulsiojärjestelmää aktiivisesti, joten myös keulaohjauspotkuri käy kaapelitöissä lähes jatkuvasti.

5 TUTKIMUSTULOKSET JA MUUTOSEHDOTUKSET

5.1 Hydraulioöljyn jäädytys

Kaapeliveneen hydraulioöljyn jäädytys oli alunperin toteutettu 1kw/24V sähkömoottoripumpulla ja putkilämmönvaihtimella. Ongelmana tässä järjestelmässä on sähkömoottorin sekä sen käynnistimen kestäminen. Käynnistin vaatii niin kovia hetkellisiä virtoja, ettei se ammattikäytössä yksinkertaisesti kestänyt. Myös kokonaisia moottoreita on jouduttu vaihtamaan.



Kuva 16. Creusen Roermond sähkömoottori ja vanha hydraulipumppu irroitettuna kaapeliveneeltä Millog Oy:n verstaalla Turussa. (Juho Tikka 2015)

Millog Oy:n toimesta sähkökäyttöinen järjestelmä korvattiin täysin hydrauliseksi. Kansihydrauliikkaa pyörittävän Parker PV 140 L pumpun jatkeeksi asennettiin pieni Parkerin hydraulipumppu.

5.2 Nosturin uusiminen



Kaapelivene 17. K 411 Upinniemessä lokakuussa 2015. (kuvannut Rami Erholm)

Nykyisessä kaapeliveneen nosturissa ongelmana on minimaalinen nostokyky aluksen vasemmalta sivulta. Nykyisen nosturin puomin pituus riittää varsin heikosti laiturille aluksen ollessa kiinnitettynä vasen sivu laituriin. Heikosti laidan yli ulottuva puomi vaikeuttaa myös merkittävästi kaapelitöitä, mikäli kaapelia ollaan nostamassa vasemmasta sivusta. Kaapelikissa sijaitsee aluksen vasemmassa partaassa.

Aluksen nykyisen henkilöstön, edellisen konepäällikön sekä merivoimien tietotekniikkakeskuksen henkilöstön laatima lista uuden nosturin vaatimuksista:

- Ulottuvampi puomi + 1-2 metriä
- Suurempi nostokyky, +1000kg myös vasemmalta sivulta
- Kaukohallintalaite
- Merinosturi

5.2.1 Vaikutukset aluksen vakavuuteen

Uudelta nosturilta vaaditaan suurempaa nostokykyä ja pidempää puomia. Tämä tarkoittaa lähes poikkeuksetta myös sitä, että nosturin oma paino nousee, joka vaikuttaa aluksen vakavuuteen. Aluksen vakavuuteen ja uppoamattomuuteen liittyviä laskelmia pystytään laskemaan NAPA-ohjelmistolla. Kaapeliveneen nosturimuutoksiin liittyvät staattiset vakavuuslaskelmat tehtiin mahdollisimman epäedullisessa tilassa, eli alus täydessä lastissa ja jääkuormassa, sekä uuden nosturin mahdollisen painon lisäyksen johdosta 500 kg lisättyä massaa nosturin kohdalle. Lisäpainoksi valittiin 500 kg potentiaalisia 7-8 tm (tonnimetri) nosturimalleja tutkimalla. Laskelmista selviää, että alus on valmiiksi kallellaan 1.5 astetta vasemmalle. Painon lisäys aluksen oikealla sivulla sijaitsevalle nosturille parantaa aluksen sivuttaista vakavuutta vaikuttamatta viippaukseen. Nollataso sivuttaisessa vakavuudessa (kallistuma) saavutettaisiin lisäämällä lähes 1.5t painoa aluksen oikealle sivulle. Alla olevassa kuvassa on esitetty nosturin uusimisesta tulevia vaikutuksia aluksen vakavuuteen. Alku- ja lopputilannetta vertailemalla nähdään etteivät vakavuuden kannalta merkittävät tekijät (vaihtokeskuskorkeus, viippaus, painopisteen korkeus, kallistuma, syväys) muutu epäedullisempaan suuntaan. Voidaan siis todeta, että painavampi nosturi parantaisi aluksen vakavuutta.

	Alkutilanne			Lopputilanne		
Uppouma [ton]	D1	44.13		D2 = D1 + muutos nosturin painossa	44.63	
Keskisyväys [t]	T1	0.83		T2	0.83	
Pitkittäinen painopiste [m]	CGX1	7.88		CGX2 = XMOM2 / D2	7.94	
Poikittainen painopiste [m]	CGY1	0.06 (PS +)		CGY2 = (TCGY1 * D1 + YMOM) / D2	0.04	
Painopisteen korkeus [m]	CGZ1 = KG	1.78		CGZ2 = (D1 * CGZ1 + ZMOM) / D2	1.79	
Vaihtok. korkeus kölistä [m]	KM1	4.07		KM2	4.07	
Vaihtokeskuskorkeus [m]	GM1	2.28		GM2 = KM2 - CGZ2	2.28	
Uppouman pitk. painop. [m]	LCB1	7.90 T = 0.84 TR = 0.2		LCB2	7.90	
1 cm trimmiin tarvittava momentti [tm/cm]	MCT1	0.90 T = 0.84		MCT2	0.90	
Aluksen massan momentti [tonm]	XMOM1 = D1 * LCG1	347.74		XMOM2 = XMOM1 + XMOM	354.39	
Viippaava momentti [tonm]	TRM1 = D1 * (LCG1 - LCB1)	-0.88		TRM2 = (CGX2 - LCB2) * D2	1.82	
Viippaus [cm]	TR1	0.198		TR2 = TRM2 / MCT2	0.198	
Kallistuma [ast.]	HEEL1	1.50 (PS +)		HEEL2 = arcsin (CGY2 / GM2)	0.98	
Vak. laajuus [ast.]		66		Vak. laajuus [ast.]		
Nämä arvot hydrostaattisista taulukoista, lähtö- tai lopputilannetta vastaavasta kohdasta						
Jos muutosta painossa +/- 0.5 ton, voidaan käyttää samoja arvoja kuin alkutilanteessa.						
muutos nosturin painossa		0.5 ton				
nosturin painopiste	CGX	13.3 m	#19			
	CGY	-1.8 m	SB			
	CGZ	2.7 m	BL:sta			

Kuva 18. NAPA-mallinne jossa alus täydessä lastissa ja jääkuormassa. Muutos nosturin painoon +500 kg.

Uppouma [ton]	D1	34,40				D2 = D1 + muutos nosturin painossa	34,90
Keskisyväys [t]	T1	0,68				T2	0,68
Pitkittäinen painopiste [m]	CGX1	7,14				CGX2 = XMOM2 / D2	7,23
Poikittäinen painopiste [m]	CGY1	0,06 (PS +)				CGY2 = (TCGY1 * D1 + YMOM) / D2	0,03
Painopisteen korkeus [m]	CGZ1 = KG	1,67				CGZ2 = (D1 * CGZ1 + ZMOM) / D2	1,68
Vaihtok. korkeus kölistä [m]	KM1	4,70				KM2	4,7
Vaihtokeskuskorkeus [m]	GM1	3,02				GM2 = KM2 - CGZ2	3,02
Uppouman pitk. painop. [m]	LCB1	7,20 T = 0,68, TR = -0,1				LCB2	7,20
1 cm trimmiin tarvittava momentti [tm/cm]	MCT1	9,81 T = 0,68				MCT2	9,81
Aluksen massan momentti [tonm]	XMOM1 = D1 * LCG1	245,62				XMOM2 = XMOM1 + YMOM	252,27
Viippaava momentti [tonm]	TRM1 = D1 * (LCG1 - LCB1)	-2,06				TRM2 = (CGX2 - LCB2) * D2	0,99
Viippaus [cm]	TR1	-0,149				TR2	-0,149
Kallistuma [ast.]	HEEL1	1,10 (PS +)				HEEL2 = arcsin (CGY2 / GM2)	0,63
Vak. laajuus [ast.]						Vak. laajuus [ast.]	
Nämä arvot hydrostaattisista laskuista. Lähtö- tai lopputilannetta vastaavasta kohdasta.							
Jos muutosta painossa +/- 0,8 ton, voidaan käyttää samoja arvoja kuin alkutilanteessa.							
muutos nosturin painossa		0,5 ton					
nosturin painopiste							
	CGX	13,3 m	#19				
	CGY	-1,8 m	SB				
	CGZ	2,2 m	BL.sta				

Kuva 19. NAPA-mallinne jossa alus 70% tankkitäytöllä ilman kansilastia ja jääkuormaa. Muutos nosturin painossa +500kg.

Laskelma tehtiin myös 70% tankkitäytöllä ilman kansilastia ja jääkuormaa. Tästä saatiin niin sanotusti normaaliolojen tilanne uuden nosturin lisäpainosta aiheutuviin muutoksiin aluksen vakavuudessa.

5.2.2 Nosturivaihtoehdot

Uusia nosturimalleja esiteltäessä rajaus tehdään kahteen perinteikkääseen nosturitoimittajaan. Puolustusvoimien hankinnoissa kilpailutetaan hankinnassa olevaa tuotetta usean toimittajan kesken, mikäli hankintahinta ylittää tietyn rajan. Merivoimissa hankinnat toteutetaan pääsääntöisesti alusluokkakohtaisesti, jotta alusluokan jokainen alus toimisi kuten sisaraluksensa. Tämän opinnäytetyön tapauksessa hankinnat suuntautuvat siis kahdelle alukselle, joten kilpailutuskyngys ylittyi selkeästi. Edellä mainituista syistä en näe tarpeelliseksi vertailla useampia nosturimalleja, vaikka niitä löytyisi varmasti jopa kymmeniä.

Vaihtoehto A.

Palfinger Pk 8501 M. Palfingerin merinosturivalikoimasta löytyy melko tarkkaan sellainen nosturi, jota kaapeliveneen käyttäjät kriteereissään määrittivät. Puomin pituus kasvaisi tavoitellulla 1-2 metrillä ja nostokyky riittäisi myös aluksen

vasemmalta sivulta yli 1000 kg asti. Vertailussa kiinnitin huomiota myös jalustan halkaisijaan, joka kaapeliveneen nykyisessä nosturissa on 450 mm. PK 8501 M kuuluu jalustaltaan samaan luokkaan. Näin ollen välttyttäisiin ylimääräiseltä jalustan muokkaustyöltä.



Kuva 20. Palfinger PK 8501 M. (<http://www.nauticexpo.com/prod/palfinger-marine->)

Palfinger PK 8501 M tekniset tiedot:

Ulottuvuus:	3.5-13.8 m
Nostokapasiteetti:	2075-320 kg
Nostomomentti:	7.1-3.6 tm (tonnimetri)
Työpaine:	310 bar
Paino:	1230 kg

Vaihtoehto B.

Toisena vaihtoehtona esittelen Hiabin valmistaman Sea Crane 081-3:n. Merkinä Hiab valikoitui aiemman työkokemuksen perusteella. Hiab on vuonna 1944 Ruotsissa perustettu yritys. Eric Sundin valmisti alunperin suksia, mutta oivalsi hydraulikan mahdollisuudet ja perusti liikekumppaninsa Einar Friskin kanssa yrityksen jonka nimeksi tuli Hydrauliska Industri AB (HIAB). Keskeisenä ideana oli saada kuorma-auton moottorin teho siirrettyä hydrauliseksi nostoliikkeeksi. Vuonna 1946 ensimmäinen nosturin prototyyppi, HIAB 19, oli valmis testeihin. Vuotta myöhemmin alkoi HIAB 190 -mallin sarjatuotanto kuorma-autojen nostureiksi. HIAB:in nosturimallistot tehdään nykyään pelkästään ajoneuvokäyttöön

tarkoitettuina. Asiakkaan halutessa malleja voidaan kuitenkin muuttaa tehtaalla meriolosuhteisiin sopiviksi. Merinosturien maalit ovat erilaisia ja maalikerroksia on enemmän, koska niiden pitää kestää suolaista merivettä. Sylinterien männät pinnoitetaan erikoiskromauksella ja liittimet tehdään haponkestävästä teräksestä korroosiokestävyyden vuoksi. (Ketola, Jouko. 2003.)



Kuva 21. Hiab SeaCrane 081-3. (<http://www.alibaba.com/showroom/hiab-sea-crane.html>)

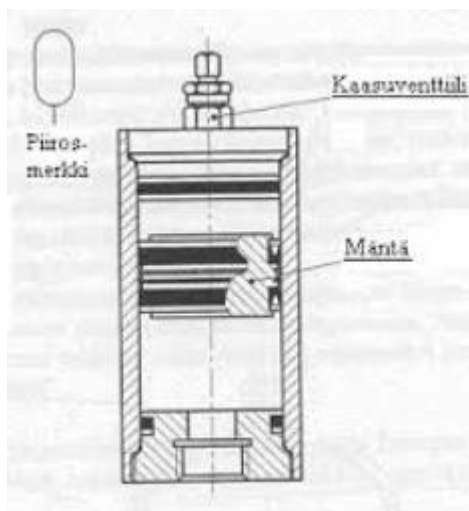
Ulottuvuus:	3.4-9.6 m
Nostokapasiteetti:	2180-700 kg
Nostomomentti:	7.4-6.65 tm
Työpaine:	250 bar
Paino:	1280 kg

5.3 Muutokset keulapotkurin toiminnassa

Tässä osiossa esitellään tutkitut vaihtoehdot keulapotkurin aiheuttamien ongelmien ratkaisemiseksi kansihydrauliikassa: ensin nykyisen järjestelmän varustaminen paineakulla ja tämän jälkeen keulapotkurin eristäminen kansihydrauliikasta. Jälkimmäisellä konstruktiolla saavutettaisiin sekä kansihydrauliikan tasainen ja

turvallinen käyttö kaikissa olosuhteissa että keulapotkurin jatkuva käyttömahdollisuus.

5.3.1 Paineakun käyttö virtapiikkien tasaajana



Kuva 22. Paineakku. (Yli-Karhu, Tuomo. Tampere. 2006. Tampereen ammattikorkeakoulu, tutkintotyö)

Paineakku on hydraulikkajärjestelmissä käytettävä komponentti, joka varastoi pumpun tuottamaa energiaa järjestelmässä. Paineakku muodostuu kaksiosaisesta säiliöstä, jossa toisella puolella on hydraulioöljy ja toisella puolella kaasua. Säiliöt on erotettu toisistaan joko kalvolla, rakolla tai kelluvalla männällä. Akkuun varastoituu energiaa, kun toisella puolella paineellinen öljy virtaa säiliön sisään ja puristaa toisella puolella olevaa kaasua kokoon. Paineakun mitoitus vaikuttaa akusta haluttava tilavuusvirta, sekä alimman ja korkeimman käyttöpaineen suhde. Akusta saatavaan nestetilavuuteen vaikuttaa akun kaasun tilavuuden muutosnopeus. Kaasun tilavuuden muutokset voivat olla isotermisiä tai adiabaattisia. Adiabaattisessa tilanmuutoksessa kaasun tilavuuden muutos tapahtuu niin nopeasti, ettei kaasun ja ympäristön lämpötilaerot ehdi tasoittua. Paineakkujen valmistajilta löytyy valintakäyrästä, joihin syötetään järjestelmän paine- ja tilavuusvirtatiedot ja näin saadaan valittua optimaalinen paineakku käyttötarkoituksen mukaan.

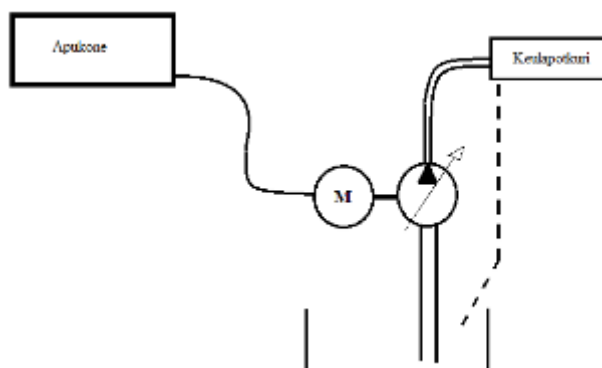
Paineakuilla on hydraulijärjestelmissä useita tehtäviä. Niitä voidaan käyttää paineen ylläpitäjinä pumpun sijasta, kun on esimerkiksi tarpeen pitää yllä painetta mutta ei

tilavuusvirtaa. Pumppu voi pyöriä vapaalla ja säästää energiaa samalla, kun paineakku ylläpitää painetta pienistä vuodoista huolimatta. Paineakkuja käytetään usein myös tilavuusvirran tuottajina. Niissä järjestelmissä joissa tarvitaan harvoin nopeita liikkeitä, jotka edellyttävät hetkellistä suurta tilavuusvirtaa, paineakku voi tällöin olla pumpun ohella apuna tuottamassa tilavuusvirtaa.

Hydraulijärjestelmissä esiintyy usein myös paineiskuja. Ne syntyvät kun virran suuntaa muutetaan tai se pysäytetään äkillisesti. Paineiskujen vaimentimena käytetään paineakkuja. (Yli-Karhu, Tuomo. Tampere. 2006. Tampereen ammattikorkeakoulu, tutkintotyö.)

Kaapeliveneen kansihydrauliikan yksi ongelmista on suuret äkilliset paine- ja tilavuusvirtapiikit. Näiden tasaukseen voidaan päästä varustamalla järjestelmä paineakulla. Virtapiikit tuottaa DP-järjestelmän vaikutuksesta keulapotkuri äkillisinä tilavuusvirta- ja painepiikkeinä. Näinä hetkinä kansihydrauliikkajärjestelmässä muiden laitteiden tilavuusvirran tarve on huomattavasti pienempi kuin pumpun tuotto. Paineakun sijainti kansihydrauliikkajärjestelmässä olisikin keulapotkurin ja kaapelikissan välissä.

5.3.2 Sähköhydraulinen keulapotkuri



Kuva 23. Yksinkertainen piirros sähköhydraulisesta keulapotkurista.

Yksi vaihtoehto erottaa kaapelin käsittelyhydrauliikka ja aluksen manoveeraushydrauliikka toisistaan on sähköhydraulinen keulapotkuri. Tässä vaihtoehdossa keulapotkuri irroitetaan nykyisestä kansihydrauliikan piiristä ja rakennetaan sille oma niin sanottu keulahydrauliikka. Muut nykyisen

kansihydrauliikan järjestelmistä jäisi ennalleen. Voimantuotto tässä konstruktiossa lähtee apukoneelta. Apukone tuottaa energian sähkömoottorille, joka on kytkettynä hydraulipumppuun. Keulapotkuri siis pysyy ennallaan, ja sille rakennetaan oma hydraulioöljysäiliö, säätötilavuuspumppu sekä sähkömoottori keularuumaan. Runkotankki toimisi joko kölijäähdytteisenä tai erillisen lämmönvaihtimen kautta jäähdytettynä. Tämän järjestelmän etuna on se, että voimansiirtolinja (sähkökaapeli) on suhteellisen helppo rakentaa konehuoneesta keularuumaan.

Sähkömoottorin mitoitus:

Lasketaan sähköhydrauliseen järjestelmään tarvittavan sähkömoottorin teho.

$$P = \frac{(P_e q_v)}{(600 h_{mek})} kW$$

missä

P_e = järjestelmän maksimipaine (bar)

q_v = teoreettinen tilavuusvirta (l/min)

h_{mek} = pumpun mekaaninen hyötysuhde (n. 0.9)

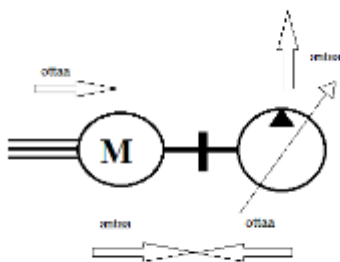
saadaan

$$P = \frac{(213 \times 49)}{(600 \times 0.9)} 19.32 kW$$

Valitaan sähkömoottorin tehoksi 20 kW.

Hydraulipumpun sähkömoottorilta ottama teho on sama, minkä sähkömoottori pystyy antamaan. Hydraulijärjestelmässä kaikki tätä tasapainoa järkyttävät muutokset ovat kiellettyjä. (AEL, hydrauliiikkakoulutus. 2014. Helsinki.)

Näin ollen valitaan myös hydraulipumpun tehoksi 20kW.



Kuva 24. Sähkömoottorin ja pumpun teho on sama. (AEL, hydraulikkakoulutus)

Apukoneen uusiminen

Mikäli uudeksi järjestelmäksi valitaan sähköhydraulinen keulapotkuri, tulee apukone uusia tehokkaampaan versioon, sillä nykyinen apukone tuottaa maksimissaan vain 28kW jatkuvaa tehoa. Nykyisen apukoneen valmistajan Mase:n mallistosta löytyy samasta generaattoriperheestä vaihtoehto kaapeliveneen uudeksi apukoneeksi: Mase Mariner 45. Tässä mallissa on John Deeren 4t dieselmoottori, joka tuottaa vaihtovirtageneraattorin avulla 45 kW:n sähkötehon. Tällä saavutetaan siis sähkömoottorin vaatima 20 kW:n lisätarve.



Kuva 25. Mase Mariner 45 T dieselgeneraattori. (www.powerequipment.com.au/wp-content/uploads/2015/01/Mariner-45T_eng.pdf)

5.3.3 Erillinen keulahydrauliikka

Kolmantena vaihtoehtona on rakentaa oma hydrauliikkajärjestelmä keulapotkurille. Myös tässä versiossa nykyinen kansihydrauliikka jäisi entiselleen, ilman keulapotkuria ja sen tuomia ongelmia, muiden kansihydraulilaitteiden käyttöön. Voiman tuotto tässä järjestelmässä tulisi vasemmalta pääkoneelta. Pumpulle on tila vasemman pääkoneen vapaassa päässä, samalla tavalla kuin nykyisen kansihydrauliikkajärjestelmän pumppu oikeassa pääkoneessa. Myös hydrauliöljysäiliölle on vapaa tila konehuoneessa. Nykyisen järjestelmän kaltaisesti uuden keulahydrauliikan öljysäiliön saisi sijoitettua seinäkiinnityksellä vasemman pääkoneen viereen. Näkemykseni perusteella järjestelmän jäähdytys kannattaa toteuttaa suoraan nykyisen järjestelmän kaltaisesti erillisellä lämmönvaihtimella ja kiertopumpulla. Tämän järjestelmän etuja ovat järjestelmän rippumattomuus sähköstä sekä nykyisestä kansihydrauliikasta. Kuten edellä on mainittu, tulisi pumpun teho olla 20 kw.

5.4 Muutosehdotukset

Kansihydrauliikassa ilmenevät paine- ja tilavuusvirtaiskut saadaan näkemykseni perusteella parhaiten kuriin rakentamalla keulapotkurille kokonaan oma hydrauliikkajärjestelmä. Paineakun käyttö varmasti lieventäisi ilmenneitä ongelmia, kuitenkin poistamatta niitä.

Sähköhydraulisen keulapotkurin rakentamisen etuna mainittiinkin jo aiemmin rakentamisen helppous kaapeloinnin takia, verrattuna hydrauliputkiston rakentamiseen. Haasteena sähköhydraulisessa järjestelmässä tulisi uuden apukoneen vaatima tila. Nykyinen apukone on sijoitettuna apulaitetilaan poikittain. Nykyisen apukoneen petiä tulisi jatkaa noin 500mm jotta uusi apukone saataisiin järkevästi sijoitettua samaan kohtaan apulaitetilaa. Pitkittäin uusi apukone ei apulaitetilaan mahtuisi. Apukoneen vierestä kulkee ainoa kulkuväylä konehuoneeseen, ja uuden apukoneen vaatima 500mm lisätila syö tästä kulkuväylästä valtavan osan, joten kulkeminen konehuoneeseen vaikeutuisi merkittävästi.



Kuva 26. Apulaitetila kuvattuna konehuoneesta. Isomman apukoneen viemä lisätila veisi merkittävän osan jo valmiiksi ahtaasta kulkuväylästä konehuoneeseen. (Juho Tikka 2016)

Edellä mainitun perusteella esitän, että kaapeliveneen uusi keulapotkurijärjestelmä on täysin hydraulinen. Järjestelmä saa voimansa aluksen vasemmasta pääkoneesta, ja 20kW:n säätötilavuuspumpun avulla toimii omana järjestelmänään erotettuna nykyisestä kansihydrauliikasta. Vasemman pääkoneen vapaasta päästä ottaa tällä hetkellä voimansa vain pilssipumppu. Pilssipumppu ei olisi uuden keulahydrauliikan pumpun tiellä, vaan pienin putkistoon tehtävin muutoksin molemmat mahtuisi hyvin kyseiseen tilaan. Huolto nykyiseen pilssipumppuun tulisi jatkossa hoitaa niin sanotusti alakautta. Putkisto on helpohkosti rakennettavissa nykyisen kansihydrauliikan putkiston tavalla keskiruoman läpi, kuitenkin niin että putkisto kulkisi aluksen oikeaa sivua kansihydrauliikkaputkiston kaltaisesti.



Kuva 27. Vasemman pääkoneen vapaasta päästä ottaa voimansa Jabscon pilssipumppu. (Juho Tikka 2016)

Uudeksi nosturiksi valitsen Palfingerin PK 8501 M merinosturin. Molemmat nivelpuominosturit täyttävät aluksen henkilökunnan uudelle nosturille asettamat kriteerit, mutta Palfingerin malli valikoitui seuraavin perustein: Puomin jatkeet ovat Palfingerin mallissa hydraulisesti liikuteltavat, kun taas Hiabin mallissa jatkopalat ovat osin mekaaniset. Palfingerin jalustan koko ja pulttijako sopii suoraan nykyisen Palfinger PK 4501 M nosturin pedille, kun taas Hiabin nosturimallille tulisi rakentaa uusi peti. Korroosion suojaus on tutkijan oman kokemuksen perusteella Palfingerin nosturimalleissa huomattavasti parempi kuin Hiabin malleissa. Molempien valmistajien nostureista on kokemus samalta itämeren alueelta samanlaisesta käytöstä, joten olosuhteet ovat tässä on samat.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyö koostui yleisestä hydrauliiikan teoriaosasta, kaapeliveneen kansihydrauliikan komponenttien esittelyosasta, sekä muutostarpeiden käsittelyosasta. Yleinen teoriaosuus toteutettiin tutkimalla alan kirjallisuutta sekä oppimateriaalia. Kansihydrauliikan esittelyssä laitteet kuvattiin ja tekniset tiedot kerättiin laitteiden manuaaleista sekä internet-lähteistä. Muutostyötä käsittelevään osaan tehtiin laaja haastattelutyö kaapeliveneellä työskennelleelle henkilöstölle, sekä kaapelitöistä vastaavan tietojärjestelmäkeskuksen henkilöstölle. Tutkimusmenetelmänä tässä opinnäytetyössä käytettiin konstruktivistista tutkimustapaa. Opinnäytetyössä ei käsitellä lainkaan muutostyöstä aiheutuvia kustannuksia. Taloudelliset seikat on jätetty pois kahdestakin syystä; 1. Puolustusvoimissa alusten käyttöhenkilökunnan tulee saattaa tieto ilmenneistä ongelmista, puutteista sekä haasteista esimiehille, jotka ratkaisevat mahdolliset hankinnat tai muutostyöt. 2. Tässä opinnäytetyössä esitetyt muutosvaihtoehdot nousevat kustannuksiltaan sellaisiin summiin, että ne ylittävät puolustusvoimissa käytössä olevan kilpailutuskynnyksen. Näin ollen päätin valita käyttäjän näkökulmasta parhaat vaihtoehdot muutostyöhön, muuttui ne kilpailutuksessa toisiin vaihtoehtoihin tai ei.

Opinnäytetyön tekeminen oli kokonaisuudessaan mielenkiintoinen ja opettavainen projekti. Uskon että tästä opinnäytetyöstä on apuvälineeksi merivoimien kaapeliveneiden kansihydrauliikkaa modernisoitaessa.

LÄHTEET

<http://www.metodix.com/>

Lukka, Kari. 2003. metodix.com.

Elo, Kari. Haastattelu 28.7.2015. Turku: Merivoimat.

Kirjonen, Mika. Haastattelu 4.8.2015. Turku: Merivoimat.

Lehtimäki, Mika. Haastattelu 5.8.2015. Turku: Merivoimat.

Karjalainen, Turo. Haastattelu 6.8.2015. Turku: Merivoimat.

Rainti, Petteri. Haastattelu 8.12.2015. Turku: Millog Oy, alustekninen osasto.

<http://www.tyovene.com/>

Ketola, Jouko. Miinalautan keulanosturin muutostyö. 2003. Kotka: Opinnäytetyö .

Kauranne, H., Kajaste, J. & Vilenius, M. 2008. Hydrauliteknikka. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit oy.

<http://www.parker.com>

Louhenperä, Helka. Haastattelu 18.11.2015. Turku: Puolustusvoimien logistiikkalaitos, järjestelmäkeskus, merijärjestelmäosasto.

<http://www.amisales.com.au/285kg-thruster-14cm3-300mm-p-1733.html>

www.muir.com.au

<http://www.nauticexpo.com/prod/palfinger-marine->

www.powerequipment.com.au/wp-content/uploads/2015/01/Mariner-45T_eng.pdf

AEL, hydraulikkakoulutus. 2013. Helsinki.

Yli-Karhu, Tuomo. 2006. Tampere. Tampereen ammattikorkeakoulu, tutkintotyö

