

Kimi Wallin

Öljypuomikelan tuotekehitys

Lamor Corporation AB

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

26.4.2013

Tekijä Otsikko	Kimi Wallin Öljypuomikelan tuotekehitys
Sivumäärä Aika	31 sivua + 5 liitettä 26.4.2013
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotesuunnittelu
Ohjaajat	Yliopettaja Jyrki Kullaa Laatupäällikkö Markus Nystedt
<p>Tämän insinööriyön tavoitteena oli Lamor Corporation AB:n öljypuomikelan kehittäminen vastaamaan ASTM -standardia WK37299. Toisena määrittäjänä oli yrityksen asettamat vaatimukset. Työssä kehitetään laitetta mahdollisimman tuotantokustannusorientoidusti.</p> <p>Laitteen rungosta tehtiin modulaarinen ratkaisu, joka on suurilta osin mahdollinen kelan keskiön johdosta. Rungon muutoksista suurimmat kohdistuivat rungon alapalkkien profiilin muutokseen koteloprofiilista i-palkkiprofiiliksi. I-palkkiprofiilin suurimpana hyötynä on avoimet pinnat, jotka mahdollistavat ympärimaalauksen.</p> <p>Laitteen moottori vaihdettiin aksiaalimäntämoottorista radiaalimäntämoottoriin, mihin on paremmat lisävarustelumahdollisuudet. Moottorivaihtoehtoina tutkittiin myös sähkö- ja pneumatiikkamoottoria. Laakeroinnissa käsiteltiin parhaan laakerin valintaa. Voimansiirtomenetelmissä tutustuttiin eri vaihtoehtoihin puomikelan voimansiirrossa ja siinä päädyttiin valitsemaan suorakytkentä.</p> <p>Lisäksi käsitellään laitteen erilaisia suoja, lisälaitteita sekä varusteita. Tärkeimpiä suojavaarusteita on mekaaninen jarru johtuen siitä, että puomikelasta tulee erittäin vaarallinen, jos sen pyörimistä ei voida hallita.</p>	
Avainsanat	puomikela, ASTM, öljyntorjunta, öljynkeräys

Author Title	Kimi Wallin Oil Boom Reel Development
Number of Pages Date	31 pages + 5 appendices 26 April 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Product Design
Instructors	Jyrki Kullaa, Principal Lecturer Markus Nystedt, Quality Manager
<p>This Bachelor's thesis was commissioned by Lamor corporation. The objective of the thesis was to develop Lamor corporation's oil boom reel to comply with ASTM-standard WK37299. Secondly, the oil boom reel was developed to comply with the corporation's requirements.</p> <p>To start with the frame of the boom reel was developed into a modular solution. It was possible mostly because of the design of the reels hub. The biggest changes to the frame were made to the bottoms beams. The profile was changed from a box beam to a IPE-160 standard profile. This gave the advantages to paint around the whole profile.</p> <p>The motor of device was also changed from an axial piston motor to a radial piston motor. It was discovered the radial piston motor has better equipment opportunities than the axial piston motor. In addition pneumatic and electric motors were studied but they were not suitable. The bearing section considers the best option for this boom reel. Furthermore the power transmission method section deals with different power transmission types and discusses their suitability for this project.</p> <p>In conclusion different shields equipment and accessories are described. A mechanical brake is the most important piece of equipment. Since a boom reel is a dangerous device if it can't be stopped in a hazardous situation like spinning out of control.</p>	
Keywords	boom reel, ASTM

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Puomikelan perustiedot	3
3	Puomikelan suunnittelu	5
3.1	Suunnittelun lähtökohdat	5
3.2	Rungon suunnittelu	9
3.2.1	Runkorakenteet	9
3.2.2	Kela	14
3.3	Moottori ja voimansiirto	17
3.3.1	Pneumatiikkamoottori	18
3.3.2	Sähkömoottori	19
3.3.3	Hydrauliikkamoottori	19
3.3.4	Laakerointi	21
3.3.5	Voimansiirto	22
3.4	Suojat ja varusteet	23
3.4.1	Nelipistenosto	24
3.4.2	Valumakaukalo	24
3.4.3	Hydrauliikka	24
3.4.4	Mekaaninen jarru	25
3.4.5	Offshore -runko	26
3.4.6	Lisälaitteet	27
4	Maalaus ja pintakäsittelyt	27
4.1	Pintakäsittelyt ennen maalausta	27
4.2	Maalaus	28
4.3	Pintakäsittelyt maalauksen jälkeen	28
5	Yhteenveto ja päätelmät	28
	Lähteet	31

Liitteet

Liite 1. Puomien nostokorkeudet

Liite 2. Black Bruin BB6 -moottorin tiedot

Liite 3. Parker Pneumatic P1V-A -moottorin ja hammasvaihteiden tiedot

Liite 4. Twistlock

Liite 5. Puomikelan tarrat

Lyhenteet

ASTM	Amerikkalainen yhteisö testaukselle ja materiaaleille (American society for testing and materials). Kansainvälinen standardiorganisaatio.
HDB	Raskaansarjan öljypuomi (Heavy duty oil boom)
INP	Standardin EN 10025 mukainen palkki
IPE	Standardin EN 10025 mukainen palkki

1 Johdanto

Tämän insinööriyön tilaajana toimii Lamor Corporation AB, myöhemmin Lamor, joka on öljyntorjuntaan ja -keräinlaitteistoihin erikoistunut suomalainen perheyritys. Työn aiheena on öljypuomikelan suunnittelu ja kehittäminen vastaamaan ASTM -yhdistyksen tulevaa standardia. Puomikeloja on toimitettu ja valmistettu jo monen vuoden ajan. Työ tehtiin, jotta tulevaisuudessa voidaan asiakkaille tarjota standardin mukaisia puomikeloja. Tällä hetkellä öljyntorjunta-alan yrityksillä on tiettävästi niukka tarjonta standardin mukaisista puomikeloista. Lamor on markkinajohtaja mekaanisten öljyntorjuntalaitteiden markkinoilla maailmanlaajuisesti. Yritys myy öljyntorjuntaan ja keräykseen vaadittavia laitekokonaisuuksia sekä välineistöä. Se myös toimittaa työveneitä sekä öljynkeräysaluksia. Lamor edustaa oman brändinsä lisäksi globaaleja brändejä Slickbar, Lori, GT ja Tarwell.[1.]

Lamor on perustettu 1982. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Porvoossa, jossa työskentelee n. 60 henkilöä. Yrityksellä on toimistoja myös Britanniassa, USA:ssa sekä Kiinassa, joissa yhteensä työskentelee n. 40 henkilöä. Lamor on alansa suurin toimittaja sekä toiminta-alueeltaan laajimmalla toimiva laitteistojen toimittaja. Yrityksen maailmanlaajuinen markkinaosuus on arviolta noin 20 % mekaanisten öljynkeräinjärjestelmien osalta, joka on noin kaksi kertaa merkittävimmän kilpailijan suuruinen. Yritys toimii globaalina tavarantoimittajana sekä kouluttaa asiakkaitaan toimimaan oikein öljyvahingon sattuessa. Lamor on alusta asti kehittänyt ja testannut laitteitaan Suomen ympäristökeskuksen kanssa. Yritys toimittaa asiakkailleen keräinjärjestelmiä, pumppujärjestelmiä, öljypuomijärjestelmiä ja työveneitä. Se kehittää jatkuvasti laitteitaan arktisiin soveluksiin, koska öljykenttien etsintä on koko ajan levinnyt enemmän vaativiin arktisiin olosuhteisiin. Lamor on ISO 9001 -sertifioitu yritys, jonka laitteiden kapasiteetit on sertifikoitu yksilöllisesti omassa tutkimus- ja kehityslaitoksessa ASTM- standardin mukaan, joka on tarkastettu ja sertifioitu Bureau Veritasin toimesta. Yhtiöllä on laaja kokemus yhteistyöstä valtiollisten toimijoiden kanssa maailmanlaajuisesti. Yrityksellä on oma hätätilatiimi, jonka jäsenet ovat toimineet monen öljyvuodon komentajina ympäri maailmaa, niin merellä kuin maalla.[1].

Lamorin toimintaa ja tuotteita pyritään aktiivisesti kehittämään vastaamaan asiakastarpeita tehokkaammin. Lamor pyrkii pysymään kehityksessä kilpailijoitaan edellä innovatiivisella kehitystyöllä ja testauksella. Yritys pyrkii tulevaisuudessa karsimaan tuotteiden ristikkäisyyksiä ja tehostamaan laitteiden erilaisuutta toisiinsa nähden ja varsinkin kilpailijoihin nähden. Sen tuotteita valmistetaan pää-asiallisesti kolmella eri mantereella. Suomessa valmistetaan pääosin mekaaniset öljynkeräinjärjestelmät, työveneat, hydraulikkakoneikot sekä pumput. Kiinassa valmistetaan lähestulkoon kaikki öljynkeräystankit, öljypuomit, öljypuomikelat sekä joitakin metallikomponentteja. USA:n valmistus on keskittynyt lähinnä öljypuomeihin, mutta siellä valmistetaan myös muita yrityksen tuotteita. Lamorilla on varastot kaikissa kolmessa tuotantopisteessä, minkä takia pienissä tilauksissa on nopeat toimitusajat ympäri maailmaa. Yritys myös toimittaa asiakkaiden vaatimusten mukaan muokattuja laitteita. Öljynkeräyksestä on vastuussa moni taho. Suurimpana öljy-yhtiöt, joilla on velvollisuus kerätä talteen mahdollisissa öljyvuodoissa karannut öljy. Myös eri valtioiden valtiollisilla tahoilla on vastuu olla valmiudessa öljyvuotoon.

Öljynkeräyksessä on käytettävissä erilaisia menetelmiä ja laitteita. Öljy on vaarallista eläimille ja ihmisille, joten öljyvahingon sattuessa on tärkeätä pystyä rajaamaan öljyn leviäminen mahdollisimman nopeasti.

Mekaaniset öljynkeräinjärjestelmät ovat niitä laitteita, jolla öljy kerätään talteen mahdollisen öljyvahingon sattuessa. Mekaaniset laitteet useimmiten, joko imevät öljyn veden pinnalta tai kuljettavat sen muuten öljynsiirtopumpulle. Pumpulla pumpataan öljy pois usein suoraan säiliöihin. Mekaanisten laitteiden käyttö on yleistä, koska niillä saadaan hyvällä hyötysuhteella kerättyä öljy vedestä. Siirtimillä toimivissa laitteissa öljy siirretään pois vedestä, minkä jälkeen se kerätään kaapimalla irti siirtimestä. Lamor käyttää siirtomenetelmänä useimmissa laitteissa harjoja. Yrityksellä on myös imutoimisia laitteita, joilla saadaan öljy imettyä pois suoraan veden pinnalta.

Öljyn leviämisen esteeksi on kehitetty öljypuomeja, joilla saadaan rajattua öljyvuodossa vapautunut öljy. Öljypuomeja on erilaisia erilaisiin olosuhteisiin, oli kyseessä sitten sisävesistö, avomeri tai joki. Öljypuomia käytetään myös ohjurina öljylle sitä kerätessä. Öljypuomi ohjaa öljyn mekaaniselle keräinlaitteelle, jolla saadaan öljy kerättyä talteen. Öljypuomi vedetään usein puomikeloilta pois työvenettä käyttäen. Öljypuomeja voidaan liittää peräkkäin yhteen, jolloin niillä saadaan rajattua suurenkin alueen vuodot. Öljypuomit ovat kelluvia, ja niissä on usein vedenalainen helma, jonka tarkoituksena on

estää öljyn karkaaminen puomin alitse. Helmassa on usein alareunassa jonkinnäköisiä painoja, joiden tarkoituksena on pitää puomi pystyssä ja helma suorana.

Öljypuomikelan tarkoituksena on toimia öljypuomin varastointipaikkana. Öljypuomikelalla on myös tarkoitus sekä laskea puomia veteen että kerätä se sieltä takaisin. Sen täytyy olla mahdollisimman toimintavarma laite, jotta öljyvuodon sattuessa siitä saadaan laskettua puomia veteen. Öljypuomikelan suurimmat kehitystarpeet tulevat yrityksen suunnalta sekä tekeillä olevan ASTM WK37299 -standardin pohjalta. Puomikelaa täytyy kehittää tekeillä olevan standardin mukaiseksi. Kehityksen tärkeinä kohtina on runko, kela sekä lisälaitteet. Näitä ominaisuuksia kehittämällä saadaan öljypuomikela vastaamaan standardia sekä yrityksen vaatimuksia. Tosin nykyinen öljypuomikela täyttää jo hyvin monelta osa-alueelta standardin vaatimukset. Työn tavoitteena on kehittää Lamorin vanhaa öljypuomikelaa tulevan standardin mukaiseksi. Myös tavoitellaan mahdollisimman tuotantoteknisesti järkevää ratkaisua, mitä voidaan valmistaa ympäri maailmaa.

2 Puomikelan perustiedot

Opinnäytetyössä siis käsitellään Lamorin puomikelan kehitystä ASTM-standardia WK37299 [2] vastaavaksi. Standardin nimi on ohje öljypuomikelan määrittelyyn. Standardissa on määritelmät millainen öljypuomikelan tulisi olla ja miten sen tulisi toimia. Standardissa myös määritellään, miten tietyt asiat tulisi suunnitella ja mitkä ovat minimi vaatimukset. Kyseinen ASTM -standardi on vielä työn alla eikä lopullista versiota ole vielä julkaistu. Teoria osiossa käsitellään puomikelan tietoja ja vaatimuksia. Työn perustana toimivat kyseinen standardi ja yrityksen toivomukset laitteen kehityksen suhteen. Tuotteen kehitystyössä ei käytetty mitään varsinaista tuotekehitysmetodia vaan lähdettiin kehittämään tuotetta edellä mainittujen asioiden ohjaamana. Standardia ei ole kuvattu enempää, koska siihen saattaa vielä tulla suuria muutoksia. Taulukossa 1 on vertailtu, joitain standardin vaatimuksia nykyisen puomikelan ominaisuuksiin.

Taulukko 1. Nykyisen puomikelan ja ASTM -standardin vertailu

Standardin vaatimukset	Nykyinen puomikela
Äänitaso alle 80 dB	Täyttää
678 Nm vääntömomentti	Täyttää
Avointa kelan päätyä ei sallita	Täyttää
Mekaaninen jarru	Ei täyty
Voimansiirto oltava suojattu	Täyttää
Ohjaimet yhdellä puolella	Täyttää
Pysähtyminen hydrauliiikan petäessä	Täyttää
Nostopisteet painopisteen yläpuolella	Täyttää

Puomikela on laite, jossa säilytetään öljypuomia kerättynä. Puomikela koostuu kahdesta pääosasta, rungosta sekä pyörivästä kelasta. Vanhassa puomikelassa on monia oikein oivallettuja asioita, mutta muutamien kohtien osalta kelassa on vielä kehitettävää, jotta siitä saadaan standardin mukainen. Kelan tarkoitus on toimia puomin säilytyspaikkana sekä puominnostajana vedestä ylös ja puomin laskun jarrutuksessa. Kelan pitää olla turvallinen käyttää ja yhden ihmisen käytettävissä. Sen käytön on oltava mahdollista ilman ihmisvoiman käyttöä. Käyttöpisteessä melutason olisi oltava alle 80 dB. Puomikelan pitää myös sopia asiakastarpeisiin mahdollisimman hyvin. Kelan pitää olla helposti muunneltavissa asiakkaan tarpeiden mukaan. Puomikelan lähtökohtina ovat ASTM -standardin raamit.

Kelaan suunniteltuja muutoksia on paljon ja niistä ehkä suurin käytön ja turvallisuuden kannalta on mekaaninen jarru, jolla voidaan hidastaa puomin laskua veteen tai moottorin rikkoutuessa estää puomin ulos purkautuminen. Öljypuomia lasketaan usein laivan kannelta alas, josta on noin 3 - 10 m vedenpintaan. Kuvassa 1 on esitettyä öljypuominlasku. Kuvan vasemmassa yläkulmassa on hinausalus, joka vetää öljypuomia laivalta ulos. Kelan pitää olla koon puolesta muunneltavissa, jotta puomikelaa voidaan käyttää erilaisille puomeille. Öljypuomin korkeus, pituus ja malli määräävät kelan leveyttä ja korkeutta. Muita kelan kokoon vaikuttavia asioita ovat esimerkiksi kuljetusmuoto

sekä puomin taivutettavuus. Puomikelat ovat hitaasti pyöriviä laitteita, joiden pyörimisnopeus käytössä on 5 - 10 rpm.



Kuva 1. Öljypuomia lasketaan aluksen kannelta

3 Puomikelan suunnittelu

3.1 Suunnittelun lähtökohdat

Työnteko siis aloitettiin lukemalla standardi ASTM WK37299, joka on luonnosversio tulevasta standardista [2]. Tämän jälkeen tutkittiin, millaisia ratkaisuja on käytetty Larmor Corporation AB:n vanhoissa puomikeloissa ja miten niiden ratkaisuja voitaisiin käyttää uudessa versiossa tai kehittää uuteen versioon. Tarvetta työn tekemiselle on, koska asiakkaat haluavat standardisoidun tuotteen. Työn kannalta tärkeitä osa-alueita

ovat erilaiset yksityiskohdat, joiden avulla voidaan erottautua kilpailijoista positiivisella tavalla. Yksityiskohtien tarkoituksena on helpottaa laitteen käyttöä, sekä saada yrityksen kannalta mahdollisimman toimiva tuotantotekninen ratkaisu, joka on muunneltavissa asiakkaan tarpeiden mukaan. Kuvassa 2 on esitetty puomikelan eri osat.



Kuva 2. Öljypuomikela

Kelan kannalta suurimmat muutokset tulevat olemaan rakenteellisia, ja niissä haetaan monipuolisuutta, käytettävyyden parantamista ja tuotantotehokkuutta. Kelan suunnittelussa on otettava huomioon valmistettavuus kolmella eri mantereella, sekä maalien ja ruosteenestomenetelmien mahdollisuus. Erilaisia ratkaisuja puomikelan toteutukseen lähdettiin tutkimaan rungosta, koska se on tärkeimpiä rakenteita puomikelassa. Seuraavasta vaatimuslistasta käy esille, mitkä ovat vaatimukset puomikelan kehityksen kannalta.

Kiinteät vaatimukset (KV)

- modulaarinen rakenne
- ympäristön kestävyys
- korkeus maksimissaan 2000 mm
- suoja tasapaino ketjulle
- yhden ihmisen käytettävä
- trukkikourut

Vähimmäisvaatimukset (VV)

- momentti 20 % suurempi kuin tarvittava momentti, joka on 6200 Nm
- konttikulmat
- 2-pistenosto
- kelan pyöritys ilman ihmisvoimaa

Toivomukset (T)

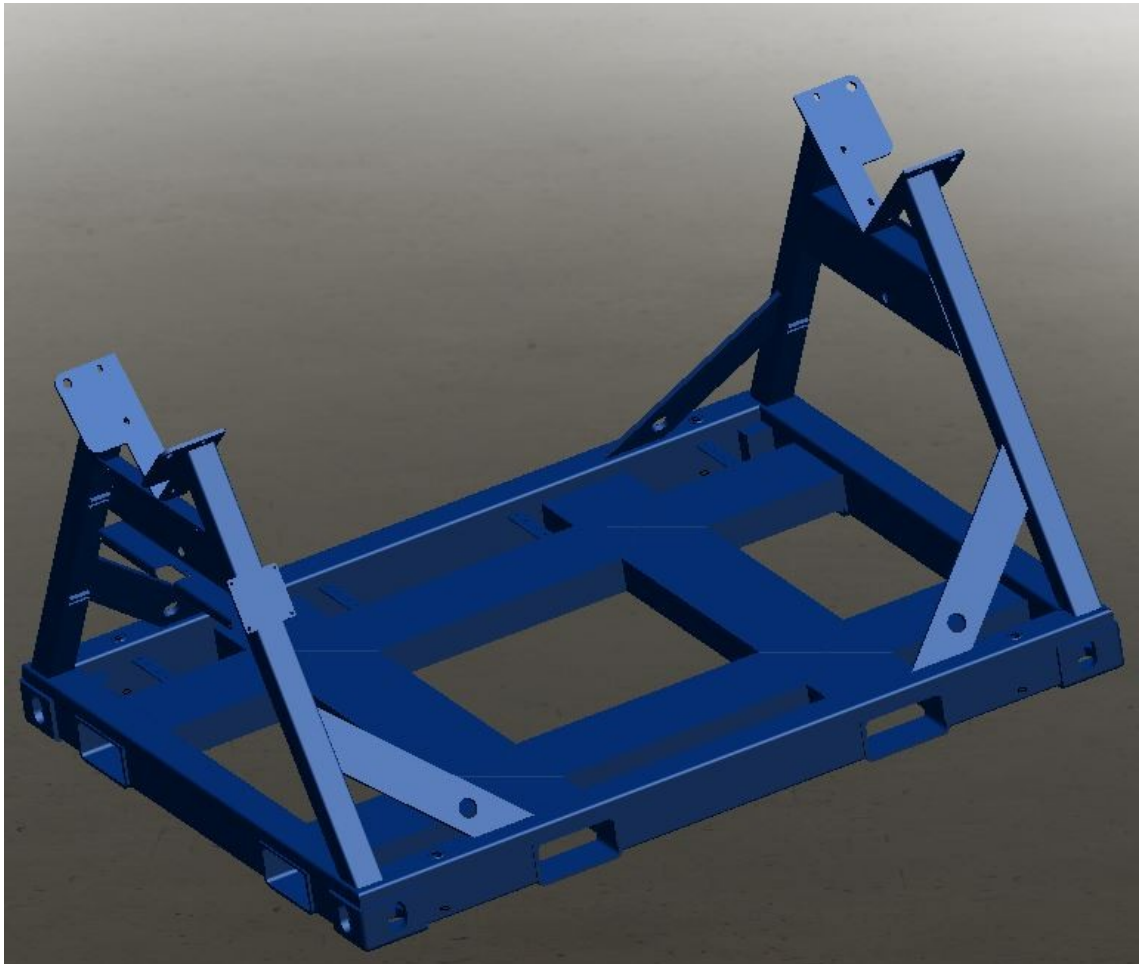
- mekaaninen jarru
- lisää tilaa tasapainoketjulle
- i-palkkirunko
- mahdolliset lisälaitteet(HAB ja LPP16)
- valumakaukalo
- yksinkertainen hydraulikka
- light -kelamalli
- high volume -kelamalli
- 4-pistenosto
- vapaapyörintä
- käsikäytön irrotus

Puomikelan suunnittelussa otettiin huomioon se, että puomikelan täytyy mahtua tavalliseen kuljetuskonttiin. Tästä syystä kelan maksimi korkeus on 2000 mm. Puomikelan suunnittelu jaettiin osiin, koska on helpompi käsitellä niitä omia osinaan. Rungon suunnittelussa käytettiin nykyistä mallia pohjana. Kelan suunnittelu pitkälti perustui myös siihen, että kehitetään nykyistä mallia vain, jos nähdään sen olevan tarpeellista. Kuvassa 3 on Lamorin tämänhetkinen puomikelamalli. Se toimii monilta osin työn lähtökohtana, josta kelaa lähdetään kehittämään.



Kuva 3. Öljypuomikela (alkuperäinen)

3.2 Rungon suunnittelu



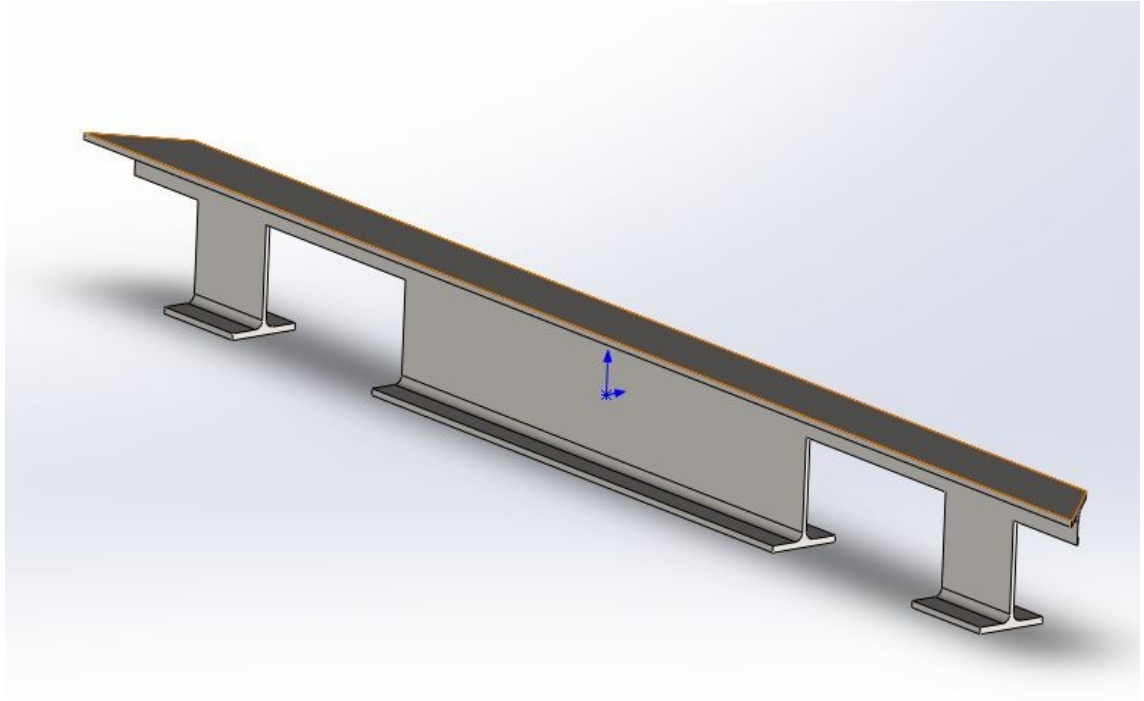
Kuva 4. HSR- puomikelan runko (nykyinen)

3.2.1 Runkorakenteet

Tutkimus aloitettiin puomikelan rungosta, joka on nykyisessä mallissa tehty kotelopalkista materiaalina on S355. Kuvassa 4 on esitettynä nykyisen puomikelan rungon hitsattu kokoonpano. Kotelopalkin profiilin kokona on ollut 150 mm x 100 mm ja seinämän paksuutena 4 mm. Tutkittiin eri materiaaliveikkoja sekä erilaisia profileja. Ennen on ollut ongelmana kotelopalkkien tiiveys ja ne ovat alkaneet korrosioitumaan sisältäpäin sinne joutuneen kosteuden johdosta. Puomikelan rungossa täytyy olla kahteen suuntaan olevat trukkipourut, jotta puomikela voidaan nostaa trukilla kontista ulos joko kontin sivuovesta tai kontin päätyovesta. Trukkipourujen mitoituksessa käytettiin hyväksi standardia SFS 4820, joka on trukkipiikkien mitoitusstandardi [3.] ASTM-standardi määrittelee, että trukkipourujen minimi mitat ovat 88,9 mm korkea, 304,8 mm

leveä, ja kourujen keskipisteiden minimi etäisyys toisistaan on 1066,8 mm. ASTM standardissa mitat ovat tuumina 3,5" x 12" ja erillään 42". Trukkikourujen mitoiksi valikoitui leveys 305 mm, korkeus 100 mm ja etäisyys toisistaan keskipisteen suhteen 1100 mm. Näillä mitoilla myös varmistetaan, että trukin kokoluokka riittää puomikelan nostoon. Rungon suunnittelun kannalta oleellista on materiaalin ja profiilin saatavuus ympäri maailman. Profiilin valinnassa otettiin huomioon suurelta osin korrosio, jonka takia trukkikourut tehdään U-profiilin muotoon särmätystä levystä, jotta trukkikouruihin ei pääsisi kerääntymään vettä. Korroosion vaikutus on huomattava puomikelojen käyttöympäristössä, koska puomikeloja säilytetään ja käytetään useimmiten meren välittömässä läheisyydessä. Puomikeloja säilytetään sekä konteissa että suoraan laivan kannella, jossa ne usein altistuvat koville olosuhteille.

Rungon profiilin valinnassa tutustuttiin standardiprofiilien tarjontaan. Niiden käyttö on valmistuksen kannalta paras ratkaisu, koska saatavuus on yleensä hyvä joka manta-reella. Profiilin materiaaliksi valittiin S355, koska se on hinta laatusuhteeltaan käyttötarkoitukseen parhaiten toimiva ratkaisu. Rakenneteräksen käyttö on hitsattavuuden, hinnan, kestävyuden ja saatavuuden puolesta järkevä ratkaisu. Profiileista rungkon alapalkin profiileiksi parhaiten soveltuvat IPE- ja INP-profiilit. Niillä on hyvä pystysuuntainen voimankantokyky, ja ne ovat tähän tuotteeseen oikein sopivia ratkaisuksi. Profiileihin voidaan myös kiinnittää toisia profiileja hitsaamalla tai pulttiliitoksilla. Profiiliin on myös helppo kiinnittää AISI 316 -lista suojaamaan maalipintaa tasapainoketjun aiheuttamilta iskulta. Rungon profiiliksi valittiin IPE-160, koska siihen voidaan tehdä tarvittavan suurat aukot trukkikouruja varten ja se jaksaa hyvin kantaa silti puomikelan käytöstä aiheutuvat kuormitukset. IPE-160 -palkit tulevat alapalkeiksi runkoon. Kuvassa 5 on esitettyinä puomikelan runkoon tuleva I-palkki, mihin on leikattua paikat trukkikouruille sekä konttikulmille.

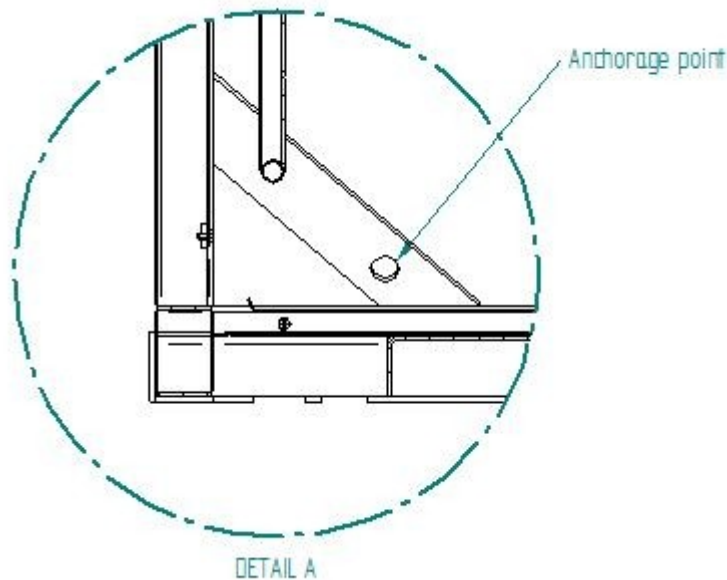


Kuva 5. I-palkki

Alapalkkien päälle hitsataan kiinni kotelopalkit, jotka kannattavat kelan painon. Näiden kahden kotelopalkin väliin hitsataan yksi kotelopalkki tukevoittamaan rakennetta ja muodostamaan puomikelan rungon päähän a-mallinen tuki. Poikittaispalkin alle hitsataan vielä yksi pystysuora u-profiili, jolla saavutetaan hydraulikkalinjoituksille suojattu kouru. Näiden edellä mainittujen kotelopalkki profiilien koko on 100 mm x 100 mm ja seinämän paksuus 4 mm. Lisäksi a-rungon tukiin lisätään polviotuet, joilla saadaan lisättyä kelan pitkittäissuuntaista tukea, joka ehkäisee a-tukia kaatumasta. Polviotukiin tehdään reiät, joista voidaan sitoa puomikela paikoilleen, mikäli se ei konttikulmilla onnistu.

Puomikelan rungon ulkonurkkiin hitsataan kiinni ISO 1161 -standardin mukaiset konttikulmat. Konttikulmien pohjan tulee olla noin 5 - 10 mm alempana kuin rungon palkkien alapinta. Konttikulmien käytöllä on monia hyviä puolia, koska silloin kelat voidaan suoraan kuljettaa lavetin päällä ja ne on mahdollista kiinnittää sellaisinaan laivan kanteen. Konttikulmien käytöllä myös pystytään luopumaan erillisistä kiinnityspisteistä, koska

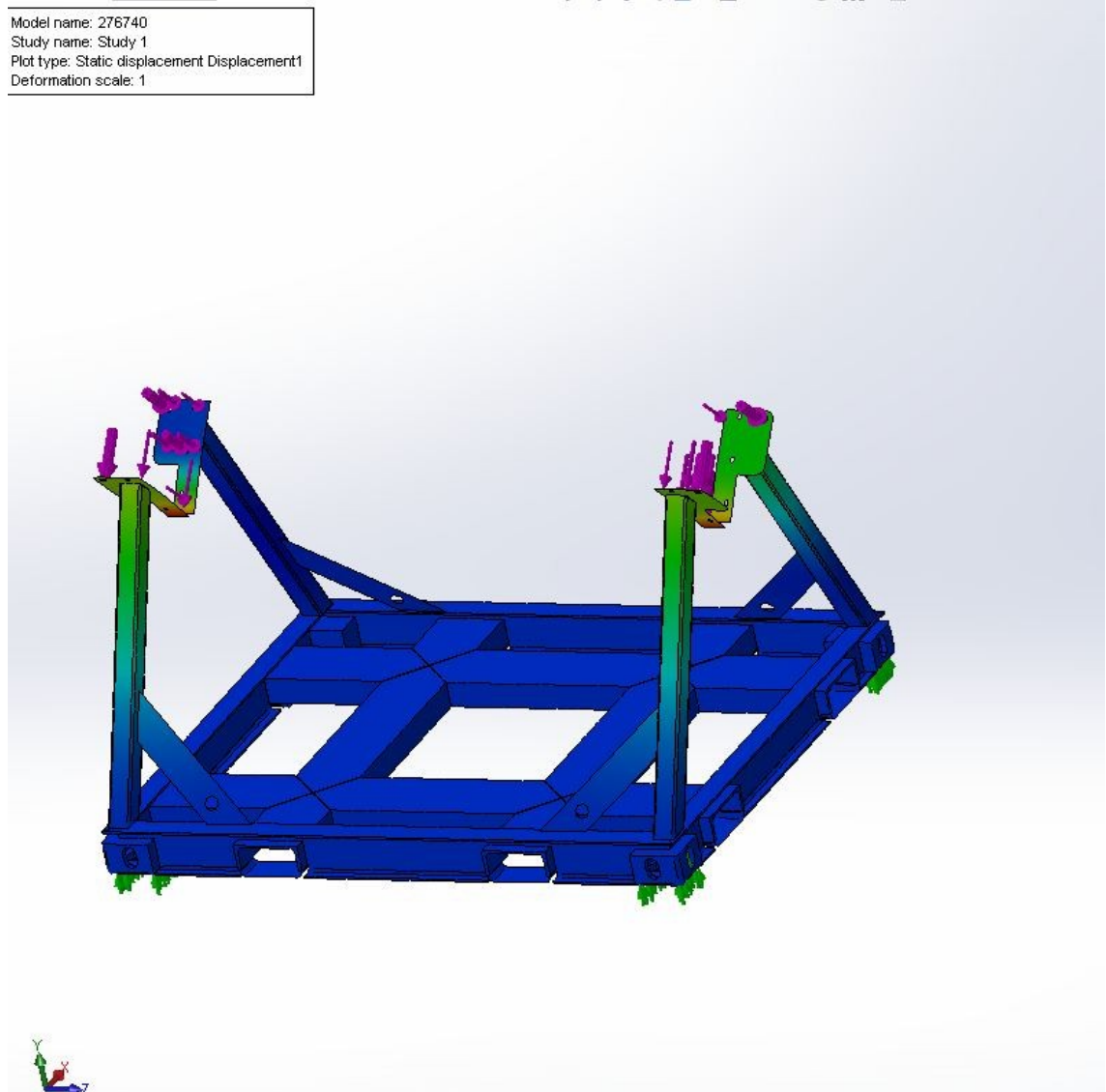
konttikulmat saadaan kiinnitettyä suoraan twistlockeilla. Twistlock on standardin ISO 1161:1984 mukainen kiinnitysväline, jota käytetään paljon kuljetusvälineissä. Liitteestä 4 löytyy twistlockin kuva. Konttikulmilla on myös haettu ratkaisua siihen, että rungon profiilien maalipinta ei hajoaisi ja näin ollen alkaisi korrosioitua. Konttikulmien käyttö on yleistä ympäri maailmaa ja näin ollen niiden saatavuus on hyvä ja niille löytyy usein kiinnityspaikat laivoilta sekä satamista. Kuvassa 6 on esitettyä mahdollinen kiinnityspiste, jos konttikulmia ei ole käytettävissä.



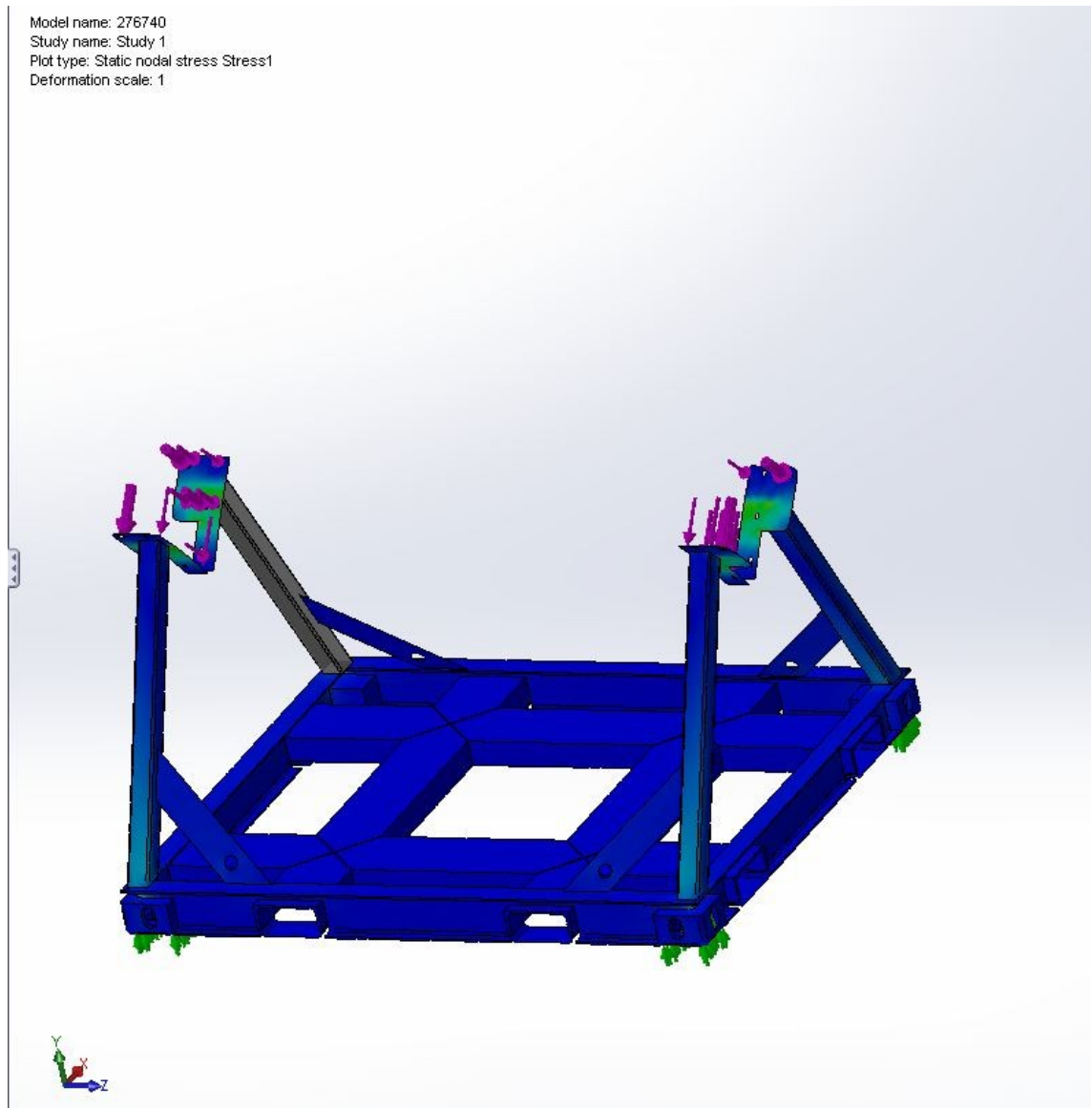
Kuva 6. Kiinnityspiste

Runkorakenteelle tehtiin FEM -analyysin käyttäen Solidworks simulation -ohjelmaa. Analyysin päätavoitteena oli tutkia, onko runko tarpeeksi kestävä käyttöön. Kuvassa 7 on esitetty siirtymät millimetreinä ja kuvassa 8 on esitetty jännitykset N/mm^2 eli Mpa. FEM- analyysin tekemisen jälkeen pystyttiin toteamaan, että puomikelan runko on tarpeeksi kestävä ja turvallinen käytön kannalta. Analyysissä käytettiin 29500 N voimaa, joka vastaa puomilla täytettyä kela. Paino laitettiin moottorilaippojen kiinnitys kohdan pintoihin, jolloin se vastaa suoraan kelan kiinnitystä runkoon. Voima on jaettu tasan kaikille neljälle pinnalle. Vapausasteita koko mallissa oli 1269060 ja elementteinä oli useita eri, johtuen solidworks -ohjelmasta, joka käyttää kappaleisiin parhainten soveltuvia elementtejä hyväksi. Puomikelan runko kiinnitettiin kiinteästi konttikulmista. Analy-

sin tulokset ovat todella lähellä tosielämän tuloksia. Suurin siirtymä saatiin odotetusti moottorikiinnikelaippojen alapäähän, ja se oli suuruudeltaan 0,59 mm. Tarkastettiin myös kappaleen jännitykset. Suurimman jännityksen arvoksi saatiin 258 Mpa. Vaikka se on lähellä myötölujuuden rajaa, ei siitä pitäisi aiheutua ongelmia, koska se oli todella pienellä alueella moottorin kiinnityslaipan nurkassa. Muuten puomikelan rungon alueella oli paljon pienemmät jännitykset. Jos aikaa olisi ollut enemmän olisi mallista tehty palkkimalli, jolle olisi suoritettu analyysi.



Kuva 7. Puomikelan I-palkki rungon pelkistetyn mallin FEM -analyysi (siirtymät)



Kuva 8. Puomikelan I-palkki rungon pelkistetyn mallin FEM -analyysi (Von Mises)

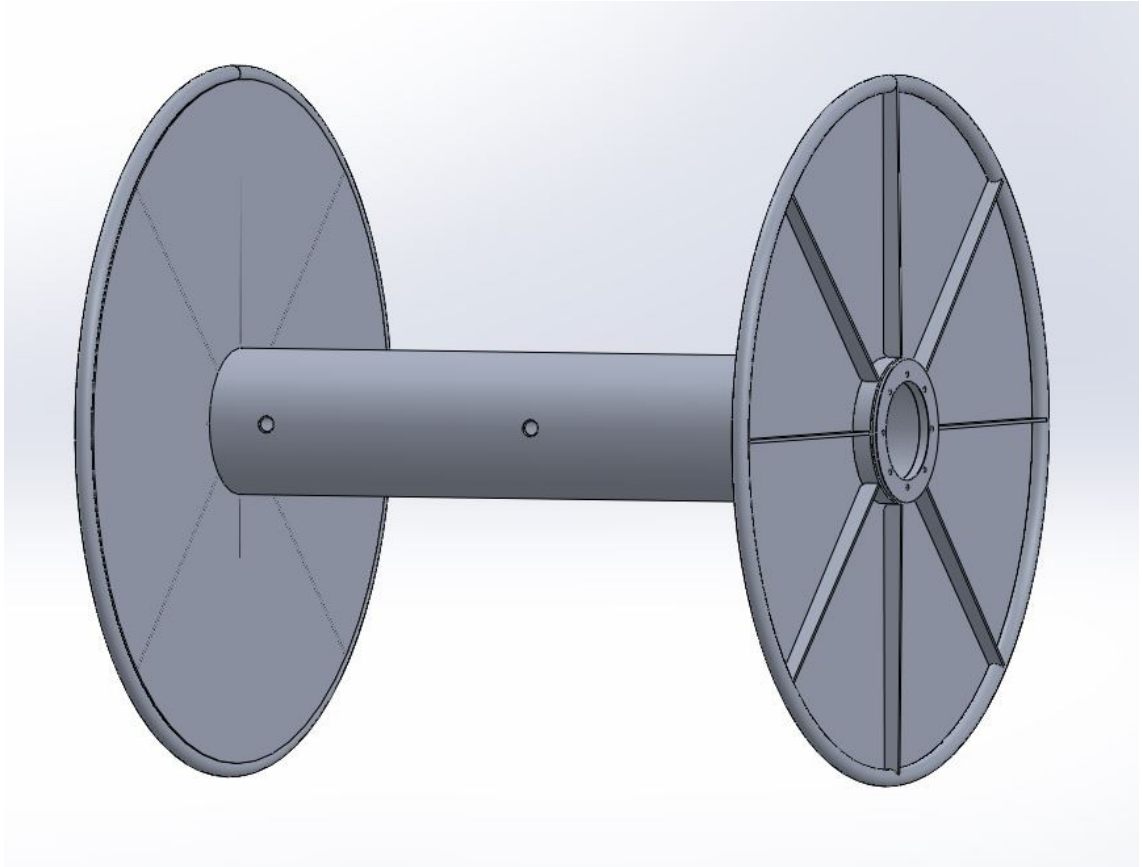
3.2.2 Kela

Alumiinisen keskiön kannalta päätettiin pysyä Lamor Corporation AB:n aikaisemmin käyttämässä mallissa, koska se on toimiva ja siihen mietityt parannukset lisääisivät merkittävästi kustannuksia ja niiden hyöty taas olisi verrattain pieni. Keskiön materiaaliksi suunniteltiin alumiinin sijasta terästä, mutta tasapainoketjun aiheuttamat kolhut ja hiekkien aiheuttavat maalipinnan rikkoutumisen ja näin ollen korrosioitumisen. Lisäksi alumiinilla saavutetaan kevyempi paino, mutta hinta on jonkin verran suurempi kuin teräksisen. Alumiinisen keskiön huonoihin puoliin lukeutuu sen vaikea korjattavuus aluksilla. Kaikkialla ei ole välttämättä tarvittavia laitteita alumiinin hitsaamiseen, vaikka

siellä olisinkin hitsausvälineet. Alumiininen keskiö on näin ollen vaikeampi korjata kenttäolosuhteissa. Alumiininen keskiö on tehty putkesta, jonka molempiin päihin on hitsattu laipat kiinni. Putkeen on myös tehty reiät kahdelle putken suuntaan poikittaiselle putkelle, joihin saadaan puomin toinen pää kiinnitettyä. Laipat on leikattu alumiinilevystä ja niihin hitsataan putkea ulkoreunan tueksi, sekä hitsataan keskiöstä ulospäin 8 kappaletta 30 mm ulkohalkaisijalla olevaa putkea, joka on saman kokoista kuin ulkoreunalle hitsattava putki. Puomikelan modulaarisuus saadaan aikaan kelalla, jonka pituutta ja laippojen halkaisijaa muuttamalla saadaan muutettua kelan kapasiteettia pitämällä muut osat samanlaisina. Kuvassa 9 on esitetty kelan keskiö. Taulukossa 2 vertaillaan kelan keskiön materiaalivalinnan kannalta tärkeitä ominaisuuksia hyvä tai huono -periaatteella.

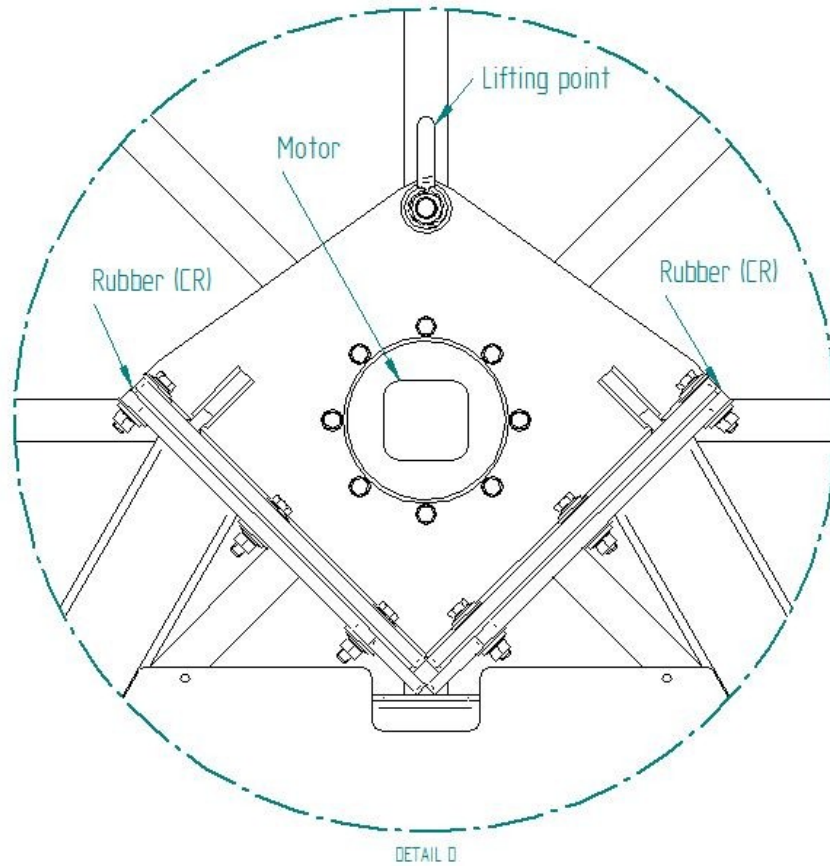
Taulukko 2. Kelan materiaalin vertailutaulukko

Puomikelan keskiö	Alumiininen	Teräksinen
Korjattavuus asiakkaalla	Huono	Hyvä
Korroosioin kesto	Hyvä	Huono
Materiaalin saatavuus	Hyvä	Hyvä
Materiaalin toleranssit	Hyvä	Hyvä
Paino	Hyvä	Huono
Yhteenveto	4/5	3/5



Kuva 9. Kelan keskiö

Kelan keskiö tulee suoraan kiinni moottorivaiheydistelmään, joka taas kiinnitetään pulteilla laippaan, joka on kiinni rungon v-mallisessa kohdassa pulteilla. Nostopiste sijoitetaan tähän laippaan, koska silloin ei tarvitse hyväksyttää koko runkoa nostamiselle vaan riittää ainoastaan laippojen sekä kelan hyväksyttäminen. Näillä laipoilla varmistetaan myös kelan suora asento ja vähennetään runkoon aiheutuvaa värähtelyä laittamalla laippojen ja rungon väliin 10 mm paksut kumit, jotka on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10. Nostopiste ja vaimennuskumit

3.3 Moottori ja voimansiirto

Työn alkuvaiheessa suunniteltiin rungosta ja ratkaisusta AutoCAD -ohjelmalla alustavia kuvia, joista käy ilmi, millaisia ratkaisuja on mietitty ja onko niistä yrityksen kannalta jonkinlaista hyötyä. Kelan toimivuuden kannalta moottorin valinta on hyvin tärkeässä osassa. Tutkittiin erilaisia moottorivaihtoehtoja tarkasti ja tarkastellen niiden sopivuutta puomikelan käyttökohteissa. Puomikelaa käytetään veden ja öljyn läheisyydessä. Tutkittiin moottorivaihtoehdoiksi hydraulikkaa, sähköä ja pneumatiikkaa. Taulukossa 3 on esitetty erilaisten moottorivaihtoehtojen hyvät ja huonot puolet vertaillen suunnittelun ja käytön kannalta tarpeellisia ominaisuuksia. Liitteestä 1 löytyvät erään Lamorin öljypuomin painot eri korkeuksille.

Taulukko 3. Moottorivaihtoehdot

Moottorin käyttövoima	Pneumatiikka	Hydrauliikka	Sähkö
Momentti	Huono	Hyvä	Hyvä
Moottorin ja vaihteen yhteinen koko	Huono	Hyvä	Huono
Käyttövoiman tuonti moottorille	Hyvä	Huono	Hyvä
Paloturvallisuus	Hyvä	Hyvä	Huono
Yhteensopivuus nykyisten kanssa	Huono	Hyvä	Huono
Yhteenveto	2/5	4/5	3/5

3.3.1 Pneumatiikkamoottori

Pneumatiikkamoottorin hyvinä puolina voidaan pitää sitä, että sen käytön yhteydessä ei vaadita paluulinjoja toisin kuin hydrauliikassa sekä ettei se saastuta, vaikka linjoihin tulisikin putkirikko. Ilmanpaineella toimivissa järjestelmissä on helppoutena niiden saatavuus ja puhtaus. Järjestelmässä oli tarkoituksena käyttää pneumaattista moottoria yksinkertaisten letkujen ja saasteettomuuden takia. Pneumatiikkamoottorin kohdalla pääteltiin aika pian, että se ei ole oikein toimiva ratkaisu käytettäväksi puomikeloissa, koska sen tuottama vääntömomentti on käytön kannalta pieni, mistä johtuen vaihteiston koko tulisi olemaan aivan liian suuri. Pneumatiikkamoottorissa voi myös esiintyä ryntäämistä, jota ei missään nimessä saa olla tämän laitteen käytön aikana. Ilmanpaineen huonona puolena on vielä moottorinläpi virtaavan ilman aiheuttamat äänihaitat, jotka ylittävät useimmiten 80 dB:n rajan, joka olisi suositusrajana äänenvoimakkuudelle laitteen käyttöetäisyydellä. Pneumatiikkamoottorin osalta tutkiminen rajoittui Parker Pneumaticin tarjontaan, josta liitteessä 3 tarkemmin tehokkaimman moottori-vaihte yhdistelmän tiedot. [4.] Pneumatiikkamoottorin suurinkaan sallittu vääntömomentti ei riitä puomikelan tarvitsemaan momenttiin.

3.3.2 Sähkömoottori

Sähkömoottorin käyttö olisi laivalla helppo järjestää vetämällä kaapelit suoraan laivan sähköjärjestelmästä. Sähkömoottorit olisivat käytön kannalta hyviä, koska käynnistysmomentti olisi suurempi kuin käyttömomentti. Momentin tarve on suurimmillaan puomikelan pyörittämisen alkuvaiheessa. Sähkömoottoreissa on myös hiljaiset käyntiäänet, jotka olivat moottorin valinnan kannalta tärkeänä kriteerinä, jotta ASTM- standardissa mainittu 80 dB:n raja ei rikkoontuisi.

Sähköisen moottorin osalta taas ongelmakohtaksi muodostui öljyn syttymisherkkyys ja vaaditun Ex-tilaluokan moottorin kallis hinta. Kaikissa käyttökohteissa Ex-moottori ei ole välttämätön. Sähkömoottori on myös arka kosteudelle, joten sen käyttö satama-alueilla on haasteellista. Sille pitäisi myös laittaa suuri vaihteisto, jotta saavutettaisiin tarvittava vääntömomentti, jonka puomikela vaatii. Puomikelan sähkömoottori myös rajaa mahdollisuuden käyttää puomikelaa Lamor Corporation AB:n oman hydraulisen koneikon jatkona, mikä taas on yrityksen kannalta ikävä asia. Myös sähkön tuottaminen etäisemmissä kohteissa on vaikeampaa kuin hydrauliiikan, jota suurin osa yrityksen muistakin laitteista käyttää, joten näin ollen useimmilla asiakkailta on jo valmiiksi yrityksen hydraulinen koneikko.

3.3.3 Hydrauliikkamoottori

Hydrauliikkamoottori on käytössä vanhassa mallissa ja se tulee olemaan käytössä myös uudemmassa mallissa. Vanhassa mallissa on myös käytössä 2 hydrauliikkamoottoria, yksi molemmissa päissä. Hydrauliikkamoottorien huonona puolena on mahdolliset letkurikot ja paluulinjan pakollisuus. Hydrauliikan käyttö toisaalta mahdollistaa suuret vääntömomentit pienillä vaihteilla ja toisaalta hydrauliikka on käyttövoimana myös useimmissa muissa Lamor Oy:n tuotteissa. Hydrauliikka on myös toimiva ratkaisu sen muunneltavuuden kannalta. Hydrauliikkamoottoreista puomikelassa voidaan käyttää joko radiaalimäntämoottoria tai aksiaalimäntämoottoria.

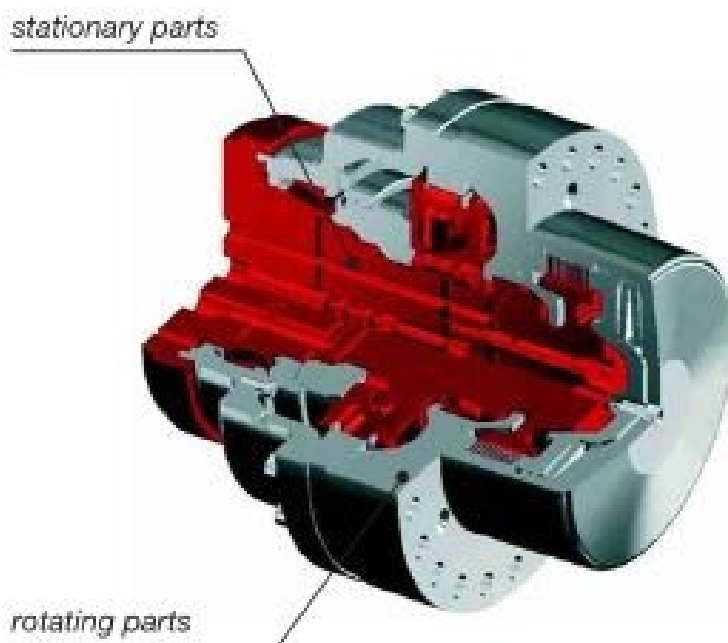
Radiaalimäntämoottoreihin on useasti mahdollista liittää myös mekaaninen jarru ja niissä on usein myös vapaapyörintämahdollisuus. Toisaalta aksiaalimäntämoottorin ostohinta on alhaisempi, mutta siihen ei ole saatavilla edellä mainittuja varusteita suoraan moottoriin. Radiaalimäntämoottoreiden kannalta kallistuttiin Black Bruin moottorien kannalle, koska niissä oli mahdollista saada mekaaninen jarru ja vapaapyörintä mo-

nessa eri kokoluokassa. Tuotemerkki on myös suomalainen, millä saadaan taattua hyvä laatu ja tarkka laadunvalvonta. Muitakin varteenotettavia radiaalimäntämoottoreita oli vaihtoehtoina, muun muassa SAI, jolla on paljon erilaisia moottoreita eri kokoluokissa.[5.]

Hydrauliikkamoottorin valinnan kannalta tärkeää oli, että moottori jaksaa pyörittää kelaä hyvin ja tarvittaessa pystyy tuottamaan 20 % suuremman vääntömomentin kuin normaalikäytössä tarvitaan. Puomikelan puominnostossa tarvittavan momentin suuruuden vaatimuksena työssä käytettiin arvoa 6200 Nm, joka vastaa n. 750 kg:n painoa ulkokehällä. 750kg arvo on saatu laskemalla kaavasta, jossa 0,825m on kelan säde.

$$6200 \text{ Nm} \div 0,825 \text{ m} \div 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 766 \text{ kg}$$

Tämä momentti saadaan esimerkiksi aikaan käyttämällä Black Bruin BB6 -moottoria, jossa on kierrostilavuutena 2500 ccm. Kyseinen moottori tuottaa 200 barin paineella 7562 Nm:n momentin, joten sen tuottama momentti on tarvittavat 20 % suurempi kuin vaadittu momentti. 200 bar on tyypillinen järjestelmien nimellispaine yrityksen käyttämissä kohteissa. [6.] Tarvittaessa voidaan myös kelan toiseen päähän asentaa moottori, jolloin saadaan lisää vääntöä tai asentamalla kokoluokkaa suurempi moottori. Black Bruinin BB6 -moottori on esitetty kuvassa 11, jossa harmaalla on moottorin pyörivät osat ja punaisella taas kuvattu paikallaan pysyvät osat moottorin käytön aikana. Liitteessä 2 on tarkemmat tiedot moottorista.



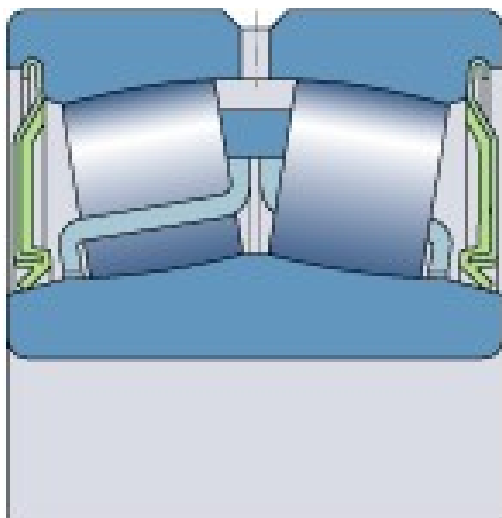
Kuva 11. Black Bruin -radiaalimäntämoottori

Suunniteltu kela on kokoluokkansa suurimpia, joten tarvittaessa on myös mahdollista valita pienempiin puomikeloihin kokoluokkaa pienempi moottori, jolloin moottori ei ole ylimitoitettu. Vaadittavan momentin suuruuteen vaikuttaa, kuinka korkealla merenpinnasta puomikela tulee sijaitsemaan käytettäessä. Liitteessä 2 on esitetty erilaisten Larmor Oy:n puomien painot ja sekä niille ominaiset puomikelan sijoitus korkeudet vedenpinnasta että niiden laskentakaavat.

3.3.4 Laakerointi

Puomikelan moottorivalinnassa pyritään järjestämään kelan pyöritys yhtä moottoria käyttäen, joten kelan moottorittomaan päähän tarvitaan laakerointi. Laakerin valinnan kannalta tärkeää on laakerin kestoikä ja laakerin tyyppi. Puomikelan kannalta kestoikä ei ole merkittävä tekijä, koska puomikeloja käytetään suhteellisen vähän ja silloinkin hitailla pyörimisnopeuksilla. Laakerointityyppi toisaalta on tärkeä, koska laakerin valinta perustuu siihen, millaisia voimia sen tulee kannattaa. Puomikelan laakeroinnin kannalta radiaalivoiman kantavuus on tärkein, mutta puomikelan keskiö taipuu hiukan, joten laakerin täytyy myös kantaa aksiaalivoimaa molempiin suuntiin. Laakerin kannalta päädyttiin valitsemaan laakeriksi pallomainen rullalaakeri, jolla on hyvä kuormankanto-

kyky kaikkiin voimiin ja joka on itsestään asettuva, joten se sallii pienen yhdensuuntaisen eron akselin ja laakeripesän välillä. Kuvassa 12 on esitetty pallomainen kuulalaa-keri, jollaista tullaan käyttämään.[7.]



Kuva 12. SKF pallomainen rullalaa-keri

3.3.5 Voimansiirto

Tutkittiin erilaisia voimansiirtovaihtoehtoja. Vaihtoehtoina voimansiirrolle olivat suora-kytkentä, ketjuveto ja hammaskehä. Vetotavoista vanhassa kelassa on käytössä suora-kytkentä. Hammaskehän hyvinä puolina voidaan pitää moottorin sijoitettavuutta mihin kohtaan kehällä tahansa. Hammaskehällä saadaan myös välityssuhteen avulla suurennettua pyörivän akselin momenttia ja hidastettua pyörimisnopeutta. Hammaskehät ovat kalliita tässä kokoluokassa ja niissä on vaaransa. Hammaskehän ja akselin rattaat aiheuttavat murskaantumisvaaran sormille, ja tästä syystä laitteeseen pitäisi tehdä suojat, jotta sen käyttö olisi turvallista. Hammaskehät on myös usein valmistettu ruostuvis- ta materiaaleista, ja näin ollen niiden ulkonäkö kärsii käytön myötä.

Ketjuvedossa pystytään muokkaamaan välityssuhteita erinomaisesti. Ketjuvedossa vielä parempana ominaisuutena on sen helppo saatavuus ympäri maailman sekä se, että hinta on suhteellisen edullinen. Ketjuvedossa on myös hyvänä puolena sen sijoitet- tavuus, jolla on mahdollista sijoittaa vetävä pyörä mihin tahansa tangentinsuuntaan. Ketjuvedon huonona puolena taas on loukkaantumisriski, joka on suhteellisen suuri, muun muassa murskaantumisvaara sekä mahdollisesti ketjuun takertuvat vaatteet. Ketjuveto vaatisi siis hyvän suojauksen ketjulle sekä rattaille. Ketjuvedossa on ongel-

mana ketjujen venyminen, joka pakottaisi tekemään ketjuille kiristysmahdollisuuden, jolloin huoltoa täytyisi myös tehdä useammin.

Suorakytkentä on kaikista voimansiirtomenetelmistä turvallisim, joten se valittiin tähän puomikelaan. Suorakytkennän huonona puolena on se, että vaihteen välityssuhteen muutokseen pitäisi vaihtaa koko vaihde. Suorakytkennässä etu on se, että välissä ei ole mitään liikkuvia tai hajoavia osia, joten huoltokustannukset jäävät pienemmiksi.

Taulukko 4. Voimansiirto vaihtoehdot

Voimansiirto	Ketjuveto	Suorakytkentä
Turvallisuus	Huono	Hyvä
Huollon tarve	Huono	Hyvä
Välitysten muuttaminen	Hyvä	Huono
Vara-osat	Hyvä	Huono
Kesto	Huono	Hyvä
Yhteenveto	2/5	3/5

3.4 Suojat ja varusteet

Suojat ja varusteet ovat kelan muunneltavuuden kannalta tärkeä osio. Seuraavaksi esitetyillä lisälaitteilla ja varusteilla saadaan asiakkaan tarpeita vastaava kela valmistettua.

3.4.1 Nelipistenosto

Nelipistenosto kohdat voidaan tehdä runkoon kuvan 3 osoittamalla tavalla. Runkoon hitsataan kokoamisvaiheessa pyöreät kappaleet, joissa on kierre sisällä ja joihin voidaan kiinnittää nostosakkelit. Näistä nostopisteiden kappaleista saadaan myös tarvittaessa pultattua puomikela kiinteästi lattiaan. Kappaleissa on M20 sisäkierre, joka mahdollistaa kiinnityksen lattiaan ja nostosilmukoiden kiinnittämisen laitteeseen. Nelipistenoston yhtenä ongelmakohtana on sen sijainti painopisteen alapuolella, jolloin puomikelasta tulee epävakaata nostaessa.

3.4.2 Valumakaukalo

Kelan runkoon suunniteltiin myös valumakaukalo, jolla estetään puumiin mahdollisesti kiinnijääneen öljyn valuminen kelan alle. Valumakaukalon merkitys on suuri varsinkin laivan kannella, jolla valunut öljy voi aiheuttaa liukastumisvaaran. Myös mahdolliset öljyn valumiset halutaan estää, jotta kerätty öljy ei pääse takaisin luontoon. Valumakaukalo tehdään trukikourujen päälle särmätystä pellistä, joka hitsataan paikoilleen ennen rungon maalausta. Pellin paksuus on 2 mm ja siihen laitetaan venttiili, jolla on mahdollista valuttaa öljyt alle laitettuun astiaan.

3.4.3 Hydraulikka

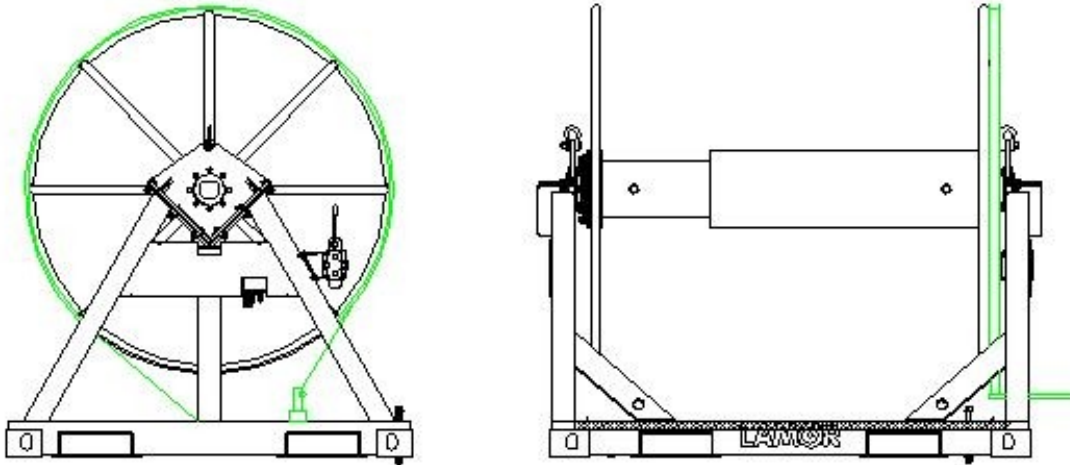
Puomikelan hydraulikkaletkut pidetään mahdollisimman yksinkertaisina, jolloin vältytään turhilta ylimääräisiltä kuluilta. Hydraulikka kytketään vain laitteen toiseen päähän, jos laitteeseen ei laiteta kahta moottoria. Kelan runkoon tehdään tarvittaessa suojat letkukuksia varten, millä on mahdollista kytkeä moottori myös toiselle puolelle. Käsikäyttö on tarvittaessa mahdollista näin ollen kytkeä kummalle puolelle kela tahansa riippumatta siitä, onko kela kummassa päässä konttia tahansa, ja näin on myös mahdollista kytkeä kelat aivan vierekkäin eli kätisyden vaihto. Letkukouru pultataan paikoilleen päistä kiinni valumakaukalon yläpuolelle. Kouru on u-muotoon särmättyä peltiä, jossa vapaa osuus jää alapuolelle ja näin ehkäisee veden kertymisen kouruun ja suojaa letkuja tai putkia kolhuilta. Letkukaukalon vapaan puolen kohdalle hitsataan lattarautoja 250 mm välein, jotta letkut eivät putoa profiilista pois, tai vaihtoehtoisesti tehdään toinen muutaman mm:n pienempi kouru, joka tulee kyljestä pulteilla kiinni ylempään kouruun sisäpuolelle.

3.4.4 Mekaaninen jarru

Jarru on tärkeä suojaruste, koska sillä saadaan tarvittaessa holtittomasti pyörimään lähtenyt kela pysäytettyä. Puomikela on erittäin vaarallinen lähtiessään pyörimään holtittomasti, koska siitä lasketaan puomia mereen ja kannen korkeus voi olla yli 10 m. Miehistön jäsenet voivat saada puomin päällensä tai puomi voi lentää heitä päin, jos puomikela pyörii hallitsemattomasti.

Mekaanisen jarrun osalta tutkittiin hihnajarrua, joka tulisi kelan alumiinisen keskiön päätylaipan ulkopintaan tehtyyn kouruun. Ideana oli hihnajarru, jossa hihnan toinen pää olisi kiinnitetty kiinteästi runkoon ja toinen pää vipuvarteen siten, että hihnan kosketuskulma olisi yli puoli kierrosta. Hihnajarru edellyttää kelaan muutoksia, muun muassa kelan päätyä täytyy vahvistaa, jotta se ei väännä jarrituksen yhteydessä. Päätyyn täytyy lisätä reunallinen kouru, johon hihna asetetaan niin, että jarrituksen yhteydessä se ei pääse luiskahtamaan sieltä pois. Vahvistaminen aiheuttaa lisäkustannuksia kelaan. Tällaisella systeemillä saataisiin mahdollisimman suuri jarrutusvoima aikaiseksi käyttämättä pitkää vipuvartta tai suurta voimaa vipuvarren vääntämiseksi. Mekaaninen jarru voi olla myös asennettuna suoraan moottorin yhteyteen lisävarusteena, joilloin se hydraulikan pettäessä automaattisesti lukittuu. Kuvassa 13 on esitetty mahdollista ratkaisua hihnajarrun sijoituspaikaksi. Vihreällä kuvattu on hihna sekä vääntövarsi.

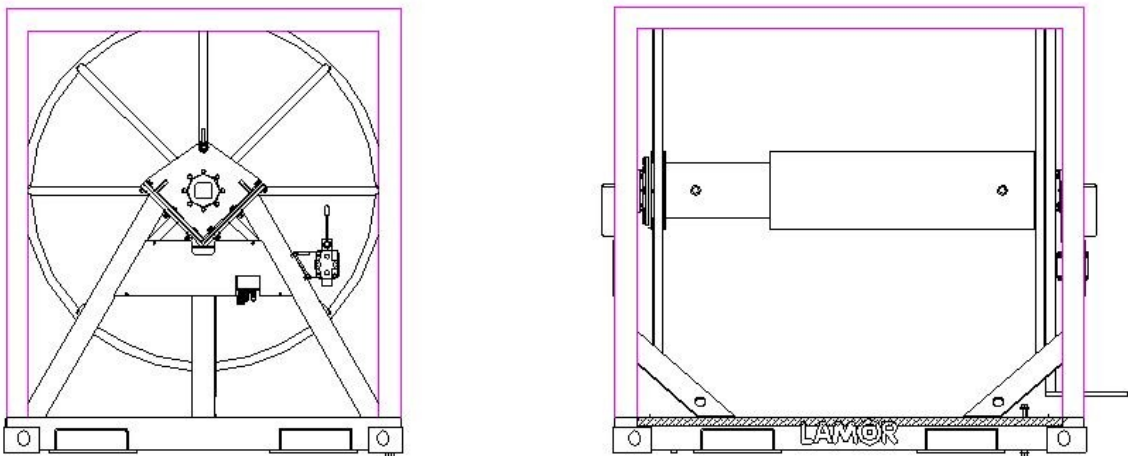
Toisena vaihtoehtona mekaaniseksi jarruksi käsiteltiin levyjarrua, jonka asennuspaikana olisi moottorin ja kelan keskiön välinen alue. Levyjarru toteutettaisiin, joko käsikahvakäytöllä tai polkimella. Kummankin pitää olla myös lukittavissa, jotta moottorin mahdollisesti rikkoutuessa kelan pyöriminen saadaan estettyä. Jarrun valinnassa päädyttiin käyttämään levyjarrua, koska sillä saadaan parempi luotettavuus. Levyjarrun valinnassa vaikutti myös se, että näin tehtäessä ei tarvitse muuttaa kelaa ja se on hinnaltaan näin ollen halvempi ratkaisu.



Kuva 13. Mekaaninen jarru (higna)

3.4.5 Offshore -runko

Kelaan on myös suunnitteilla offshore -runko, jolla mahdollistetaan kelojen päällekkäin kokoaminen ja nelipiste-nosto. Offshore -rungon etuina ovat myös helppo säältä suojaaminen sivuille ja katolle tulevilla pressuilla. Rungon ylänurkkiin laitetaan twistlockit, jotka mahdollistavat toisen puomikelan päälle laittamisen. Offshore -rungon huonona puolena on kuitenkin sen hinta ja se, että harvat asiakkaat kuitenkaan tarvitsevat sitä. Rungon kiinnitys puomikelan runkoon hoidetaan pultiliitoksella, jotta se on mahdollista lisätä puomikelaan myös jälkeinpäin näin haluttaessa. Rungon materiaalina toimii S355 ja se on hitsattu rakenne, joka on valmistettu kotelopalkeista kooltaan 100 mm x 100 mm ja seinämän paksuus 4 mm. Kuvassa 14 on esitetty havainnekuva offshore -rungosta. Sen osalta todettiin, että se vaatii lisää tutkimista.



Kuva 14. Offshore -runko

3.4.6 Lisälaitteet

Mahdollisena lisälaitteena puomikelan runkoon on mahdollista kiinnittää ilmapuhallin, jolla saadaan täytettyä ilmalla sellaiset puomit, joissa on ilmakammiot. Ilmapuhallin lisälaitteen kiinnitys tapahtuu erilliseen runkoon, joka on mahdollista kiinnittää pulttiliitoksella puomikelan runkoon kiinni ja näin se saadaan liitettyä puomikelaan pitämällä runko vakiomallisena. Tämän lisälaitteen apurunko valmistetaan rakenneteräksestä, U-profiilista, joka saadaan laitettua puomikelarungon I-profiilin pystyosaan kiinni pulteilla. Ilmapuhallin asennetaan kiinni joko kelan päätyyn tai kelan rungon sisäpuolelle.

Toinen mahdollinen lisälaite kytkettäväksi puomikelan runkoon on hydraulikkakoneikko. Se pultataan myös erilliselle lisärungolle, joka taas pulttiliitoksella kytketään puomikelan runkoon. Tämän lisälaitteen tarkoituksena on toimia tehonlähteenä. Hydraulikkakoneikkoa voidaan käyttää kelan pyörittämiseen tai olemaan tehonlähteenä öljynkeräinjärjestelmälle. Hydraulisen tehonlähteen kytkentä kelan päähän on toimiva ratkaisu, jos kelaä käytetään olosuhteissa, joissa ulkopuoleista hydraulikkaliitääntä ei ole mahdollista toteuttaa. Tällaisena paikkana voidaan pitää esimerkiksi satamaa, jossa ei ole hydraulikkaliitääntämahdollisuutta suoraan. Hydraulikkakoneikko voidaan myös sijoittaa puomikelan toiselle pitkälle sivulle niin, että koneikon moottori on suojattu lämpöä eristävillä suojilla, jotta puomi ei pääse sulamaan.

4 Maalaus ja pintakäsittelyt

Kelojen ruostuvien osien maalaus ja ruosteenesto tehdään standardin ISO 12944 luokituksen C5-M/H mukaan. Ennen maalausta on kelan ruostuvien osien kuten rungon jäysteet poistettava ja pinta hiekkapuhallettava tai käsiteltävä kemikaaleilla puhtaaksi. Ruostuvat osat on maalattava asianmukaisesti.[8.]

4.1 Pintakäsittelyt ennen maalausta

Kaikki terävät kulmat tulee pyöristää ennen maalausta ja hitsausroiskeet tulee poistaa, jotta saadaan mahdollisimman hyvä pinta pohjamaalille. Täytyy myös huomata, että kappaletta ei tule kuumasinkitä, koska kelan kiinnityskohdat voivat vapauttaa hitsauksessa tulleet pienet sisäiset jännitykset ja kiinnityspinnat voivat mennä kieroiksi. Puo-

mikelan runko tulee myös hiekkapuhaltaa ennen maalausta, jotta pinta olisi mahdollisimmin puhdas sitä varten.

4.2 Maalaus

Puomikelojen maalauksessa käytetään joko sinkkipohjaista epoksimaalia tai epoksi-pohjamaalia. Näin varmistetaan maalin hyvä pitävyys ja kesto. Puomikelan runko tulee maalata epoksimaalilla, jolla on hyvät säänkesto ominaisuudet ja näin ollen soveltuu hyvin käyttökohteisiin. Puomikelan runko voidaan myös pulverimaalata, jolloin pohjamaalin valinta täytyy olla sen mukainen. Rungon pintaväriksi tulee sininen RAL 5010, joka on yrityksen käyttämä väri puomikelojen rungossa.

4.3 Pintakäsittelyt maalauksen jälkeen

Pintakäsittelyihin maalauksen jälkeen kuuluu lähinnä tarrojen asennus. Tarrojen asennus tehdään merkkaamaan nostopisteitä, sitomispisteitä sekä varoitukseksi. Nostopisteisiin laitetaan nostopisteitä kuvaavat tarrat. Puomikelaan kiinnitetään myös Lamor Corporation AB:n logot. Laitteeseen kiinnitetään myös varoitustarrat kaikkiin tärkeisiin kohtiin. Murskaantumisvaara-tarra tulee kiinnittää kelan päätyyn moottorin viereen. Puomikelaan asennetaan myös tyyppikilpi, joka kertoo kelan mallin ja valmistusnumeron. Tuotteeseen asennetaan myös tarra, joka kertoo puomikelan painon tyhjänä, sekä punnitun painon, kun siihen on laitettu puomi. Liitteestä 5 löytyvät puomikelan erilaiset varoitustarrat sekä puomikelan paino-tarra.

5 Yhteenveto ja päätelmät

Insinööriyön aiheena oli suunnitella sekä kehittää puomikela vanhan puomikelan pohjalta. Lähtökohtaisesti Lamor Oy:n vanhaa puomikela pystyttiin käyttämään suuntaa antavana ratkaisuna. Apuna työn tekemisessä olivat työnohjaajat sekä omat kokemukseni aiheeseen liittyvät. Työ aloitettiin standardin sekä yrityksen vaatimien asioiden listaamisella vaatimuslistaan. Työn tekeminen edistyi hyvin ja saatiin selvitettyä, mitä asioita standardin mukaisen puomikelan valmistus vaatii. Työssä käy myös ilmi, miten vanhoja ominaisuuksia muuttamalla saadaan kutakuinkin saman hintaluokan standardia vastaava malli.

Työn aikana huomattiin, että vanhassa puomikelamallissa on paljon käyttökelpoisia ominaisuuksia. Puomikelassa keskiö pysyi samanmallisena, muutokset koskevat ainoastaan moottorivaihdystelmän kiinnityspultteja. Rungon muoto pysyi vakiona, mutta alapalkit muuttuivat kotelopalkeista i-palkkeihin. Työssä muutettiin lähinnä puomikelan yksityiskohtia toimivammiksi ja standardin vaatimiksi. Työn edetessä kävi selkeäksi, että puomikelan uuden version mahdollisuudet ovat vanhaa paremmat ja helpommin muutettavissa. Myös puomikelan uusi versio ja määritelmät mahdollistavat sen valmistamisen joka puolella maailmaa. Puomikelassa on myös määritelty standardin vaatimat nostokorkeudet ja turvallisuusasiat.

Rungon kehityksen kannalta päädyttiin vaihtamaan nykyiset kotelopalkit IPE -palkkeihin, joissa ei niin helposti jää suojaamattomia kohtia. Runkoon lisättiin myös haponkestävästä teräksestä valmistettu lista suojaamaan runkoa tasapainoketjun kolhuilta käytön yhteydessä. Näissä asioissa parannettiin puomikelaa korroosiota kestävämmäksi. Puomikelan kela-osuuteen ei tehty muutoksia, koska niistä ei olisi ollut suurta hyötyä. Kela täyttää tällä hetkellä jo standardin vaatimukset. Moottoriosioissa tutkittiin erilaisia moottorivaihtoehtoja korvaamaan nykyinen hydraulikkamoottori. Osiossa todetaan, että hydraulikka on kaikista käyttökelpoisin puomikelan moottorivaihtoehtoista. Moottoriksi valikoitui Black Bruinin BB6, johon on mahdollista saada vaapyörinä sekä mekaaninen jarru. Laakerointiosiossa on todettu, että pallomainen rullalaakeri on hyvä ratkaisu puomikelan moottorittoman pään tukilaakeriksi.

Voimansiirrossa käsitellään kahta erilaista voimansiirtomenetelmää, joista valikoitui nykyisessä kelamallissakin käytössä oleva suorakytkentä. Suojat ja varuste-osio käsittelee uusia suojia sekä varusteita. Osa on jo nykyisessä kelassa, mutta niitä on hiukan muokkailtu uuteen malliin. Sen jälkeisessä osiossa on käsitelty kahta erilaista jarrua, joista valikoitui levyjarru sen paremman asennettavuuden kannalta. Offshore -rungon osalta tullaan mahdollisesti tekemään jatkokehitystä ja tutkintaa. Lisälaitteet on mahdollista asentaa puomikelaan lisärungon avulla. Maalausohjeistus on suoraan ISO-12499 standardin mukainen ja täyttää myös ASTM -standardin vaatimukset.

Laitetta tullaan vielä kehittämään, sitten kun ASTM WK37299 -standardista tulee lopullinen versio. Standardi saattaa vielä muuttua, koska se on vasta luonnosversio. Mikäli lopullinen standardi muuttuu paljon, se täytyy jatkokehityksessä ottaa huomioon. Puomikelastandardin lopullinen versio tulee määrittämään lopullisen tuotteen kaikki viimeisimmätkin vaatimukset.

Puomikelan kehitysprojekti oli mielenkiintoinen työ ja sain siitä omasta mielestäni paljon irti. Työ onnistui hyvin ja sain täytettyä standardin vaatimat ominaisuudet hyvin. Työssä ei ollut tarkoituksena tehdä 3D-mallia puomikelan uudesta versiosta. Yrityksen vaatimusten täyttymisen suhteen mielestäni onnistuin myös hyvin ja sain suurimman osan toiveista täytettyä.

Lähteet

- 1 Lamor Oy. Verkkodokumentti. www.lamor.com. Luettu 05.03.13.
- 2 ASTM WK37299 standardi. Ohje öljypuomikelan määrittelyyn. (New guide for specifying oil boom reels).
- 3 SFS 4820 standardi. Haarukkatrukit
- 4 Parker Pneumatic. Verkkodokumentti. http://www.parker.com/literature/Pneumatics%20Division%20Europe/PDE-Documents/P1V-A_Technical%20Catalogue-UK.pdf. Luettu 22.04.13.
- 5 Sai S.P.A. Verkkodokumentti. http://www.saispa.com/2010/EN/prodotti_choose.php. Luettu 04.04.13.
- 6 Black Bruin. Verkkodokumentti. https://dl.dropbox.com/s/2m5cgydrq1pcc1v/Black_Bruin_Motor_Brochure_EN_2012-08-22_WEB.pdf. Luettu 04.04.13.
- 7 SKF Group. Verkkodokumentti. <http://www.skf.com/group/products/bearings-units-housings/roller-bearings/spherical-roller-bearings/sealed-bearings/index.html>. Luettu 04.04.13.
- 8 ISO 12944 standardi. Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmillä.
- 9 General Lashing. Verkkodokumentti. http://www.generallashing.com/html/enProducts33_.html. Luettu 22.04.13.

Puomien nostokorkeudet

Puomi	Paino (kg/m)	Momentti Max	Nostokorkeus vedestä Max (m)	Nostovoima (Kg)	Varmuuskerroin	Laskettu nostokorkeus (m)
HDB 900	7,4	6200	103,52	766,07	0,65	67,29
HDB 1000	8,2	6200	93,42	766,07	0,65	60,73
HDB 1200	9,3	6200	82,37	766,07	0,65	53,54
HDB 1300	12,5	6200	61,29	766,07	0,65	39,84
HDB 1500	15	6200	51,07	766,07	0,65	33,20
HDB 1600	16	6200	47,88	766,07	0,65	31,12
HDB 1800	21	6200	36,48	766,07	0,65	23,71
HDB 2000	21,5	6200	35,63	766,07	0,65	23,16

Nostokorkeudet on laskettu kaavoista

- $6200 \text{ Nm} \div 0.825\text{m} \div 9.81 \text{ m/s}^2 = 766 \text{ kg}$
- $766 \text{ kg/painolla (kg/m)} = \text{korkeus vedestä}$
- $\text{korkeus vedestä} \times \text{varmuuskerroin} = \text{todellinen nostokorkeus}$
- varmuuskerroin on arvioitu veden- sekä ilmanvastuksen aiheuttamista kuormista nosto- ja laskuhetkellä, arvio 0,65

Black Bruin BB6 -moottorin tiedot

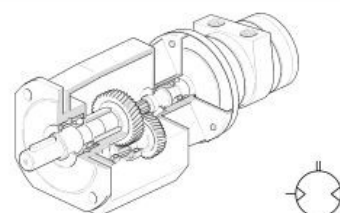
Motor frame size		BB 6		
Displacement	ccm	2000	2500	3150
Peak pressure	bar		450	
- Peak torque	Nm	13440	16810	21170
Intermittent* pressure	bar		400	
- Intermittent torque	Nm	11950	14940	18820
Power				
- Max. displacement	kW		90	
- 1/2 displacement			54	
Max. speed				
Working	rpm	175	140	110
- 1/2 displacement	rpm	220	180	145
- Freewheeling	rpm		400	
Brake (multi disc)				
- Brake torque	Nm		20000	
- Releasing pressure	bar		52	
- Max brake pressure	bar		250	

Parker Pneumatic P1V-A -moottorin ja hammasvaihteiden tiedot

Air Motors, Helical gear

P1V-A

NOTE! All technical data are based on a working pressure of 6 bar.



D: Motor with helical gear, flange mounting

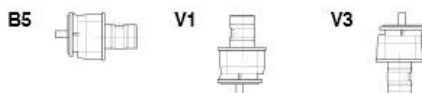
Max power	Max speed	Speed at max power	Torque at max power	Min start torque	Max permitted torque	Air consumption at max power	Con-nection	Min pipe ID inlet/outlet	Weight	Order code
kW	rpm	rpm	Nm	Nm	Nm	l/s		mm	Kg	
Series P1V-A160										
1.600	660	590	23	35	70	32	G1/2	19/19	9.5	P1V-A160D0066**
1.600	320	280	49	74	125	32	G1/2	19/19	11.5	P1V-A160D0032**
1.600	140	120	113	170	200	32	G1/2	19/19	14.0	P1V-A160D0014**
1.600	80	70	200	300	430	32	G1/2	19/19	29.0	P1V-A160D0008**
1.600	37	32	415	623	750	32	G1/2	19/19	42.5	P1V-A160D0004**
1.600	25	20	685	1028	1200	32	G1/2	19/19	62.5	P1V-A160D0003**
Series P1V-A260										
2.600	800	565	42	63	70	60	G3/4	19/25	13.8	P1V-A260D0080**
2.600	520	365	65	98	125	60	G3/4	19/25	15.8	P1V-A260D0052**
2.600	250	175	135	203	200	60	G3/4	19/25	18.5	P1V-A260D0025**
2.600	110	80	302	453	430	60	G3/4	19/25	34.0	P1V-A260D0011**
2.600	60	40	565	848	750	60	G3/4	19/25	47.0	P1V-A260D0006**
2.600	30	20	1020	1530	1200	60	G3/4	19/25	67.0	P1V-A260D0003**
Series P1V-A360										
3.600	1050	625	52	78	125	80	G1	22/32	24.5	P1V-A360D0105**
3.600	520	310	105	158	125	80	G1	22/32	24.5	P1V-A360D0052**
3.600	250	150	215	323	430	80	G1	22/32	42.5	P1V-A360D0025**
3.600	125	74	440	660	750	80	G1	22/32	54.5	P1V-A360D0013**
3.600	62	37	850	1275	1200	80	G1	22/32	75.5	P1V-A360D0006**
3.600	30	18	1800	2700	4000	80	G1	22/32	149.5	P1V-A360D0003**

Note!

** specify installation position in the order no. as in the illustrations below.

Example: P1V-A160D0066B5

D: Installation positions, helical gears and flange



Twistlock



Kuvassa on esitettyä General Lashingin toimittava twistlock.[9].

Puomikelan tarrat



Kuva 1. Nostopiste-tarra



Kuva 2. Murskaantumisvaara-tarra



Kuva 3. Puomikelan paino-tarra