

Tauno Kuusik

Kuluefektiivseim jõuseade Sandown klassi laevadele

Magistritöö

Juhendaja: Lektor Maret Güldenkoh

Kaasjuhendaja: MSc Marek Mardo

Tallinn 2021

Olen koostanud töö iseseisvalt.

Töö koostamisel kasutatud kõikidele teiste autorite töödele,

olulistele seisukohtadele ja andmetele on viidatud.

Tauno Kuusik

Allkirjastatud digitaalselt 21.05.2021

Üliõpilase kood: 192330 VAAM

Üliõpilase e-posti aadress: taunokuusik1234@gmail.com

Juhendaja: Lektor Maret Güldenkoh

Töö vastab lõputööle esitatud nõuetele

Allkirjastatud digitaalselt 21.05.2021

Kaitsmiskomisjoni esimees: Itella Logistics OÜ juhatuse esimees Meelike Paalberg

Lubatud kaitsmisele

SISUKORD

ANNOTATSIOON.....	5
SISSEJUHATUS.....	6
1. Elutsüklikulu ning selle struktuur	9
1.1 Elutsüklikulude ajalugu	9
1.2 Elutsüklikulu eelarve kujunemine.....	11
1.3 Elutsüklikulude modelleerimise meetoodika.....	13
1.4 Elutsüklikulu modelleerimine.....	15
1.5 Elutsüklikulude protsentuaalne jaotus	17
1.6 Elutsüklikulu ja kuluartiklite defineerimine	19
1.7 Elutsüklikulude komponendid ning nüüdisväärtus ja arvutamise põhimõte	21
2. Jõuseadmete soetus-, paigaldus- ja hoolduskulude andmete kogumine	24
2.1 Andmete kogumise meetoodika	24
2.2 Voith Schneider Propeller 16GS/110 spetsifikatsioon	24
2.3 Paxman Valenta 6RPA 200EM spetsifikatsioonid ja hoolduskulud	25
2.4 Volvo Penta D16MH Spetsifikatsioonid ja hoolduskulud.....	27
2.5 MTU 8V4000M53R spetsifikatsioonid ja hoolduskulud.....	30
2.6 Caterpillar 3508C spetsifikatsioonid ja hoolduskulud.....	33
3. Jõuseadmete parameetrite võrdlus, tasuvusanalüüs ja kuluefektiivseima jõuseadme valik...36	
3.1 Jõuseadme parameetrite analüüs.....	36
3.2 Jõuseadmete soetus- ja paigaldusmaksumuse võrdlusanalüüs	38
3.3 Jõuseadmete hooldus- ja remondimaksumuse analüüs.....	40
3.4 Jõuseadmete tasuvusanalüüs.....	42
3.5 Soovitused kuluefektiivseima jõuseadme valikuks	44
KOKKUVÕTE.....	46
Summary.....	48

VIIDATUD ALLIKAD.....	50
-----------------------	----

ANNOTATSIOON

Elutsüklikulu kalkuleerimine uue seadme soetamisel on üks olulisemaid lähtekohti, et saada ülevaade selle kogumaksumusest, mis hõlmab endas peale soetuskulude veel ka hooldus- ja paigalduskulusid, projekteerimise- ja mahakandmise kulusid. Laeva peamasinate vahetusega kaasnevaid kulusid ja riske saab tänu elutsüklikulude kalkuleerimise maandada ning tänu sellele neid ka kokku hoida. Eesti mereväe miinjahtijate peamasinate vahetuse projekti tarbeks koostatakse töös tasuvusanalüüs ning antakse soovitusel kõige kuluefektiivseima jõuseadme valikuks. Magistritöö lõpptulemuse abil on mereväel ja Riigi Kaitseinvesteeringute Keskusel kergem kaaluda jõuseadmete valikut ning jätkata peamasinate vahetuse projektiga.

Võtmesõnad: tasuvusanalüüs, kuluefektiivsus, jõuseadmed, Kaitsevägi, finantsanalüüs.

SISSEJUHATUS

Kogu tehnika ja tehnoloogia on ajas vananev ning need omavad ettemääratud elutsükli, olenemata sellest, kas keegi on selle välja arvutanud või siis mitte. Soetades uut elektroonikat või mõningaid muid seadmeid, peame endale aru andma, et ajapikku tuleb need vahetada uute või uuemate versioonide vastu või neist siis sootuks loobuda. Arvestades Kaitseväge tähtsust tänapäevamaailmas, peavad Kaitseväes kasutuses olevad põhivarustuse elemendid olema kaasajastatud, perioodiliselt hooldatud ning õigel ajal väljavahetatud minimeerimaks tehnilisi probleeme erinevate riikidevaheliste konfliktide ajal.

Eesti Merevägi kaitseb Eesti territoriaalset terviklikkust ja riiklikke huve merel. Mereväe peamine tegevusvaldkond on miinitõrje merel ning mereolukorra-teadlikkuse tagamine. Laevastik koosneb miinijahtijatest ning miinitõrjeoperatsioonide toetuseks kasutatavast staabi-ja toetuslaevast. Eestil on kokku kolm nüüdisaegsete miinitõrjesüsteemidega varustatud Sandown klassi miinijahtijat, üks Lindormen klassi staabi- ja toetuslaev ja kaks spetsiaalselt Eesti mereväe jaoks valmistatud väekaitsekaatrit. (Merevägi, 2021) Tulenevalt ülesannetest ja arvestades, et Eesti panustab aktiivselt miinitõrjealastel missioonidel koostöös NATO-ga, siis peaks ka kasutatav tehnika olema heas tehnilises seisundus selleks, et ei tekkiks suuri tehnilisi probleeme.

Töö autorile teadaolevalt ei ole veel Eesti Kaitseväes kasutatud LCC (Life Cycle Costing) organiseeritud lähenemist ega tehtud vastavaid arvutusi enne seadmete/süsteemide soetamist, tulenevalt standardiseeritud vormide puudulikkusest ning seetõttu ei ole võimalik saadud pakkumisi sarnastel alustel hinnata. Seadmete, relvasüsteemide ja muude suurhangete puhul sisaldavad eelarveprognoosid valdavalt ainult hankeks vajalikke finantsvahendeid ning seadmete/süsteemide alalhoidmisega kaasnevate tulevaste rahavoogude vajadus (elutsüklikulud) on koostatud üsna pealiskaudselt. Riigikontrolli audit toob välja, et hangetes on püütud selgitada kaasnevaid elutsüklikulusid ja nende abil määratleda pakkumuse realistlikkus, kuid paraku esitatud elutsüklikulud ei ole osutunud määravaks hankeotsuse langetamisel. (Riigikogule, 2020, lk 6-7)

Magistritöö teema on valitud praktilist vajadust arvestades ning samuti soovis autor läbi viia uuringu, mida saab tulevikus tööalaselt kasutada. Täna on Eesti mereväe miinijahtijatel

jõuseadmetena kasutuses Paxman Valenta 6RPA 200EM (Eesti Kaitsevägi, 2020), mille hinnanguline kasutusiga, arvestades laevade eksploatatsiooni graafikut, on indikatiivselt aastani 2025. Käesolevad miinjahtijad hangiti Suurbritanniast ning anti mereväele remondituna üle aastatel 2007-2009. Merevägi on neid laevu ekspuateerinud üle 10 aasta. Aastal 2021 kasutuses olevad peamasinad lähenevad eluea lõpule. Operatsioonilistest plaanidest tulenevalt on hinnanguline töötundide arv indikatiivselt 1500 töötundi aastas ja sellele eeldusele tuginedes saab Paxman Valenta jõuseadmete motoressurss täis aastal 2024-2026. Lisaks eeltoodule on Paxman Valenta jõuseadmetele teostatud mitmeid erakorralisi remonttöid ja iganemisest tingituna on varuosade tarneajad ebamõistlikult pikad või neid ei toodeta enam üldse, mistõttu mereväe lepingupartneritel tuleb leida teisi alternatiive hoolduste ja remontide teostamiseks. Viidates eeltoodud probleemidele ja arvestades operatiivvajadustega osutub Paxman Valenta peamasinate edasine kasutamine majanduslikult ebamõttekaks ning järgmise 15-20 aasta jooksul ei ole neid otstarbekas käitada.

Magistritöö eesmärgiks on välja selgitada kuluefektiivseim pemasin, mille vastu kasutuses olev pemasin Paxman Valenta 6RPA 200EM vahetada.

Eesmärgi täitmiseks püstitatakse järgmised uurimisülesanded:

1. Hinnata asendatavate jõuseadmete parameetreid ning soetus- ja paigaldusmaksumust, mis kaasnevad peamasinate vahetusprojektiga.
2. Teostada miinjahtijate peamasinate vahetuse tasuvusanalüüs.
3. Analüüsida teooriast ja tasuvusanalüüsist tulenevaid võimalusi ning pakkuda välja parim lahendus miinjahtijate jõuseadmete vahetuseks.

Käesoleva töö raames on esimesed sammud juba astunud ning Kaitseministeeriumi arengukavasse on planeeritud finantsressursid programmi teostamiseks. Magistritöö teema on Kaitseväes aktuaalne ning selle tulemusena ei ole töö autor ainukene, kes on huvitatud töö lõpptulemusena ka projekti läbiviimisest, mis on planeeritud aastatel 2022-2023. Peale peamasinate vahetust pikeneb laevade edasine kasutusiga ja sellega seoses paraneb miinjahtijate tehniline valmisolek, et täita püstitatud eesmäärke.

Töös kasutatakse läbivalt kvantitatiivset uurimismeetodit, mis kajastub andmete kogumises ja töötlemises. Saadud andmete töötlemiseks kasutatakse magistritöös erinevaid finantsanalüüsi

meetodeid, sealhulgas valemeid ning keskendutakse elutsüklikulule, alustades soetusmaksumuselt kuni eluea lõpuni. Lisaks peamasinatate maksumusele (alginvesteering), arvestatakse ühe hindamiskriteeriumina lisaks ka elutsüklikulu. Hangitava seadme elutsüklikulude arvestamist saab kasutada ühe hindamiskriteeriumina valikuotsuse langetamisel. Magistritöös kasutatavad summad on indikatiivsed ning ei ole otseselt seotud tegelike hindadega, vältimaks hankemaksumuste avalikustamist kolmandatele osapooltele. Peale analüüside koostamist annab autor soovitusel kõige kuluefektiivseima jõuseadme valikuks.

Magistritöö koosneb kolmest peatükist. Töö metoodiline osa tugineb enamjaolt elutsüklikulu ja raha ajaväärtusteooriale, mida käsitletakse esimeses peatükis. Töö esimeses osas annab autor ülevaate elutsüklikulude ajaloost, elutsüklikulude modelleerimisest ja sellega kaasnevatest probleemidest ning hüvedest.

Teises peatükis toob autor välja planeeritavate jõuseadmete tehnilised spetsifikatsioonid. Seejärel analüüsitakse jõuseadmete soetus- ja paigaldusmaksumust ning hooldusväljade vahet ning sellega kaasnevat maksumust. Kuna üheks piiranguks jõuseadmele on sõuvõllipöörete arv ning võimsus võllilt toob autor välja tsükloidse jõuseadme poolt etteantud piirangud ja võimalused.

Kolmandas peatükis teostab autor masinate tehniliste parameetrite võrdluse ja koostab tasuvusanalüüsi lähtudes eelnevates peatükkides toodud teoreetilisele taustale ning selgitab välja ja soovitab kasutusele võtta kuluefektiivseim jõuseade, mida edaspidi miinijahtijatel kasutama hakata.

1. Elutsüklikulu ning selle struktuur

1.1 Elutsüklikulude ajalugu

Elutsüklikulu terminit hakati laialdasemalt kasutama kuuekümnendatel aastatel. Esmalt võttis selle mõiste kasutusele USA Kaitseministeerium (DoD). Tänu elutsüklikulude¹, edaspidi LCC, arvutamisele hakkas USA Kaitseministeerium tunnistama, et langetades hankeotsuseid suuresti ainult ostuhinnaletuginedes, võib olla petlik. Peagi saadi aru, et kulud erinevate soetatud süsteemide hooldamiseks ja nendega opereerimiseks on suuremad, kui süsteemi enda esialgne maksumus. (Eisenberger. I, 1977) Kuuekümnendatel teostati USA-s suurem osa hangetest siiski ainult madala pakkumise alusel. Kuigi selleks ajaks oli juba välja töötatud hankedokumentatsioon, mis nägi ette, et hankija peab arvestama ka lisaks hinnale muude teguritega. (Staats, 1968)

Halvasti läbi viidud otsused hanketulemuste hindamisel ja vähesed teadmised LCC valdkonnas toovad üldjuhul kaasa suuremad lisakulud ning sellisel juhul ei saa ka hinnata majanduslikku kasumlikkust. 1987. aastal trükkis United States NIST esmapublikatsiooni *Life-Cycle Costing for the Federal Management Program*, mille eesmärk oli standardiseerida protsessi. Esimene rahvusvaheline ISO/IEC 15288 standard avaldati 2002 aastal. (Sanches, 2015)

Riiklikul tasandil kaitseotstarbelistes hankeprotsessides on üha enam saamas kogukulude ehk LCC arvutamine määravaks osaks. LCC on tugeva kaalutlusega argument, kui soovetakse hankida uut seadet/süsteemi. Tuginedes LCC metoodikale on võimalik planeerida tulevasi rahavooge hangitava seadme planeeritud elueaks. Relvasüsteemi või seadme eeldatava eluea kogurahavoogude leidmiseks on tarvilik jagada kõik kulud elutsüklikulude alajaotusskeemi (vt Joonis 1) alusel gruppidesse. (Woodward 1997, 336, RTO-SAS-069)

¹ Seadmete elukaare maksumuse juures kasutatakse mitmeid termineid. Antud magistritöös kasutatakse terminit elutsüklikulu *Life Cycle Cost* (LCC).

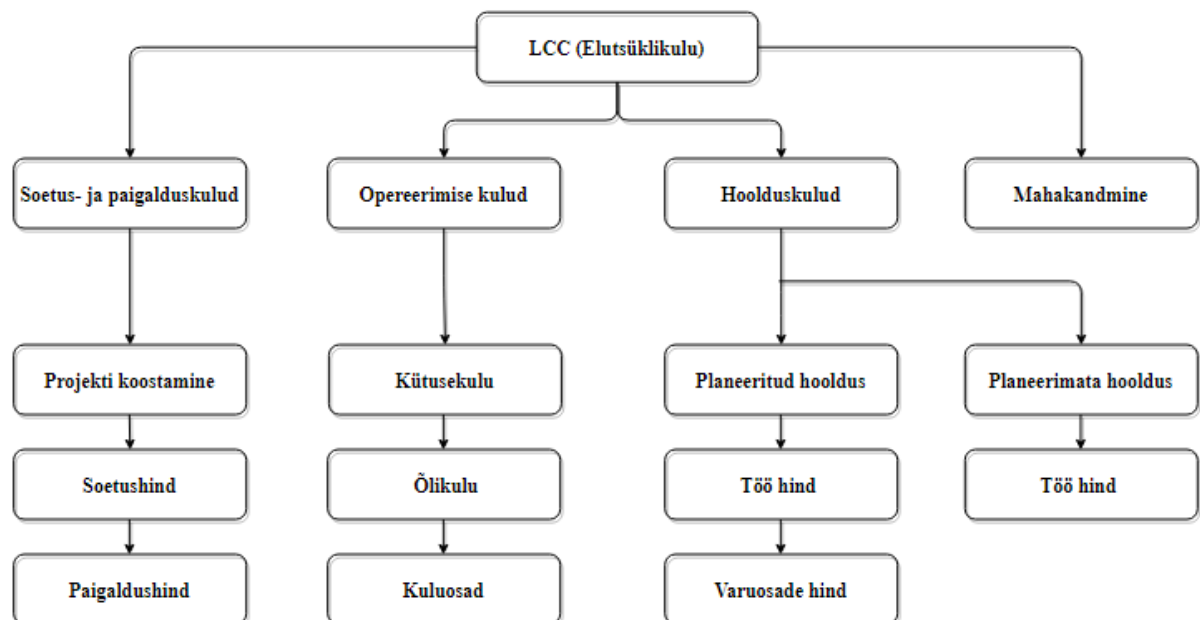


Joonis 1. Elutsüklikulude etapid

Allikas: (RTO-TR-SAS-069, 2009)

Eelmainitud jaotusskeemis kannab iga grupp kindlat rolli ning selline struktureerimine aitab tuua esile määramatuse, riskide, ajakava ja eesmärkidega seotud pidepunktid ning otsustuspunktid. (AAP-48, 2007, lk 4)

Joonisel 2 on toodud neli põhilist struktuuri elementi, mis on järgnevas töös olulised. Struktuur koosneb neljast harust milledeks on; 1)soetus- ja paigalduskulud, mis hõlmab endas projekti koostamist, jõuseadme soetushinda ja paigaldushinda. 2)optimeerimiskulud, milles on kütusekulu, õlikulu ja kuluosad. 3)Hoolduskulud, milles on toodud planeeritud hooldus , töö hind ja varuosade hind. 4)Mahakandmine, mis antud juhul on laeva teenistusest välja arvamine koos jõuseadmetega. Joonisel 2 toodud struktuurist kasutatakse töös kahte haru. Esimesena tuuakse välja soetus- ja paigalduskulud ning seejärel hoolduskulud. Optimeerimiskulusid ja mahakandmiskulusid antud töös ei käsitleta.



Joonis 2. LCC struktuur

Allikas: Autori koostatud joonis alapeatüki 1.1 alusel

Antud alapeatükis andis autor ülevaate elutsüklikulude ajaloost ja selle kujunemisest. Autor koostas LCC struktuuri joonise, mida täiendatakse edasises töös. Järgnevas alapeatükis kirjutab autor elutsüklikulude eelarve kujunemisest ja selle kasulikkusest.

1.2 Elutsüklikulu eelarve kujunemine

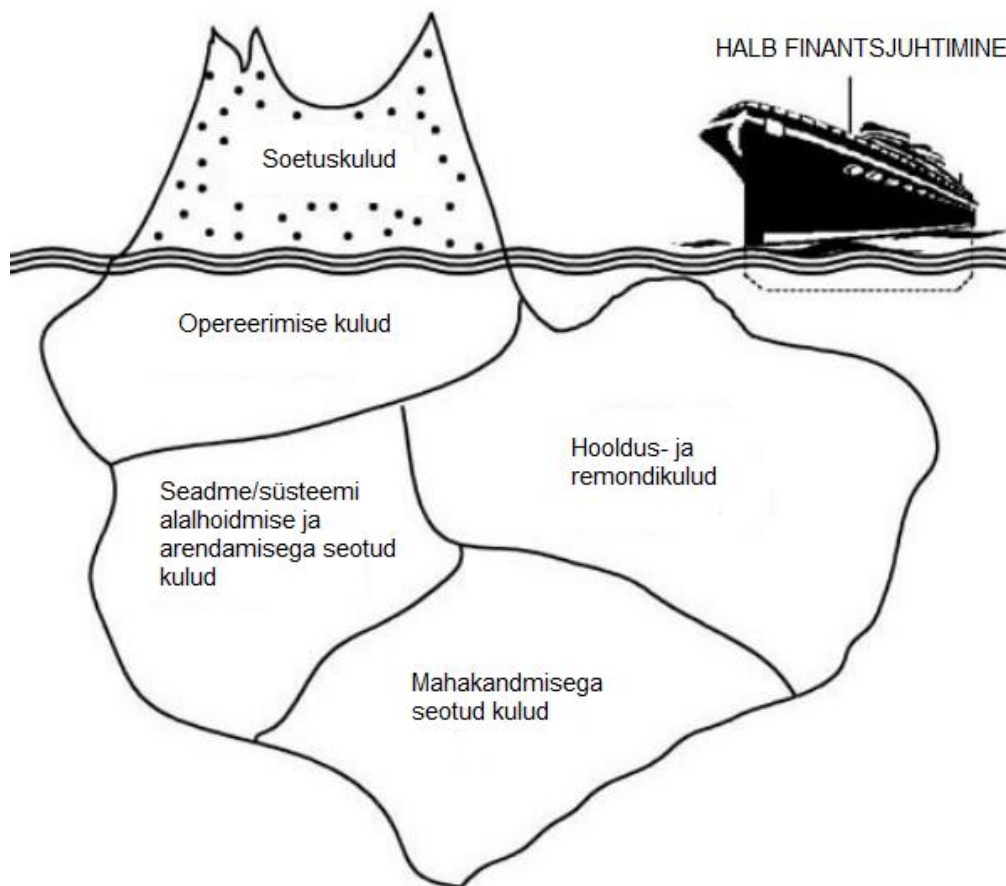
LCC kasutuselevõtmine ja selle koostamine ning edasine analüüs on küll pikk ja keeruline protsess, kuid siiski sellest saadavad kasud on pikemas plaanis tähtsamal kohal. Järgnevas peatükis vaadeldakse millised on suuremad positiivsed küljed ja millist kasu saadakse, kui kasutatakse LCC raames teostatud kalkulatsioone.

Üsnagi keeruline, on arvestada kõiki kõrvalisi kulusid, mis ei ole seotud seadme maksumusega. Analüüsima peab nii seadme paigalduskulusid, teatud ümberehituskulusid, kuid tavapärasest suurema kulu võib tekitada esialgu mitte nii suurt tähelepanu saav käitamis- ja hoolduskulu. Samuti peab arvestama seadme planeeritud kasutamisaega ja kas selle aja jooksul on vaja teostada mingisuguseid modifitseerimisi. On olukordi, kus seadme käitamis- ja hoolduskulud võivad minna suuremaks, kui seadme enda maksumus ja kui sellega ei ole suudetud LCC ajal arvestada, tuleb lisaks leida finantsvahendeid. (Eisenberger. I, 1977, lk 104)

Läbi LCC on hankijal võimalus vaadelda soetatava seadme/süsteemi täismaksumust. Esialgne ostuhind võib mõnel seadmel olla küll kallim kui teisel, kuid on olukordi, kus mõne kallima seadme hoolduskulud on odavamad ja kokkuvõttes jääb selle seadme eluea hind soodsamaks, kui kõige madalama hinnaga seadme müügipakkumus. Samuti on planeeritud hoolduste aeg ja hoolduskulud täpsemad, mis annab omakorda võimaluse ressursse paremini jagada. (The Top 10 Benefits of Calculating Life Cycle Cost, 2017).

Läbi LCC analüüsi saadud informatsiooni saab edaspidi kasutada ka teiste suuremate otsuste langetamisel. Ettevõtte kasu LCC kasutuselevõttuga ei pruugi olla ainult hankepõhine. Teades ette ajaliselt tulevaid hoolduseid ja nende summasid, võib ettevõttes viia sisse ka suured muudatused hoolduste planeerimise poliitikas. Nagu ka Eisengerger ja Lorden oma raportis on välja toonud, et iga süsteemi investeeritud rahaühik toob kaasa lisakasusid. (Eisenberger. I, 1977, lk 104)

LCC analüüsi meetod on tänapäevamaailmas aina enam kasu pakkunud mitte ainult militaarmaailmas, vaid ka erasektorites. Üha enam saadakse aru, kui kasulik on seadme eluiga ette planeerida ja sellega kaasnevaid kulusid optimeerida. Läbi LCC analüüsi suudetakse vähendada planeerimata suuri kulusi. Ning omakorda annab see hea võimaluse õigel ajal ennem suuremaid probleeme seadmed või süsteemid maha kanda. Joonis 3 on heaks näiteks, millised kasud kaasnevad LCC kasutuselevõtuga. Tänu LCC kasutamisele suudetakse näha ka kulusid peale ostmise protsessi, ekspluatatsiooni käigus.



Joonis 3. Seadme/süsteemi peidetud kulude jaotus

Allikas: (Blanchard, kuupäev puudub)

Antud alapeatükis kirjeldas autor eelarve kujunemise keerukust ning lisas ka näitlikustava joonise, kuidas praegustes hangetes arvestatakse ainult soetuskuludega ning seetõttu ei suudeta planeerida vajalikku eelarvet tuleviku hoolduste ja remonttööde tarbeks.

1.3 Elutsüklikulude modelleerimise metoodika

Elutsüklikulude leidmine on protsess, mis on suurel määral andmete poolt juhitud. Selleks, et aru saada, kui kvaliteetne on tulemus, tuleb esmalt paika panna analüüsivad andmed, mida hakatakse võrdlema. Selleks, et LCC hindamisanalüüsi teostada, on vajalik ära määrata, millistele nõuetele peab seade/süsteem vastama. Läbi nõuete saab seadmele/süsteemile määrata võimekust ja kvaliteeti. Mida detailsemalt ja kitsamalt nõuded lahti kirjutada, seda vähem on vaja tugineda erinevatele eeldustele ning sellest tulenevalt on võimalik kasutada kõige paremat hindamismudelit. Järgnevalt toob autor välja millised on kaks olulisemat nõuete kategooriat, mida autor peab antud uurimistöös juures oluliseks.

1. Süsteemi/seadme käitamiskulud, mis hõlmavad planeeritud hooldustöid vastavalt manusele;
2. Tehniliste spetsifikatsioonide kogum, mis on tuletatud asutuse nõuetest ja eripärast.

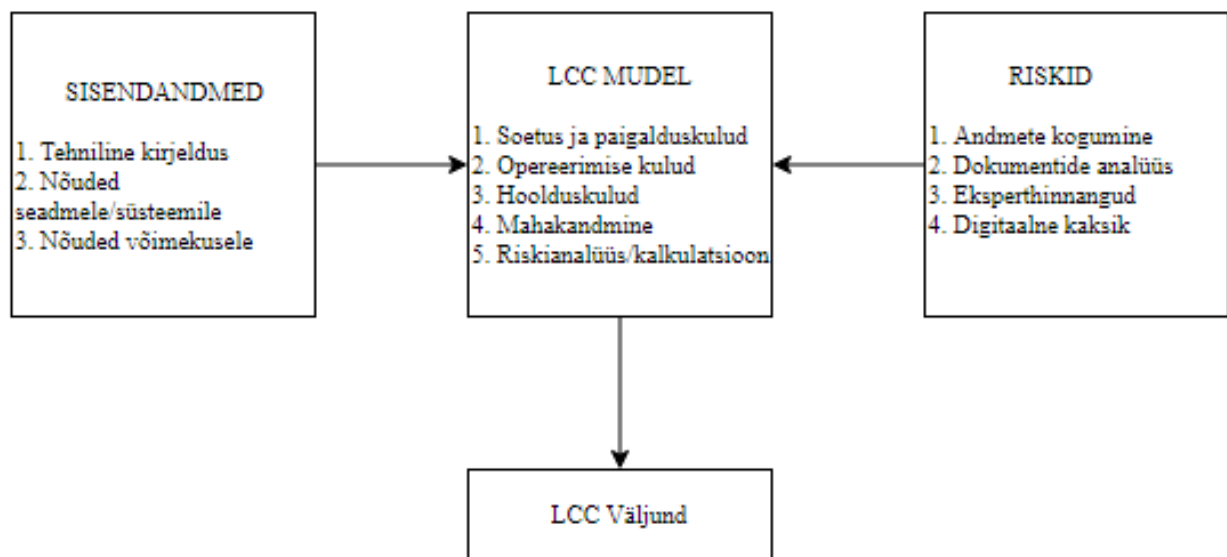
LCC jaoks kogutud andmete analüüs nõuab hulgaliselt erineva kategooria informatsiooni, mis tuleb saada hajutatult erinevatest allikatest. Eristada saab primaarseid andmeid, mis pärinevad otse allikast ja on seetõttu parema kvaliteediga ja usaldusväärsemad, ning sekundaarseid allikaid, mis on tuletatud millestki ning võivad olla muudetud, mis omakorda muudab need ebausaldusväärsemaks. Andmed võivad pärineda raamatupidamise aruannetest, erinevatest kuludokumentidest, ajaloolistest andmebaasidest, tehnilistest andmebaasidest, eriala spetsialistidelt, lepingutest, remondipakkumustest. (TRSAS-054TP/51, 2007, lk 6-2) Samuti on suur erinevus, kas andmed on saadud organisatsioonisiselt või väljastpoolt organisatsiooni.

Risk on üks suurematest probleemidest, mis käib kaasa kõikide projektidega. Riskide määramiseks on vaja eelnevalt need kategoriseerida ning jagada tasemeteks. Seoses riskide olemusest saab neid jagada teadlikeks, teadmatuteks, kalkuleeritud ja kalkuleerimata riskideks. Teadlike riskide puhul on kergem arvutada kahjusid, mis nendega kaasnevad, kuna riskide taustinformatsioon on teada ning nendel võib olla ka eelnev õpikogemus. Teadmatute riskidega on olukord halvem, kuna riskidest ei olda teadlikud, nende tasemed ei ole ettearvatavad ega ka nendega kaasnevad kulud ja kahjud. Riskitegurid võivad olla nii projektisisesed kui ka välised. Projektisisesete riskidena peetakse silmas neid, mis on seotud projekti endaga, üldjuhul finantsilised riskid, ajakava muutus ja personali probleemid. Projekti välistena peetakse silmas

riske, mis tulenevad muust keskkonnast. Nendeks võivad olla pandeemiad, riiklikud piirangud, poliitilised probleemid. (David. H, 2014)

Selleks, et riske maandada, tuleb olemasolevate andmetega teostada riskianalüüs. Andmeid riskianalüüsiks peab koguma eelnevalt ja selleks on erinevaid võimalusi. Andmeid võib saada varasemalt läbiviidud sarnastest projektidest, kasutades digitaalset kaksikut, dokumentide analüüsist või eksperthinnangut arvesse võttes. Läbi riskianalüüsi on võimalik panna paika, millise tasemega riskiga on tegu. Üldjuhul on toodud välja kaks riskitaset, milledeks on madala tasemega risk ja kõrge tasemega risk. Madala tasemega riskideks peetakse riske, mille mõju projektile ja selle jätkamisele ei ole suur ning riskist tulenevad maksumused on madalad. Kõrge tasemega riskide puhul võib aga projekti jätkamine jääda kahtluse alla ning sellega kaasnevad üldjuhul ka suuremamahulised kahjud.(David. H, 2014; Team)

Erinevate projektide puhul arvutades LCC-d oleks hea, kui kalkuleeritakse ka välja erinevad riskid ja nende tasemed. Ilma riskideta ei ole tehtud ühtegi projekti. Küsimus seisneb selles, kas projektijuht on teadlik nendest riskidest või mitte. Parimaks lahenduseks oleks võtta madala tasemega kalkuleeritud risk, mis näitab, et ollakse teadlik kaasnevate riskidega ning on arvutatud, millist kahju võib risk kaasa tuua seadme/süsteemi paigaldamisega. Riski arvutamisel on võimalik kasutada valemit, mis sisaldab kahte tegurit. Esiteks riski esinemise tõenäosus protsentides ning riskiga kaasnev eeldatav maksumus. Omavahel korrutades kalkuleeritaksegi riski maksumus. Näiteks kui on tõenäosus, et projekti käigus tuleb vahetada seadme/süsteemi juhtmestik, kuid selles ei olda kindel (tõenäosus on 60%) ja selle töö maksumus oleks 50 000 eurot, siis tuleks riski maksumuseks $0,6 \cdot 50\,000$ eurot = 30 000 eurot. (Team) Riskianalüüsi teostamise täpsus sõltub suuresti analüüsi tegeva projektimeeskonna eelnevatest kogemusest ja teadmistest.



Joonis 4. LCC kujunemine

Allikas: joonis autori koostatud alapeatüki 1.3 alusel

Alapeatükis eelnevalt käsitletud elutsüklikulude hindamise meetodikat ja mudeli komponente näitlikustab kokkuvõtvalt joonis 3, mis on autori enda koostatud kasutades selleks vabas kasutuses olevat skeemide koostamise programmi.

1.4 Elutsüklikulu modelleerimine

Teostades LCC analüüsi, on vajalik teada seadme/süsteemi eeldatava kasutusea pikkust, kuna mudelid, mis toetavad analüüsi teostamist, on erinevad. Lühikese perioodi kasutusega süsteemi LCC mudel ei pruugi sobida pika kasutusega seadme analüüsi koostamiseks, kuna neil on süstemaatilised erinevused arvestades ajalist hooldust, mis ei pruugi omada tähtsust lühikese aja vältel. Seadmete kasutamise eluea pikkuse järgi saab need jagada kolme gruppi, milledeks on lühikese eluea, keskmise eluea ja pika eluea kasutusega seadmed (Lee & Melkanoff, 1993). Tabelis 1 esitleb autor võimaliku seadmete ajakulu jaotusskeemi.

Tabel 1. Seadme süsteemi alamjaotus kasutusea järgi

Lühikene kasutusiga	Keskmine kasutusiga	Pikk kasutusiga
<ul style="list-style-type: none"> • Arendustegevuse protsess alla ühe aasta • Seadme/süsteemi kasutusiga alla kahe aasta • Maksumus 10-1000 USA dollarit • Lihtsad alamsüsteemid • Minimaalne hooldusvajadus • Rikke puhul kantakse maha • Näited (väikevahendid) 	<ul style="list-style-type: none"> • Arendustegevuse protsess 1-5 aastat • Seadme/süsteemi kasutusiga 1-5 aastat • Maksumus 10 000 – 1 000 000 USA dollarit • Keerulised alamsüsteemid või komponendid • Keskmise tasemega alamsüsteemide integratsioon • Väike taristuvajadus • Väiksed hoolduskulud • Kasutusea möödudes asendatakse uuega • Näited (autod, mootorrattad jne) 	<ul style="list-style-type: none"> • Järjepidev aastaid kestev arendustegevus. • Dekaadist pikem kasutusiga • Maksumus 10⁶-10⁹ USA dollarit • Multikompleksed alamsüsteemid või alamkomponendid • Alamsüsteemide keeruline integratsioon • Vajab suuremahulist taristud • Suured hoolduskulud • Alamsüsteemide ja alamkomponentide moderniseerimise vajadus • Kasutusea lõpus omab jääkväärtust • Näited (lennukid, tankid, laevad jne)

Allikas: (Lee & Melkanoff, 1993)

LCC haldamise eesmärk on parem ressursside jagamine tulevikus ning läbi selle ettevõtte kasuliku tegevuse tõstmine. Samuti annab LCC võimaluse hangitava seadme/süsteemi kulusid optimeerida ja jagada ressursid aastatele vastavalt vajadusele, mis tulenevad erinevatest hooldustest ja muust. (U.S General Service Administration: 1.8 Life Cycle Costing, 2019)

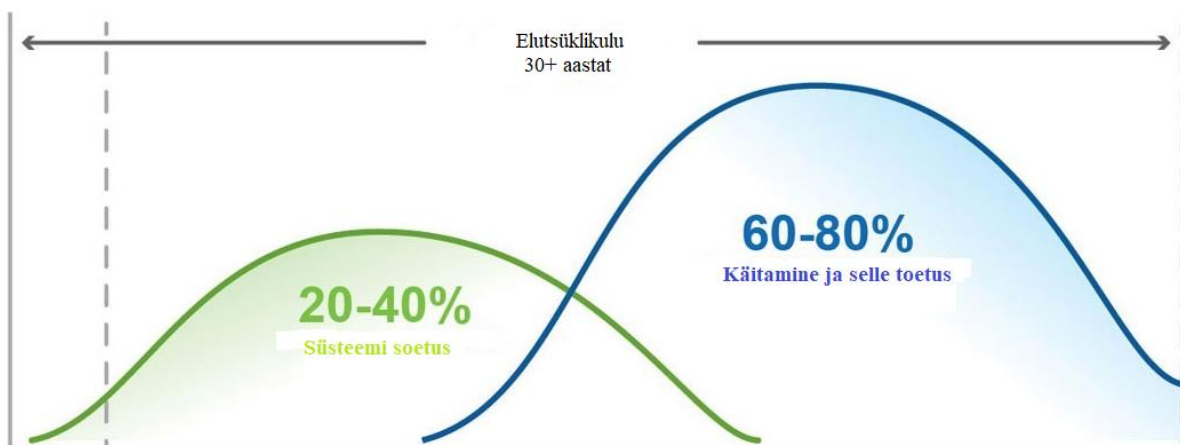
LCC leidmiseks on vaja teada seadme/süsteemi planeeritud eluea pikkust, eelarvestada süsteemi kasutusperioodi iga-aastased kulused ning valida diskontomäär. Võttes eeltoodu aluseks, saab välja tuua järgmised tingimused, millega tuleb kulude koostajal arvestada: 1) seadme kasulik eluiga (funktsionaalne, tehnoloogiline, majanduslik), 2) alginvesteeringu suurus, 3) diskontomäär, 4) käitus- ja hoolduskulud (Remont ja hooldus), 5) mahakandmiskulu ja 6) määramatuse (hälbed, vead) analüüs. (Eisenberger. I, 1977)

Selleks, et saaks seadme/süsteemi soetamiseks hanke välja kuulutada, peab olema paigas plaan, mida soovitakse ning millised on erinevad tehnilised nõuded. Plaani üks osa on LCC mudel ning mudeli koostamiseks on vaja teada eripärasid, mis võivad mõjutada hanketulemit. Nendeks eripäradeks võivad olla süsteemi olemus ja komplekssus, tehnoloogilised võimalused, organisatsiooni hankepoliitika ning olemasolevad ressursid. (Eisenberger. I, 1977)

LCC mudeli kasutamine ja läbi selle kalkulatsioonide teostamine ei ole tänapäeval enam võõras, selles kasutatakse nii tehnilisi- kui ka finantsanalüüsis vajalikke oskusi. LCC analüüs ei ole üksik protsess, vaid seda tehakse aastast aastasse ning läbi selle kogutakse uusi andmeid, et neid edaspidi analüüsis uuesti ära kasutada.

1.5 Elutsüklikulude protsentuaalne jaotus

Seadmete/süsteemide LCC kulude jaotus näitab, et soetus- ja paigaldusmaksumus on üldjuhul väiksemad, kui seadme/süsteemi käitamise ja hoolduskulud. Kui soetada uus seade/süsteem ilma, et teataks, kui palju sellele reaalset finantsilisi vahendeid kulub, võib olla üsnagi ootamatu, et peale soetamist kulub isegi rohkem vahendeid selle alahoidmiseks ja kasutamiseks. (Eisenberger. I, 1977)



Joonis 5. LCC kulude protsentuaalne jaotus

Allikas: (Applegate, Cannataro, & Lee, 2020)

Tsiviilmaailmas peamasina/jõuseadme grupp on laeva maksumusega võrreldes üks keerukamaid, tähtsamaid ja kallimaid gruppe. Sheteling Haakon (Shetelig, 2013) on oma uurimuses jaganud

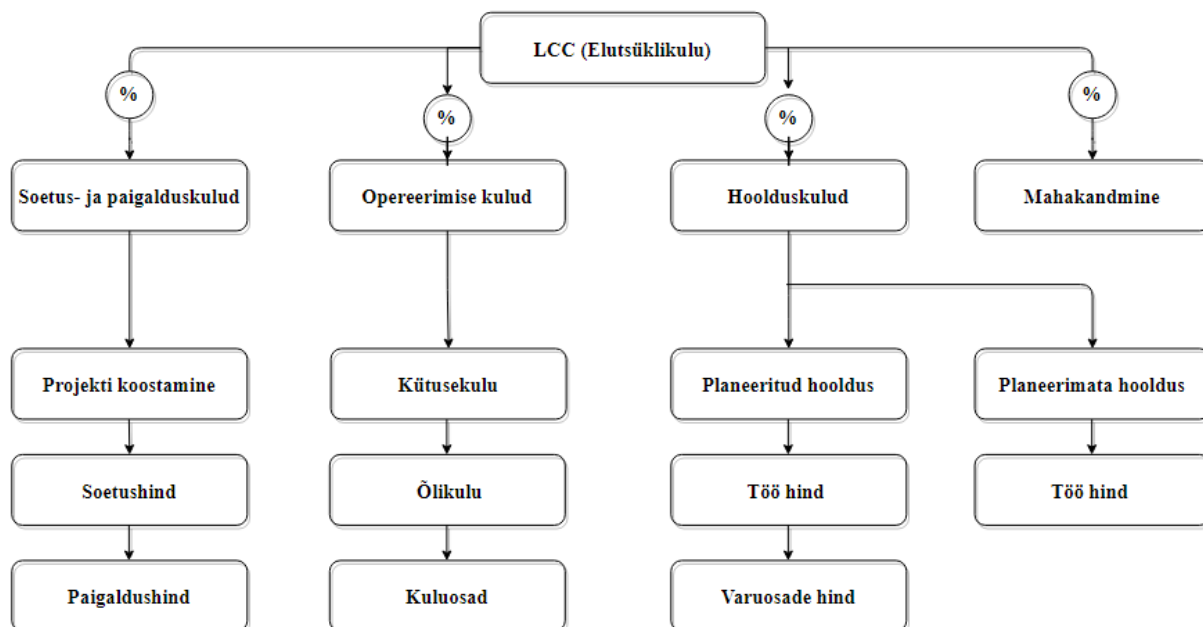
laeva kogumaksumuse viide suuremasse gruppi ning neile pannud ka protsentuaalsed suurused, mis on võetud reaalse laeva põhjal (vaata tabel 2).

Tabel 2. Laeva maksumus jagatud gruppideks

Tehniline grupp	Protsentuaalne osakaal kogumaksumusest
Laeva kere	27%
Jõu -ja käiturseadmed	31%
Tekiseadmed	8%
Süsteemid	25%
Muud kulutused	9%

Allikas: (Shetelig, 2013)

Peamasinatate osakaal tervest laeva maksumusest on ligikaudu 25-35% sõltuvalt masinale seatud tingimustest ja ehituslikust iseärasusest, kuid see jaguneb omakorda viide alajaotusse, milledeks on 1) soetus- ja paigalduskulud, 2) opereerimine ja alalhoidmine, 3) hooldus, 4) mahakandmine.



Joonis 6. Täiustatud LCC alajaotus

Allikas: Autori koostatud joonis 2 alusel

Protsentuaalse jaotuse saab paika panna teades seadme/süsteemi maksumust ja sellega kaasnevaid hoolduseid. Samuti peab olema eelnev informatsioon remondi ja varuosade maksumusest, õli ja kütuse kulust ja muudest suurematest kuluallikatest.

1.6 Elutsüklikulu ja kuluartiklite defineerimine

LCC ehk elutsüklikulu defineeritakse üle maailma väga erinevalt, kuid lõpptulemus on neil kõigil üsnagi sarnane. Definitsioonide erinevus seisneb eelkõige erinevast lähenemisest LCC leidmisel ning mida selleks kasutatakse.

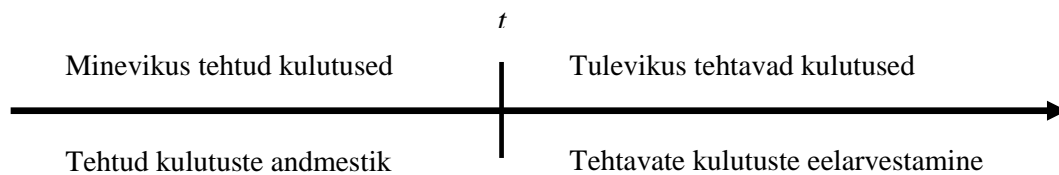
Seadme/süsteemi hankimiseks, käitamiseks ja mahakandmiseks tehtud kulutused kokku, ehk siis LCC, jagatakse erinevalt meetodikale mitmesse kategooriasse. 1) seadme/süsteemi esmane soetus- või tootmiskulu, 2) paigalduskulud või kasutuselevõtmise kulud, 3) käitamise- ja hoolduskulud, 4) mahakandmiskulud. LCC annab olukorrast niinimetatud laia ülevaate, mis hõlmab tegelikku kogumaksumust, mitte ainult soetusega kaasnevat väljaminekut. (C.A Deimling *et.al* 2016)

Autori seisukoht on üsnagi sarnane eelkirjeldatule, kuid siiski tooks välja ka arvamuse, et LCC arvutamine hõlmab endas erinevaid erialasid, mis tegelevad arvutustega. LCC kalkulatsioon hõlmab endas finantsteadmisi tulevikuväärtuse arvutamisel, finantsarvestuslikke teadmisi ning kindlasti peavad olema head statistikaalased teadmised. Tänu eelnevalt mainitud oskustele on võimalik teostada korralik LCC analüüs ning läbi selle suudetakse hoida kokku kulutusi, mida eelnevalt ei osatud ettegi näha. Lihtsustatud variandis on vaja hanke ja eksploatatsioonikulud kokku liita, et saaks LCC arvutatud. Analüüsi parema tulemuse saavutamiseks peab ettevõttes olema kindlaks määratud regulatsioonid, kuidas andmeid kogutakse. Eeltoodud lõik on autori isiklik seisukoht ning ei oma teaduslikku tausta.

Kogukulude planeerimist mingiks perioodiks nimetatakse eelarvestamiseks ja sellisel juhul tuleb silmas pida nende muutumist tulenevalt tegevuse mahust. Sellisel juhul on otstarbekas võtta aluseks kulude liigitamine muutuv- ja püsikuludeks. (EAS, 2021)

Iga hangitud süsteemi kasutusiga hõlmab endaga ajahetkel t kahte tüüpi kulusid - juba tehtud kulutused ja tulevikus tehtavad (Joonis 7). Eelnevalt tehtud kulutustele viidatakse kui

pöördumatutele kuludele (*sunk cost*) ja juba võetud (tekkinud) kohustustele. Viimaste tagasi pööramine ilma kahjumita (*committed cost*) ei ole teostatav. Tulevikus tehtavad kulutused on korrigeeritavad poliitiliste ja struktuursete muutuste korral (RTO-TR-058). Pöördumatud kulud on väljaminekud, mis on juba tehtud ja mille suhtes ei saa enam midagi ette võtta, neid ei ole enam võimalik vältida ega vähendada (M. Kuura *et al* 1994, lk 175). (Welch, 2008, lk 410-411) täiendab, et need on kulud, mis tuleb teha olenemata sellest, milline saab olema otsus. Teisisõnu, mingisuguse projekti või programmi ettevalmistamisfaasi käigus (nt võimelünkade tuvastamine, lähteülesande koostamine jms) on eelnevalt kantud kulud ning elutsüklikulude hindamisel ja/või valikuotsuse langetamisel alternatiivide vahel ei võeta pöördumatuid kulud arvesse.



Joonis 7. Kulutused ajahetkel t

Allikas: (RTO-TR-058, 2003)

Muutuvkulud on seotud otseselt müügiga ning kanduvad üle tootesse. Muutuvkulu kahaneb või kasvab koos toodangu mahuga. Üldiselt nimetatakse tööjõukulu muutuvkuludeks. Muutuvkulud on nimetatud ka otsekuludeks või siis eksploatatsioonikuludeks. Püsikulud on seotud ettevõtte eksisteerimisega ning ei ole müügiga otseselt seotud. Nendeks kuludeks võivad olla rent, intressid või liisingud. Püsikulud ei muutu ka ettevõttes toodangu mahu kasvamisel või kahanemisel. (EAS, 2021)

Elutsüklikulude analüüsiks on tähtis omada ülevaadet eelnevalt tehtud soetus- ja käituskuludest, mis on sarnase iseloomuga. Omades tegelikku ülevaadet toimunud kulutustest, aitab see tulevikus kaasa juhtimisotsuste langetamisel, raamatupidamislike andmebaaside koostamisel ning samuti aitab tuvastada kuluallikaid ning nende hälbeid tegelike ja planeeritud kulude vahel. (RTO-TR-058, 2003)

LCC analüüs on abiks otsuste langetamisel ning annab hea võimaluse võrrelda kulud, mis ei ole seotud ainult maksumusega. Läbi LCC on võimalik teostada erinevatele seadmetele/süsteemidele

tasuvusanalüüsi. LCC ja tasuvusanalüüsi koostamiseks on vaja usaldusväärsest allikast andmeid, mis tuginevad eelmistele õpikogemustele või praktikale. Ainult sellisel juhul on võimalik langetada otsuseid, millel on teaduslik taust ja arvutuslikud tõestused.

1.7 Elutsüklikulude komponendid ning nüüdisväärtus ja arvutamise põhimõte

Elutsüklikuludega seotud rahavood on võimalik jagada järgnevatesse gruppidesse: 1)arendustegevus ning testimine, 2)hankimine, 3)käitus, 4)hooldus- ja remondikulud ning 5)likvideerimiskulud, mahakandmisega seotud kulud (Eisenberger. I, 1977, lk 102-103). Gruppidesse jagatud komponendid saab panna järgnevasse valemisse. (Waghmode, 2012, lk 361-362)

$$LCC = C_p + C_{ic} + C_o + C_{mr} + C_d \quad (1)$$

Kus

C_p – hankekulu/soetuskulu,

C_{ic} – paigalduskulu,

C_o – käitamiskulu,

C_{mr} – hooldus- ja remonttöödega kaasnev kulu,

C_d – mahakandmiskulu.

Elutsüklikulude kalkuleerimisel on tähtis mõista raha ning selle väärtuse muutumist ajas. Raha saab defineerida tema funktsioonide kaudu - raha on vahetu tööriist, rikkuse säilitaja ja ümberjaotaja ning arvestusühik. Raha ajaväärtusteooria põhiliseks aluseks on seisukoht, et hetkel olev rahasumma väärtus on täna suurem, kui tulevikus ja seda alljärgnevatel põhjustel: (Kõomägi, 2006, lk 32-34)

1. praegust tarbimist eelistatakse tulevikus tarbimisele,
2. inflatsioon,
3. ebakindlus tuleviku ees,
4. kapitali hind,
5. alternatiivkulu.

Alternatiivkulu on sularaha või muu kapitali paremuselt järgmise kasutus- või investeerimisvõimaluse väärtus või ohverdatud alternatiivse võimaluse väärtus. (M. Kuura *et al* 1994, lk 123)

Ühe seadme/süsteemi elukaare puhul huvitavad omanikke aga elukaare faasides tehtavad finantsilised planeeringud. Finantsiliste planeeringute vajaduste ja suuruste otsuste langetamiseks on vaja teada rahalisi väärtusi samal ajahetkel, selleks on aga vaja muuta kõik rahalised väärtused üksteisega võrreldavaks ning seda võimaldab raha ajaväärtuse teooria. (Kõomägi, 2006, lk 33)

Raha nüüdisväärtus on summa, mis investeeritakse või saadakse tulevikus, praegune väärtus arvatuna vastava diskontomäära rakendamisel. Diskontomäär, mida kasutatakse teatava suurusega tulevikukapitali nüüdisväärtuse leidmiseks. Seda arvutusprotsessi nimetatakse diskonteerimiseks, mis avaldub valemis (Fuller & Petersen, 1996, lk 37-38):

$$PV = \frac{F_t}{(1+d)^t} \quad (2)$$

Kus

PV - nüüdisväärtus,

F_t - rahaühiku tulevikuväärtus ajahetkel t ,

d - diskontomäär (intressimäär),

t - ajaperiood täisaastates.

Näiteks diskontomääraga 7%, periood 5 aastat ja tulevikus saadav rahahulk 1000, saab nüüdisväärtuseks 712,98 rahaühikut.

Annuiteet on püsiva suurusega intressimakse maksete lõplikust jadast, mille pikkus on võrdne elementide/üksikmaksete arvuga ja kui jada elemendid kasvavad või kahanevad, siis on see muutuv annuiteet. Annuiteetsete maksete juures on nüüdisväärtus leitav järgmise valemiga. (Kõomägi, 2006, lk 44-51)

$$PVA = PMT * \left[\frac{1 - \frac{1}{(1+i)^n}}{i} \right] = PMT * \left[\frac{1}{i} - \frac{1}{i*(1+i)^n} \right] \quad (3)$$

Kus

PVA - annuiteetsete maksete nüüdisväärtus,

PMT - rahaühiku annuiteetmaksed ajaperioodi n jooksul,

i - intressimäär (diskontomäär),

n - ajaperiood täisaastates.

Kui otsustusprotsessi käigus tuleb valida seadmete vahel, millede eeldatav kasutusiga on erineva pikkusega, siis tuleb otsuse langetamisel tugineda ekvivalentsest annuiteetsest rahavoost (*Equivalent annuity cash flow*) ja arvutatakse valemiga:

$$EAC = \frac{PV}{\sum_{t=1}^n \frac{1}{(1+i)^t}} \quad (4)$$

Antud alapeatükis andis autor ülevaate elutsüklikulude komponentidest, raha ajaväärtuse teooriast ja diskonteerimise põhimõttest. Järgmises peatükis kirjutab autor lahti erinevate jõuseadmete parameetrid ning neile seatud piirangud.

2. Jõuseadmete soetus-, paigaldus- ja hoolduskulude andmete kogumine

2.1 Andmete kogumise metoodika

Järgnevas peatükis kasutatud andmed on saadud mereväe raamlepingupartneritelt, kes on eelnevalt kokku puutunud miinjahtijate peamasinatega. Raamlepingupartnerid on peamasinate vahetuse projektiga juba osaliselt tutvunud, ning seetõttu on nad huvitatud kvaliteetse ja kiire informatsiooni jagamisest. Saadud andmeid võrreldakse hetkel kasutuses olevate Paxman Valenta peamasinatega ning ka omavahel. Võrdluse tulemusel saadakse ülevaade, milline peamasin on kõige sarnasem hetkel kasutuses olevate peamasinatega. Teises peatükis võrreldakse soetus- ja paigaldusmaksumust ning hoolduskulusid. Soetus- ja paigaldushinnad on toodud ühe masina kohta. Kokku planeeritakse ühele laevale kaks jõuseadet ning seda arvestatakse hiljem ka kalkulatsioonides.

2.2 Voith Schneider Propeller 16GS/110 spetsifikatsioon

Õige Voith Schneider Propeller (edaspidi VSP) ehk tsükloidse sõuajami valimine laevale vastavalt laevaklassi erisustele on seotud palju muuga, kui ainult hüdrodünaamikast tulenevate kriteeriumitega arvestamine. Valides VSP-d on vaja arvestada mehaaniliste koormustega, erinevate suuremate süsteemi komponentidega nagu VSP sõulabad, ülekande materjal ja ehitus. Samuti peab arvestama kinemaatiliste jõududega nagu pöörded ja vääne. VSP suuruseid (diameeter) on alates ühest meetrist kuni 3,6 meetrini ning vastavalt labade pikkused alates 650 mm kuni 3022 mm. (VOITH, Kuupäev puudub)

Sandown klassi miinjahtijal kasutatakse sõuseadmena VSP tüüp 16GS/110 sõuseadet diameetriga 1600mm ning laba pikkusega 1100mm. See annab laevale hea manööverdusvõime, mis on vajalik miiniväljal opereerimiseks. Tulenevalt sõuseadme ehituslikust iseärasusest seab see omakorda piirangud peamasinate valikule. Suureks piiranguks, mida VSP seab, on väändemoment, mida suudab VSP vastu võtta. Minnes üle lubatud piiride, hakkab VSP-s toimuma tavapärasest suurem kulumine ning sellega koos tõuseb läbi seadme veekeskonda kanduv akustiline müra. Järgnevalt on toodud kolm piirangut, mis tulenevad VSP-st (VOITH, Kuupäev puudub):

1. Sisendvõimsus sõuvõllilt – 475 kW,
2. Pöörete maksimaalne piir võllilt – 1200rpm,
3. Maksimaalne vääne võllilt - 3,78 kNm.

Antud piirangutega peab arvestama tasuvusanalüüsi koostamisel ja kõige kasulikuma jõuseadme valimisel. Tänapäeval on võimalik tänu arvutitele jõuseadmeid piirata nii võimsuselt kui väändelt. Kuid pöörete madalamaks toomiseks peab kasutama lisaseadmeid nagu näiteks käigukasti/reduktorit, mille abil saab tuua pöörded 1800rpm pealt 1200rpm peale. Tuues pöörded madalamale, peab kindlasti arvestama teatud suuruses väände kasvamisega.

2.3 Paxman Valenta 6RPA 200EM spetsifikatsioonid ja hoolduskulud

Hetkel kasutatakse Sandown klassi miinijahtijatel peamasinatena Paxman Valenta 6RPA200 EM tüüpi jõuseadmeid. Paxman Valenta peamasinad on laevale paigaldatud ehituse käigus ning nende motoressurss on suurusjärgus 95% kasutatud. Võrdlusesse võetavad peamasinad peavad olema sarnased Paxman Valentale nii võimsuselt, massilt, kui ka ehituslike iseärasuste poolest. Seetõttu peab autor oluliseks koostada hetkel kasutuses oleva peamasina andmete põhjal tabel, mille abil on võimalik võrrelda nii erinevaid peamasinaid ja nende tehnilisi andmeid kui ka hooldusest tulevaid elutsüklikulusid.

Järgnevalt koostas autor tabeli, milles on välja toodud Paxman Valenta 6RPA200EM spetsifikatsioonid

Masina tüüp- Paxman Valenta 6RPA200EM

6- Silindrite arv,

RP- Eelkambriga sissepritse süsteem,

A Briti mereväe ehitusstandard,

200- Nominaalne silindri läbimõõt,

M- Merenduses kasutatav masin. (PAXMAN VALENTA..., 1997)

Tabel 3. Paxman Valenta6RPA200EM spetsifikatsioonid

PAXMAN VALENTA	ANDMED
Silindrite arv	6
Silindrite asetus	Rida
Silindri mõõt	läbimõõt 197mm, kolvikäik 216mm
Masina kubatuur	39 L
Surveaste	13:1
Turbolaaduriga	jah (1,2 bar maksimaalsel koormusel ja kiirusel)
Pöörete vahemik	550-1280 RPM
Õlitus	karter 240L, torustik ja filtrid 90L (eelõlituspump)
Jahutusvedelik	157,5L
Kõrgete pöörete hoiatus	1340-1400 RPM
Mass	4400-4900 kg
Õhkstarter	jah (käivitusrõhuga 8bar)
Kütusekulu	0,255 kg/bkw/hr

Allikas: (PAXMAN VALENTA..., 1997)

Hoolduste ajavahemik ja maksumuse andmed on kogutud eelnevatelt remondipakkumistelt, mis on saadud raamlepingupartneritelt. Tegemist on kogutud andmetega, mida on realselt kasutatud Paxman Valenta remondiks läbi aegade. Remondi hinnad on saadud 6000 töötunni ja 12 000 töötunni kohta, kuna ülejäänud hooldused teostab laeva meeskond iseseisvalt, mistõttu ei saa arvestada töö maksumust, kuna meeskonnale makstakse palka olenemata hoolduste läbiviimise tihedusest. Varuosade maksumuse andmed on saadud mereväebaasi teenuste- ja tehnika osakonnalt, kes on siiani soetanud ja tarninud laevadele varuosad vastavalt laevadelt tulnud nõudmistele.

Tabel 4. Paxman Valenta hooldusvälbad ja nende maksumus

Töötunnid	Töö maksumus (rahaühikut)	Varuosade maksumus (rahaühikut)	Hoolduse maksumus kokku (rahaühikut)
500 töötundi	-	1395	1395
1000 töötundi	-	1395	1395
1500 töötundi	-	1395	1395
3000 töötundi	-	3747	3747
6000 töötundi	29 600	62 692	92 292
12000 töötundi	29 750	111 380	141 130

Allikas: (Mereväebaas, tehnikaosakonna laevaremondisektsioon)

Antud alapeatükis koostati tabelid, mis puudutavad 2021 aastal miinjahtijatel kasutuses olevate Paxman Valenta jõuseadmete spetsifikatsioone ja hooldusega seotud kulutusi. Viimase tabeli põhjal võib välja tuua hoolduste summa ekspodentsiaalse kasvamise, mis tuleneb varuosade kallinemise ja suure tarneaja tõttu. Järgmises alapeatükis koostatakse tabelid, mis on seotud Volvo Penta jõuseadmetega.

2.4 Volvo Penta D16MH Spetsifikatsioonid ja hoolduskulud

Volvo Penta D16MH on turbolaaduriga 16 liitrine, rida 6 jõuseade, mis on disainitud vastupidavaks ja kasutajale kergesti hooldatavaks. Volvo elektrooniline juhtimine teeb masina sujuvalt töötavaks ja väga täpselt ajastatud kütuse põlemisele on saavutatud madalam kütusekulu ja väiksemad järelpõlemisel tekkinud gaaside jäägid (Volvo, 2021). Volvo Penta D16MH ametlik edasimüüja on mereväe raamlepingupartner ning seetõttu on ka informatsiooni masina kohta usaldusväärne. Samuti on firma huvitatud projekti läbiviimisest ning tagab kiire ja kvaliteetse informatsiooni kättesaadavuse vastavalt soovitule ja võimalustele.

Tabel 5. Volvo Penta D16MH spetsifikatsioonid

Volvo Penta	Andmed
Silindrite arv	6
Silindrite asetus	Rida
Silindri mõõt	Läbimõõt 144mm, kolvikäik 165mm
Võimsus	478Kw
Masina kubatuur	16,12L
Surveaste	17,5:1
Turbolaadur	Jah
Pöörete vahemik	550-1800 RPM (muudetav reduktoriga)
Õlitus	Karter 49L, filtrid 6L
Jahutusvedelik	56L
Ülepöörde alarm	Programmeeritav
Mass	Kuivkaal 1750+ 178 (reduktor)
Õhkstarter	Jah
Kütusekulu	0,206 kg/bkw/hr

Allikas: (Volvo, 2021)

Hoolduste ajavahemik ja maksumus on pärineb ametlikult edasimüüjalt Baltic Marine Group (BMG), kes on vastavad andmed saanud vaatlustega, kogemustega ning ka jõuseadme tootjalt. D16MH kapitaalremondi ajaks on küll määratud 16 000 töötundi, kuid reaalsel jälgimisel ja tuginedes raamlepingupartneri varasematele kogemustele ei ole olnud vajadust teostada kapitaalremonti mainitud intervalliga. Tabelis 7 on toodud hoolduste ajavahemik ja hinnad. Kuigi reaalsuses ei ole tehtud 16 000 töötunni juures kapitaalremonti, on tabelis siiski välja toodud selle hind, millega peab arvestama LCC koostamisel (Kirss, Baltic Marine Group hinnapakumine). Arvutuseks võeti järgnev informatsioon: miinijahtijate eeldatav kasutusiga jääb aastatesse 2035-2040, jõuseadmete kasutusiga umbkaudselt 20 aastat, mille jooksul ekspuateritakse neid 1500 töötundi aastas ning kokku on planeeritud käitada masinaid 30 000 töötundi. Järgnevas tabelis on toodud D16MH soetus ja paigaldusmaksumus ühe masina kohta ning viimasel real on välja toodud

kogu komplekti maksumus ühe laeva kohta. Soetus- ja paigaldusmaksumus sisaldab vastavalt uuele peamasinale jõuseadmete vundamentide kohendamist, süsteemide ümberehitustöid, sadamakatsetusi, merekatsetusi ning jooniseid, skeeme ja meeskonna väljaõpet.

Tabel 6. Indikatiivne soetus- ja paigaldusmaksumus

Volvo Penta D16MH	Andmed
Soetushind (üks masin)	190 000 rahaühikut
Reduktor ZF 500 (üks reduktor)	22 000 rahaühikut
Paigaldushind (üks masin)	285 000 rahaühikut
Eeldatav eluiga	48 000 Töötundi
Soetushind (2 jõuseadet + 2reduktorit + paigaldus)	Indikatiivne hind kokku 900 000 – 1M rahaühikut

Allikas: (Kirss, Baltic Marine Group hinnapakkumine)

Volvo Penta D16MH hooldusvälp ja selle indikatiivne maksumus on välja toodud tabelis 7. Andmed on saadud raamlepingupartnerilt ning summad on indikatiivsed.

Tabel 7. Volvo Penta Hooldusvälbad ja maksumus

Hoolduse ajavahemik	Töö maksumus	Varuosade maksumus	Maksumus kokku
500 töötundi	182	264	446
1000 töötundi	348	821	1169
2000 töötundi	376	926	1302
3000 töötundi	341	1216	1557
8000 töötundi	376	926	1302
16 000 töötundi	3090	34 092	37 182
32 000 töötundi	3090	34 092	37 182
Maksumus kokku	7803	72 337	80 140

Allikas: (Kirss, Baltic Marine Group hinnapakkumine)

Antud alapeatükis koostas autor tabelid, milles on jõuseadmete soetuseks ja paigalduseks kuluv finantsiline ressurss ning suuremad hooldusvälbad ja nende maksumus. Tabelite sisu kasutatakse kolmandas peatükis tulevikuväärtusesse arvutamiseks ja tasuvusanalüüsi koostamisel. Järgmises peatükis antakse ülevaade MTU jõuseadme soetus ja paigaldusmaksumusest ning samuti hooldusvälpadest ja nende maksumusest.

2.5 MTU 8V4000M53R spetsifikatsioonid ja hoolduskulud

MTU 8V4000M53R on turbolaaduriga 38.2 liitrine, V8 masin, mis on disainitud vastupidavaks ning pika hooldusintervalliga eelkõige vedur ja töölaevade jõuseadmeks (Royce, 2019). MTU ametlik edasimüüja on mereväe raamlepingupartner ning seetõttu on ka informatsiooni masina kohta usaldusväärne ning pärineb tootjalt läbi vahendaja. Samuti on firma huvitatud projekti läbiviimisest ning tagab kiire ja kvaliteetse informatsiooni kättesaadavuse vastavalt soovitud ja võimalustele.

Tabel 8 MTU 8V4000M53R tehnilised spetsifikatsioonid

MTU	Andmed
Silindrite arv / asetus	V 8
Silindri mõõt	Läbimõõt 170mm, kolvikäik 210mm
Masina kubatuur	38.2L
Turbolaadur	Jah
Pöörete vahemik	600-1200 RPM (piiratud)
Õli kogus	220L
Ülekiiruse hoiatus	Programmeeritav
Mass (kuiv)	5610 kg
Õhkstarter	Jah
Kütusekulu	0,206 kg/bkw/hr

Allikas: (Royce, 2019)

Hoolduste ajavahemik ja maksumus on saadud ametlikult edasimüüjalt Baltic Marine Group (BMG), kes on vastavad andmed saanud vaatlustega, kogemustega ning ka jõuseadme tootjalt.

MTU 8V4000M53R kapitaalremondi ajaks on küll määratud 48 000 töötundi või 18 aastat, kuid tulenevalt plaanist ekspluateerida Sandown klassi miinijahtijaid kuni 20 aastat, tuleb kindlasti jälgida masinate seisukorda ja lähtuda remondi vajadusest viimase kahe aasta tarbeks. Tabelis 10 on toodud hoolduste ajavahemik ja maksumus. Arvutuseks võeti järgnev informatsioon: miinijahtijate eeldatav kasutusiga jääb aastatesse 2035-2040, jõuseadmete kasutusiga 20 aastat, mille jooksul kasutatakse- käitatakse neid 1500 töötundi aastas ning kokku on planeeritud käitada masinaid 30 000 töötundi. Järgnevas tabelis (tabel 9) on toodud 8V4000M53R soetus- ja paigaldusmaksumus ühe masina kohta ning viimasel real on välja toodud kogu komplekti maksumus ühe laeva kohta. Soetus ja paigaldusmaksumus sisaldab jõuseadmete vundamentide kohendamist vastavalt uuele peamasinale, süsteemide ümberehitustööid, sadamakattuseid, merekatsetuseid ning jooniseid, skeeme ja meeskonna väljaõpet.

Tabel 9 MTU soetus- ja paigaldusmaksumus

MTU 8V4000M53R	Andmed
Soetushind (üks masin)	225 400
Spetsiaalne monitooringu süsteem + disain projektidokumentatsioon (üks masin)	40 000 + 50 000 = 90 000
Paigaldushind (üks masin)	273 000
Eeldatav eluiga	96 000 Töötundi
Soetushind (2 jõuseadet + projekt/monitooringu süsteem + paigaldus)	Indikatiivne hind kokku – 1.2 M rahaühikut

Allikas: (Kirss, Baltic Marine Group hinnapakkumine)

MTU 8V4000M53R hooldusvälp ning selle indikatiivne maksumus on välja toodud tabelis 10. Andmed on saadud raamlepingupartnerilt ning summad on indikatiivsed ning ei ole seotud kindla valuutaga, vaid omavad väärtust nimega rahaühik, et tagada andmete/summade sattumine kolmandatele osapooltele.

Tabel 10 MTU hooldusvälbad ja nende maksumus

Hoolduse ajavahemik	Töö maksumus (rahaühikut)	Varuosade maksumus (rahaühikut)	Maksumus kokku (rahaühikut)
1000 töötundi	540	2156	2696
2000 töötundi	616	2463	3079
3000 töötundi	679	2717	3396
8000 töötundi	2447	9788	12 235
16 000 töötundi	4516	18 064	22 580
32 000 töötundi	25 574	127 372	152 946
Hoolduste maksumus kokku	34 372	162 560	196 932

Allikas: (Kirss, Baltic Marine Group hinnapakkumine)

Raamlepingupartnerilt saadud informatsiooni põhjal on jõuseadmepoolne vajalik teostada üks kapitaalremont, mis jääb laevade planeeritava kasutusaja sisse. Kapitaalremondi ajaks on toodud 32 000 töötundi, kuid kui järgida tootjapoolset soovitusi on vaja kapitaalremont teostada vähemalt iga 18 aasta järel. Antud soovitusi järgides peaks kapitaalremondi teostama enne viimast kahte aastat, kui laevad teenistusest välja arvatakse. MTU hoolduste jaotused on võrreldes teiste jõuseadmetega erinevalt lahti kirjutatud. MTU jagab oma hooldused nelja põhi gruppi, milledeks on:

- 1) QL1- jooksvad hooldused, mis ei hõlma jõuseadme demontaaži;
- 2) QL2- remont ja hooldus, mis hõlmab detailide vahetust (antud juhul peetakse silmas graafikuvälise remonti);
- 3) QL3- remont ja hooldus, mis hõlmab osalist demontaaži;
- 4) remont ja hooldus mis hõlmab jõuseadme täielikku demontaaži.

QL1 ja QL2 on arvestatud kasutajatasemel olevateks remontideks ja hooldusteks ning QL3 ja QL4 on jõuseadme esindajafirma poolt teostatavad remont- ja hooldustööd. (Royce, 2019)

Antud alapeatükis koostas autor tabelid, milles on jõuseadmete soetuseks ja paigalduseks kuluv maksumus ning suuremad hooldusvälbad ja nende maksumus. Tabelite sisu kasutatakse kolmandas peatükis tasuvusanalüüsi koostamisel.

2.6 Caterpillar 3508C spetsifikatsioonid ja hoolduskulud

Caterpillar 3508C on merenduses kasutatav jõuseade, millel on suurem võimsus madalama kütuse- ja õlikuluga. Caterpillar 3500 mudelil on elektrooniline kontrollmehhanism, mille kaudu saab vaadata jõuseadme andmeid (koormus, kiirus, töötatud aeg). Võimalik on paigaldada lisa amortisaatorid, mis vähendavad vibratsiooni jõuseadmelt laeva kerele ning sealt edasi merekeskkonda. Hoolduse lihtsustamiseks on Caterpillar 3508C mudelil kergesti eemaldatavad küljekaaned (Caterpillar, Kuupäev puudub).

Tabel 11. Caterpillar 3508C spetsifikatsioonid

Caterpillar	Andmed
Võimsus	507 kW
Pöörete vahemik	550RPM – 1200RPM
Õhkstarter	Jah
Õlitus	Karter 424L
Silindri läbimõõt	170 mm
Kolvikäik	190 mm
Silindri mahutavus	34.5 l
Konfiguratsioon	V8, 4 taktiline
Kuivkaal	4581.7 kg
Pikkus	2117.0 mm
Kõrgus	1829.0 mm
Laius	1703.0 mm
Miinum ja maksimum võimsus	578 kW – 820kW (piiratud)

Allikas: (Caterpillar, Kuupäev puudub)

Hoodluste ajavahemik ja maksumus on saadud ametlikult edasimüüjalt Diesel Service OÜ (DS), kes on vastavad andmed saanud tootjafirma poolt ning ka vaatluste ja enda kogemustega. Caterpillar 3508C kapitaalremondi ajaks on määratud 16 000 töötundi. Tabelis 13 on toodud hoolduste ajavahemik ja maksumus. Tulenevalt heast ülevaatest on Caterpillar 3508C andmed kvaliteetsed. Arvestuseks võeti järgnev informatsioon: miinjahtijate eeldatav kasutusiga jääb aastatesse 2035-2040, peamasinate kasutusiga 20 aastat, mille jooksul kasutatakse masinaid 1500 töötundi aastas ning kokku on planeeritud kasutada masinaid 30 000 töötundi. Caterpillar 3508C elueaks on määratud 100 000 töötundi. Järgnevas tabelis on toodud Caterpillari soetus ja paigaldusmaksumus ühe masina kohta ning viimasel real on välja toodud kogu komplekti maksumus ühe laeva kohta. Soetus- ja paigaldusmaksumus sisaldab jõuseadmete vundamentide kohendamist vastavalt uuele peamasinale, süsteemide ümberehitustöid, sadamakatssetuseid, merekatsetuseid ning jooniste, skeemide ja meeskonna väljaõpet.

Tabel 12. Caterpillar soetus- ja paigaldusmaksumus ning eluiga

Caterpillar 3508C	Andmed
Soetushind (üks masin)	Indikatiivne hind 350 000 rahaühikut
Paigaldushind (üks masin)	Indikatiivne hind 300 000 rahaühikut
Eeldatav eluiga	100 000 Töötundi
Kokku (2 masinat + paigaldus)	1 300 000 rahaühikut

Allikas: (Brykin, Diesel Service OÜ hinnapakkumine)

Caterpillar 3508C hooldusvälp ja selle indikatiivne maksumus on välja toodud tabelis 13. Andmed on saadud raamlepingupartnerilt ning summad on indikatiivsed ning kindla koefitsiendiga läbi arvutatud, et tagada andmete/summade mittesattumine kolmandatele osapooltele.

Tabel 13. Caterpillar hooldusvälbad ja maksumus

Hoolduse ajavahemik	Töö maksumus (rahaühikut)	Varuosade maksumus (rahaühikut)	Maksumus kokku (rahaühikut)
500 töötundi	450	1000	1450
1000 töötundi	850	1700	2550
2000 töötundi	2200	2000	4200
3000 töötundi või 3 aastat	2400	2200	4600
4000 töötundi	4000	3500	7500
6000 töötundi või 6 aastat	6000	4000	10 000
8000 töötundi või 3 aastat	14100	10 600	24 700
16 000 töötundi (Major Overhaul)	20 000	125 000	145 000
Top end overhaul ja major overhaul + vahehooldused kokku	50 000	150 000	200 000

Allikas: (Brykin, Diesel Service OÜ hinnapakkumine)

Antud alapeatükis koostas autor tabelid, milles on jõuseadmete soetuseks ja paigalduseks kuluv maksumus ning suuremad hooldusvälbad ja nende maksumus. Tabelite sisu kasutatakse kolmandas peatükis tasuvusanalüüsi koostamisel.

3. Jõuseadmete parameetrite võrdlus, tasuvusanalüüs ja kuluefektiivseima jõuseadme valik

3.1 Jõuseadme parameetrite analüüs

Järgnevas alapeatükis koostab autor tabeli, milles võrreldakse kolme erineva jõuseadme parameetreid hetkel miinijahtijatel kasutuses oleva jõuseadmega. Antud andmed on saadud ametlikelt edasimüüjatelt. Tabeli 14 eesmärk on võrrelda jõuseadmete tähtsamaid parameetreid ja eluiga ning läbi selle jõuda arusaamiseni, milline jõuseade on parameetritelt kõige sobilikum vahetamiseks välja hetkel kasutuses olev peamasin.

Tabel 14 Jõuseadmete tähtsamad parameetrid

Andmed	Paxman Valenta	Volvo Penta	MTU	Caterpillar
Võimsus	500kW	478kW	500kW	507kW
Mass (kuiv)	4400 kg	1750 kg + 178 kg (reduktor)	5610 kg	4581 kg
Käivitus	Õhkstarter	Õhkstarter	Õhkstarter	Õhkstarter
Pöörete vahemik	550- 1280 RPM	550- 1800RPM	600-1200 RPM	600-1200 RPM
Masina kubatuur (liitrit)	39,4 L	16,1 L	38,2 L	34,5 L
Eeldatav eluiga (töötundi)	-	48 000	96 000	100 000

Allikas: Autori koostatud table teise peatüki andmete põhjal.

Esmalt võrreldakse tabelis 14 toodud jõuseadmete võimsust ja pöörete vahemikku ning seejärel massi ja eeldatavat eluiga. Käivitusviis on samamoodi tähtis parameeter, kuid antud olukorras on kõigil jõuseadmetel õhkstarteriga käivitamise võimalus ja seetõttu ei ole vaja antud punkti eraldi lahti kirjutada.

Võimsuselt on kolm võrreldavat jõuseadet võrdsed, kuigi MTU puhul on vaja võimsust arvuti abil madalamaks võtta, aga Volvo Penta töötab pidevalt kõrgel võimsusel. Pöörete vahemiku paikasaamiseks peab Volvo Penta paigaldama ka reduktorit, et tuua pöörded 1800 pöörde pealt

1200 pöörde peale. MTU ja Caterpillar esindajad kasutavad pöörete reguleerimiseks arvutiga programmeerimist, mis tagab vajaliku pöörete vahemiku.

Massi poolest on originaalile kõige sarnasem Caterpillari jõuseade. Jõuseadmete massi erinevus on kõigest 181 kg. MTU mass on paxmaniga võrreldes 1210 kg rohkem, mis teeks kahe masina puhul juba 2420 kg. Volvo Penta puhul on massi erinevus allapoole ehk Volvo Penta massi erinevus võrreldes Paxman jõuseadmega on -2472kg masina kohta, mis teeb kahe masina puhul kokku 4944kg. Volvo Penta puhul on võimalus kasutada erilahendusega (täisvalatud) alusraami, mis tagaks amortisaatoritele vajaliku pinge.

Jõuseadmete eeldatav eluiga ja Sandown klassi laevade planeeritud kasutusperiood on otseselt omavahel sõltuvuses. Kasulikum oleks kasutada jõuseadmeid, mille eeldatav eluiga jääb võimalikult lähedale laevade planeeritud kasutusajale ning seetõttu saab jõuseadmed koos laevaga teenistusest välja arvata ja maha kanda. Vastasel juhul peab jõuseadmete edasisele kasutusele leidma muu lahenduse. Teisalt aga võib tekkida olukord, kus mereväe juhtkond plaanib miinijahtijate teenistust pikendada.

Miinijahtijate eeldatav teenistusest väljaarvamine jääb vahemikku 2035-2040. Sellest tulenevalt on jõuseadmete kasutusega 18-20 aastat, mille jooksul planeeritakse kasutada jõuseadmeid umbkaudselt 1500 töötundi aastas ning kokku on planeeritud eksploateerida jõuseadmeid 27 000 - 30 000 töötundi. Ametlikelt edasimüüjatelt saadud pakkumiste põhjal on jõuseadmete eeldatavad eluead järgmised. Volvo penta puhul on eeldatavaks elueaks märgitud 48 000 töötundi, mis katab ära nõude 30 000 töötundi ning jätab ka varu juhul, kui masinaid eksploateeritakse rohkem kui 1500 töötundi aastas. MTU puhul on eeldatavaks elueaks toodud 96 000 töötundi, mis on väga suur ülekate nõutud elueale ning antud juhul peaks hakkama planeerima ka jõuseadmete edasist kasutust peale laevade teenistusest väljaarvamist. Kasuliku eluea sama suurusjärg on ka Caterpillar masinatel, mille eeldatavaks elueaks on 100 000 töötundi. Kahe viimase puhul on tegemist jõuseadmetega, mille motoressurss ületab nõutu mitmekordselt.

Antud alapeatükis analüüsitud parameetrid koondatakse alapeatükki 3.5, milles autor annab ülevaate tehtud analüüsides ja nende tulemustest. Järgnevas peatükis võetakse võrdlusesse soetus- ja paigaldusmaksumused ning koostatakse analüüs.

3.2 Jõuseadmete soetus- ja paigaldusmaksumuse võrdlusanalüüs

Järgnevas alapeatükis annab autor ülevaate võrdluses olevate jõuseadmete soetus- ja paigaldusmaksumusest. Osalised erinevused tabelis tulevad seoses raamlepingupartnerite hinnapakumiste koostamise võimalusest ning samuti ka oskusest ja nõudest andmed detailselt lahti kirjutada. Tulenevalt olukorrast, kus Paxman Valenta jõuseadmeid enam ei toodeta, ei ole firmal ka huvi anda vastuseid uuringuga seotud e-mailidele. Samuti ka mereväel puuduvad antud jõuseadme kohta soetuse ja paigalduse maksumuse andmed. Tabelis 15 lähtuvate andmete põhjal saab välja tuua esialgse paigaldus- ja soetusmaksumuse, kuid terveks analüüsiks tuleb eelnevast alapeatükist kasutada jõuseadmete parameetrite analüüsi ning järgnevates alapeatükkidest lisada ka hoolduste hinnad.

Tabel 15 Jõuseadmete soetus- ja paigaldusmaksumus

Andmed	Volvo Penta (rahaühikut)	MTU (rahaühikut)	Caterpillar (rahaühikut)
Soetushind (üks masin)	190 000	225 400	350 000
Paigaldushind (üks masin)	285 000	273 000	300 000
Reduktor (üks masin)	22 000	Puudub	Puudub
Monitooringusüsteem + disain	Sisaldub paigaldushinnas	40 000 + 50 000 = 90 000	Sisaldub paigaldushinnas
Kokku (kaks masinat + paigaldus)	994 000	1 176 800	1 300 000

Allikas: Autori koostatud tabel teise peatüki andmete põhjal.

Esmalt võrreldakse tabelis 15 toodud jõuseadmete soetus- ja paigaldusmaksumust ning teiseks võrreldakse erisusi mis tulenevad jõuseadmete iseärasustest võis siis pakkumise detailsusest. Lõpuks võrreldakse kogumaksumust ja tuuakse välja suuremad positiivsed ja negatiivsed küljed, mis puudutavad mereväe laevadele seatud võimalusi ja piiranguid.

Soetusmaksumuse poolelt on kõige madalama hinnaga Volvo Penta, mis on teistest väiksem ka kubatuurilt. Keskmise hinnaga on MTU jõuseade, mis on Volvo Pentast ühe jõuseadme kohta

35 400 rahaühikut kallim, mis teeb kahe jõuseadme kohta juba 70 800 rahaühikut. Soetusmaksumuselt on Caterpillar jõuseade kõige kallima hinnaga, mis on 160 000 rahaühikut suurem kui Volvo penta. Antud hinnavahe on juba peaaegu sama, mis on Volvo Penta ühe jõuseadme maksumus. Kahe Caterpillar jõuseadme hinnavahe võrreldes Volvoga on 320 000 rahaühikut mis on suurem kui ühe MTU jõuseadme maksumus.

Paigaldusmaksumuse poolest jäävad kõik kolm planeeritavat jõuseadet üsnagi samasse suurusjärku, kuid antud võrdluses tuleb arvestada jõuseadmete iseärasusest ja esindajapoolsest võimekusest tulenevaid muudatusi. Volvo Penta paigaldusmaksumus on 285 000 rahaühikut, kuid sellele lisandub ka reduktori soetus- ja paigaldusmaksumus, mis on 22 000 rahaühikut. Kokku tuleb Volvo Penta paigaldusmaksumuseks 307 000 rahaühikut ühe masina kohta.

MTU paigaldusmaksumus on esialgsel hinnangul odavam kui Volvol. MTU ei kasuta pöörete madalamaks saamiseks reduktrit, ja saab sama töö tehtud arvutiga programmeerides. Sellest tulenevalt lisandub paigaldusmaksumusele ka monitooringusüsteemi väljatöötamine ja paigalduse disaini hinnad, mis on 90 000 rahaühikut jõuseadme kohta. MTU jõuseadme paigalduse maksumus on 273 000 rahaühikut, kuid kui sellele lisad ka monitooringu ja disaini maksumus tuleb MTU paigaldushinnaks kokku 363 000 rahaühikut jõuseadme kohta.

Caterpillar paigaldusmaksumuseks andis ametlik esindaja 300 000 rahaühikut ning sellesse on planeeritud ka võimalikud disainiga seotud maksumused ja programmeerimised. Caterpillari paigaldusmaksumus on tabeli 15 põhjal küll kõige kulukam. Tulenevalt raamlepingupartnerite erinevatele tasemetele andmete jagamises, on keeruline pannana neid mingile kindlale võrdlusele. Antud juhul on monitooringusüsteem ja disain lisatud paigaldusmaksumusele, kuid hanke läbiviijal puudub võimalus võrrelda nende maksumust teiste pakkujatega. Käesolev punkt on hea näide, kuidas Kaitseväes puudub hangete läbiviimisel pakkumiste küsimiseks kindel vorm, mille abil saaks hinnata erinevaid maksumusi, mitte tervet hanke hinda.

Paigaldus- ja soetusmaksumuse poolest on kogumaksumus kõige soodsam siiski Volvo Pental, mille kogumaksumuseks tuleb 994 000 rahaühikut laeva kohta. Keskmise maksumusega on MTU, mille paigaldus- ja soetusmaksumuseks tuleb 1 176 800 rahaühikut laeva kohta ning kõige suurema maksumusega on Caterpillar, mille kogumaksumus laeva kohta tuleb 1 300 000 rahaühikut.

Seoses miinjahtijatele seatud piirangute ja nõuetega, mis puudutavad akustikat ja vibratsiooni, mis omakorda tulenevad jõuseadmetest ja neid teenindavatest seadmetest/süsteemidest, peavad planeeritavad jõuseadmed olema mitmekordsetel vibratsioonipatjadel. Hetkel ei ole mereväel kogemusi kuidas võivad ZF tüüpi reduktorid muuta müra ja vibratsioonitaset, mille peab paigaldama Volvo Penta masinatega. Selleks, et saaks otsustada, millist müra antud seadmed teevad, peab neid eelnevalt mõõdistama. Disaini poolest on miinjahtijate masinaruumis kõik seadmed paigaldatud suurele alusraamile, mis on amortisaatoritel; ning jõuseadmed toetuvad omakorda enda alusraamiga läbi amortisaatoritega suurele alusraamile.

Antud alapeatükis koostati analüüs jõuseadme soetus- ja paigaldusmaksumuse kohta, mis hõlmas endas lisakulusid, mis tulenesid jõuseadmete erisustest ja ametlike esindajate kompetentsusest pakkumised võimalikult detailselt lahti kirjutada. Järgnevas alapeatükis koostatakse analüüs jõuseadmete suuremate hoolduste maksumuste kohta.

3.3 Jõuseadmete hooldus- ja remondimaksumuse analüüs.

Tabelis 16 on toodud planeeritavate jõuseadmete kapitaalremontide maksumused ning töötunnid, mille juures antud remondid tuleb teostada. Paxman Valenta kohta võetud andmed on mereväel läbi aegade talletatud. Enamjaolt teostab meeskond väiksemad hooldused iseseisvalt, kuid kapitaalremondid teostatakse raamlepingupartneri poolt.

Tabel 16 Jõuseadmete hoolduste maksumused

Kapitaalremondi töötunnid	Paxman Valenta (rahaühikut)	Volvo Penta (rahaühikut)	MTU (rahaühikut)	Caterpillar (rahaühikut)
12 000	141 130	-	-	-
16 000	-	37 182	-	145 000
32 000	-	37 182	152 946	145 000
32 000 Maksumus kokku	288 260	74 364	152 946	290 000

Allikas: Autori koostatud tabel teise peatüki andmete põhjal.

Tabelis 16 toodud andmete võrdlemiseks võetakse maksimaalseks töötundide arvuks 32 000 töötundi, mis katab miinjahtijate uute jõuseadmete eksploateerimise vajaduse. Uusi jõuseadmeid

planeeritakse ekspluateerida kuni miinijahtijate teenistusest väljaarvamiseni. Planeeritud on kasutada 20 aastat ning umbkaudselt 1 500 töötundi aastas, mis teeb kokku 30 000 töötundi. Selleks, et tabelis 16 toodud andmeid võrrelda liidetakse kokku kapitaalremontide hinnad, mida on vaja teostada kuni 32 000 töötunnini, mis omakorda tuleneb MTU kapitaalremondi tundide arvust. Paxman Valenta kapitaalremontide maksumuse saamiseks 32 000 töötunni juures tuleb teostada järgmine arvutuskäik: $32\,000/12\,000 = 2,6$. Kuna antud juhul tuleb teostada siiski kaks kapitaalremonti ning seejärel kasutada peamasinat seni kuniks motoressurssi jätkub. Saadud kapitaalremontide arv tuleb korrutada rahaühikuga. $141\,130 \text{ rahaühikut} * 2 = 288\,260 \text{ rahaühikut}$. Autor koostas tabeli 17, milles on toodud kapitaalremontide maksumus 32 000 juures ning jagatud see aastatega. Tulemuseks saadakse umbkaudne ekspluatatsiooni hind aastale.

Tabel 17 Jõuseadmete kapitaalremondid jagatud 20 aastale

Andmed	Paxman Valenta	Volvo Penta	MTU	Caterpillar
Kuni 32 00 töötunni kapitalremondi maksumus (rahaühikut)	288 260	74 364	152 946	290 000
Maksumus aastas, jaotatud 20 aastat peale (rahaühikut)	14 413	3 718	7 647,3	14 500

Allikas: Autori koostatud tabel teise peatüki andmete põhjal.

Jagades jõuseadmete remondimaksumusi 20 aasta vältel, on kulude erinevus mitmekordne. 32 000 töötunni sisse mahub jõuseadmete kapitaalremonte erinevalt. Paxman Valenta kapitaalremontide maksumus ja kogus on toodud võrdluseks uute planeeritavate jõuseadmete kõrvale, et saada ülevaade, kui väikese intervalli tagant peab antud jõuseadmeid hooldama ja kui kulukaks see Kaitsevæele muutub.

Volvo Penta puhul tuleb teostada kokku kaks kapitaalremonti ning ja kui see jagada 20 aasta peale tuleb Volvo Penta maksumus teistest mitmekordselt madalam. MTU peab teostama selle ühe kapitaalremondi täpselt 32 000 töötunni juures. Caterpillar jõuseadme puhul tuleb teostada kaks kapitaalremonti 32 000 töötunni juures.

Maksumustega võrreldes on kõige suurem kapitaalremontide maksumus hetkel kasutuses olevatel peamasinatel Paxman Valenta, kuna antud juhul peaks teostama ka 6000tt hoolduse. Teisele kohale jääb Caterpillar ning kõige soodsama kapitaalremondi maksumusega on Volvo Penta.

Järgnevalt koostas autor tabeli 18, milles on toodud planeeritavate jõuseadmete hooldused kuni kapitaalremondini.

Tabel 18 Jõuseadmete hooldused kapitaalremondini

Töötunnid	Paxman Valenta (rahaühikut)	Volvo Penta (rahaühikut)	MTU (rahaühikut)	Caterpillar (rahaühikut)
500	1395	446	-	1450
1000	1395	1169	2696	2550
1500	1395	-	-	-
2000	1395	1302	3079	4200
3000	3747	1557	3396	4600
4000	-	-	-	7500
6000	92 292	-	-	10 000
8000	-	1302	12 235	24 700
16 000	-	-	22 580	-

Allikas: Autori koostatud tabel teise peatüki andmete põhjal.

Alapeatükis andis autor ülevaate hoolduste maksumusest alates hoolduste algusest kuni kapitaalremondini. Järgmises peatükis koostatakse tasuvusanalüüs, kus koondatakse kolmandas peatükis analüüsitud andmed tabelisse.

3.4 Jõuseadmete tasuvusanalüüs

Järgnevas alapeatükis teostatakse tasuvusanalüüs, mille abil on võimalik võrrelda kolme planeeritava jõuseadme kasulikkust, alates soetusest ja paigaldusest, kuni laevade teenistusest väljaarvamiseni. Tulenevalt eelnevatest kogemuste puudumisest ei arvestata jõuseadmete mahakandmisega ega ka järelturul edasimüümisega. Analüüsis kasutatakse esimeses peatükis

joonisel 2 toodud LCC mudelit, millest kasutatakse esimest ja kolmandat struktuuri haru, milledeks on soetus- ja paigaldus- ning hooldusmaksumused. LCC struktuurist ei kasutata opereerimiskulusid ja mahakandmise kulusid.

Järgnevalt koostas autor tabeli 19, milles on tasuvusanalüüs soetus- ja paigaldus- ning hooldusmaksumustest. Antud analüüs on üheks lähtekohaks, mille põhjal annab autor soovitud jõuseadme valikuks. Tabelis toodud soetus- ja paigaldusmaksumused on toodud ühe laevapõhise arvestusega, ühele laevale läheb kaks jõuseadet.

Tabel 19. Jõuseadmete kahekümne aasta tasuvusanalüüs

Andmed	Volvo Penta	MTU	Caterpillar
Soetusmaksumus ja (rahaühikut)	380 000 + reduktorid 44 000 = 424 000	450 800 + monitooringu süsteem/projektidokumentatsioon 180 000 = 630 800	700 000
Paigaldusmaksumus (rahaühikut)	570 000	546 000	600 000
Hooldusmaksumus (rahaühikut)	80 140	196 932	200 000
20 aasta maksumus kokku (rahaühikut)	1.07M	1.37M	1.5M

Allikas: Autori koostatud tabel teise peatüki andmete põhjal.

Tabeli 19 põhjal on soodsaim jõuseade Volvo Penta, mille kahekümne aasta LCC on 1.07M rahaühikut. Volvo Penta soodne soetushind on tingitud selle jõuseadme suuruselt. Jõuseade on teistest jõuseadmetest kordades väiksem nii tehnilistelt spetsifikatsioonidelt, mõõtmetelt kui ka massilt. Volvo Penta kasulik eluiga aga jääb üsnagi lähedale laevade planeeritud eluea lõpule.

Teisele kohale jääb MTU, mille kahekümne aasta LCC on 1.37M rahaühikut, mis teeb ümardatult 300 000 rahaühikut rohkem kui Volvo Pental. MTU hinnaklass on suurem, kuna jõuseadme tehnilised spetsifikatsioonid ja mõõtmed on suuremad.

Kõige kulukamaks jõuseadmeks osutus Caterpillar, mille kahekümne aasta LCC on 1.5M rahaühikut. Caterpillari suur hinnavahe tuleb nii soetus- kui ka hooldusmaksumusest. Caterpillari ja MTU maksumuse suurusjärk on üsnagi samaväärne ning nende vahel valimiseks peaks hakkama analüüsima hooldusbaaside ja reageerimiskiiruste tõhusust.

Kõigi kolme jõuseadme puhul jäi sarnaseks maksumuseks paigaldusmaksumus, mille suurusjärk on 546 000 – 600 000 rahaühikut. Muude kulude suur erinevus on seotud jõuseadmete erisustega, milledeks enamjaolt on tehnilised spetsifikatsioonid ja mõõtmed.

Antud alapeatükis koostas autor tabeli, mille abil on võimalik analüüsida planeeritavate jõuseadmete kahekümne aasta LCC. Tabelis tuleb selgesti välja olukord, kus ühe jõuseadme LCC on teistest suurel määral väiksem. Järgmises peatükis annab autor soovitusel kuluefektiivseima jõuseadme valikuks.

3.5 Soovitused kuluefektiivseima jõuseadme valikuks

Järgnevas alapeatükis annab autor ülevaate kolmandas peatükis tehtud analüüsides ning annab soovitusel kuluefektiivseima jõuseadme valikuks.

Alapeatükis 3.1 võrreldud jõuseadmete parameetrite põhjal on MTU ja Caterpillar samas suurusjärgus ning Volvo Penta on neist poole väiksema kubatuuri ja elueaga. Antud juhul ei pruugi see takistuseks olla, kuna Sandown klassi miinijahtijate puhul ei ole tegemist kiirelt liikuvate laevadega. Jõuseadme võimsused ja pöörete vahemik on võimalik tänapäeval arvutitega madalamaks tuua. Võrreldes jõuseadmete massi, on praegusele Paxman Valenta jõuseadmele kõige sarnasem Caterpillar, mis antud analüüsi puhul oleks kõige sobivam jõuseade. Caterpillari puhul ei peaks tegema suuri, mis tulenevad masside erinevustest.

Alapeatükis 3.2 võrreldud jõuseadmete soetus- ja paigaldusmaksumuse põhjal on kõige väiksema maksumusega Volvo Penta, mis on kõige kallimast jõuseadmest Caterpillarist 300 000 rahaühikut soodsam. Volvo Penta puhul tuleb antud võrdluses välja erisus, mis on seotud reduktori vajadusega. MTU-l ja Caterpillar-il on võimalik pöörded väiksemaks saada tänu arvutiga programmeerimisega, kuid Volvo Penta peab selleks kasutama reduktorit, mis toob pöörded 1800 pealt 1200 peale. Antud juhul ei ole veel selge, kui palju antud reduktor tekitab lisa akustikat ja vibratsiooni, mis kandub veekeskkonda. Selleks, et antud tulemused oleksid selged, peaks

teostama akustilised mõõdistamised. Peatükis koostatud analüüsi põhjal jääb kõige soodsamaks jõuseadmeks Volvo Penta. Teisele kohale jääb MTU.

Alapeatükis 3.3 võrreldud hooldus- ja remondimaksumuse põhjal koostati tabelid, kus on toodud hooldused kuni kapitaalremondini ning ka kapitaalremondi maksumused. Selleks, et antud andmeid saada võrreldavasse suurusesse, võeti kõige pikema kapitaalremondi intervalliga jõuseade ning mahutati teiste jõuseadmete kapitaalremondi töötunnid sinna sisse. Tulemusena tuli kapitaalremontide koguarv ja nende maksumus planeeritud eluea jooksul. Kõige soodsama hooldus- ja remondikuludega jõuseade on Volvo Penta, mille 32 000 töötunni maksumus kokku on 74 364 rahaühikut. Analüüsi põhjal osutus kõige kulukamaks jõuseadmeks Caterpillar, mille hooldus- ja remondimaksumus 32 000 töötunni kohta on 3.8 korda suurem kui Volvo Pental. Caterpillar jõuseadme hooldus- ja remondikulude maksumus on kokku 290 000 rahaühikut. Antud analüüsi tulemusel selgub, et Volvo Pental ja Caterpillaril peab 32 000 töötunni juures teostama kaks kapitaalremonti, kuid MTU puhul piisab ühest kapitaalremondist, kuid selle maksumus on 152 946 rahaühikut.

Sandown klassi miinjahtijatel jõuseadmete vahetuse korral soovitab autor kaaluda kahe jõuseadme vahel. Esiteks soovitab autor valida Volvo Penta D16MH, mille puhul oleks tegu kõige soodsama jõuseadmega nii soetus- ja paigaldusmaksumuselt kui ka hooldus- ja remondimaksumuselt. Kuid selleks peaks kindlasti läbi viima akustilised mõõdistamised, mille abil saaks selgeks, kui palju akustilist müra tekitavad jõuseadmetega planeeritavad ZF reduktorid. Teiseks soovitab autor kaaluda Caterpillar 3508C jõuseadmete paigaldust. Antud jõuseadmed on küll kõige suurema maksumusega, kuid nende puhul on tegemist võimalikult samaväärse jõuseadmega, mis on 2021 aastal miinjahtijatel kasutuses. Caterpillar tehnilised spetsifikatsioonid ja mass on sarnased Paxman Valenta omadega. Otsustades Caterpillarite kasuks jääks ka alusraamide koormus samaks, kuid see ei tähendaks, et ei peaks teostama samaväärseid akustilisi mõõdistamisi, mis tuleb teostada Volvo Penta puhul.

KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö teema valiti praktilisi vajadusi arvestades, ning on koostatud võimalikult laiahaardeliselt, et ka edaspidi oleks võimalik lähtuda töö teoreetilises osas toodud kirjeldustest. LCC (*Life Cycle Costing*) on tänapäeval laialt kasutatud meetod saamaks teada niinimetatud peidetud kulusid erinevate seadmete ning süsteemide soetamisel. Pahatihti ei suudeta ostmise hetkel arvestada seadme kasutusiga ega ka selle käitamise ja hooldusega kaasnevat kulusid. Üldiselt on soetusmaksumus ainult jäämäe tipp seadme eluea jooksul tehtavatest kulutustest. Läbi LCC on võimalik finantsiliselt planeerida kulutused aastate peale ning seetõttu ka omada ülevaadet kuidas oma ressursse jagada. Töö abil on edaspidi seadme planeerimise faasis kergem lahti kirjutada erinevate kulukohtadega seotud küsimused ning läbi selle saada parem ülevaade elutsüklimaksumusest.

Magistritöö eesmärgiks oli selgitada välja kuluefektiivseim jõuseade, mille vastu kasutuses olev jõuseade Paxman Valenta 6RPA 200EM vahetada. Selle eesmärgi täitmiseks püstitati järgmised uurimisülesanded:

1. Hinnata asendatavate jõuseadmete parameetreid ning soetus- ja paigaldusmaksumust, mis kaasnevad peamasinat vahetusprojektiga.
2. Teostada miinijahtijate peamasinat vahetuse tasuvusanalüüs.
3. Analüüsida teooriast ja tasuvusanalüüsist tulenevaid võimalusi ning pakkuda välja võimalikult parim lahendus miinijahtijate jõuseadmete vahetuseks.

Esimese uurimisülesande lahendamiseks saadi pakkumised mereväe raamlepingupartneritelt, kes on magistritöös toodud jõuseadmete ametlikud edasimüüjad. Autor koostas saadud andmete põhjal tabelid ning analüüsis saadud tulemusi. Tulemuste suuremad erisused tulenesid raamlepingupartnerite võimalusest pakkumised osadeks lahti kirjutamisel. Kaks jõuseadet on suuruselt ja maksumuselt samas suurusjärgus, kuid üks jõuseade on teistest poole võrra väiksem nii tehniliste spetsifikatsioonide kui ka teiste võrreldavate parameetrite poolest. Antud uurimisülesande käigus selgusid jõuseadmete ehitusest ja disainist tulenevad eripärad, mis on seotud jõuseadmete võimsuse ja pöörete arvuga. Üheks suuremaks murekohaks jäi vajadus paigaldada lisaks jõuseadmele ka ZF tüüpi reduktorid, mille akustiliste mõõdistuste puudumise tõttu ei ole hetkel teada nende müratase, mis kanduks läbi jõuseadmete alusraami merekeskkonda.

Teise uurimisülesande lahendamiseks kasutas autor esimese puhul kogutud andmeid ning koostas nende põhjal tasuvusanalüüsi. Kõik analüüsis toodud maksumused on tänapäevases vääringus ning on indikatiivsed. Valuuta on autor meelevaldselt ära muutnud ja asendanud sõnaga rahaühik, et vältida reaalsete summade sattumist kolmandate osapoolte kätte. Tasuvusanalüüsi koostamiseks võrreldi planeeritavate jõuseadmete suuremaid kulukohti. Hoolduse- ja remondimaksumuse analüüsi koostamiseks pidi autor leidma ühise punkti, et analüüsis toodud andmed oleksid võrdsel tasemel, kuna jõuseadmete kapitaalremondi töötunnid olid erinevatel aegadel.

Kolmanda uurimisülesande lahendamiseks lähtus autor esimese ja teise ülesande tulemustest ning andis omapoolse hinnangu jõuseadme valikuks, tuues välja vajalikud lisauurimised, mis tulenevad miinijahtijate ehituslikust eripärast. Valikusse jäi kaks jõuseadet, kuna nende tehnilised parameetrid olid liiga erinevad. Selleks, et lõpliku otsuse saaks langetada, peaks lisaks antud magistritööle läbi viima akustilised mõõdistamised.

Autori hinnangul said uurimisülesanded lahendatud ning läbi selle ka töö eesmärk täidetud. Järgnevalt alustama läbirääkimisi raamlepingupartneritega, selgitamaks välja võimalusi viia läbi akustilisi mõõdistamisi.

Summary

THE MOST COST-EFFECTIVE MAIN ENGINE FOR SANDOWN CLASS SHIP

Title of master's degree thesis was chosen considering aspects like real life necessity. Thesis is made so that, in future there is possibility to use the theoretical part, when navy is going to prepare projects to get new systems. Nowadays the LCC (Life Cycle Costing) is generally used method to find out the costs that are not brought out in system purchase price. Usually the purchase price of the system is only the top of the iceberg and unfortunately other costs like: installation cost, maintenance costs, operational costs and amortizing costs are much bigger. Thanks to LCC there is possibility to plan your budget over the years of the usage of the system.

The aim of the master's degree thesis is to find out the most cost-effective main engine to replace the existing main engines Paxman Valenta 6RPA 200EM's. To achieve the goal, following research tasks were set:

1. Evaluate the parameters and purchase- installation costs of the main engines to be replaced which accompanying the main engine replacement project.
2. Make cost-benefit analysis of the minehunters main engine replacement.
3. Analyze the possibilities arising from theory and cost-benefit analysis and propose the best possible solution for the replacement of the main engines of minehunters.

Framework contract partners gave price offers to solve the first task. Those partners are official dealers of the main engines in Estonia. Author made tables considering information what came from the framework partners. Major differences in information is due to partner's possibilities to make the price into parts what author needed. Two of three main engines are the same price and size, but one is half less of the others. In that task were found out differences of the main engine construction and design that appeared in rotation speed and power of the engines. One concern is need to use ZF type gearbox in addition to main engines. In this situation we do not have calculations of the acoustic measurements which show how much acoustic noise will go throw the ship hull to the sea environment.

Author used data from the first task to solve the second task and made cost-benefit analyze. All the costs are indicative and are in present values. The currency is not correct and were changed

arbitrarily by author to avoid the leakage of the data to other partners. To make the cost-benefit analyze the author had to find the measurement point where he can compare maintenance costs and repair costs. It was necessary because the top overhauls were in different working hours.

To solve the third task, author based on the information from first and the second task. Author gave propositions based on the analysis and brought out reasons why there are need for additional studies, which is based due to minehunters constructional features. Two main engines where too different due to difference of the engine parameters (weight, rotation speed, cylinder displacement). To make the finale selection of the main engines there is need to make underwater acoustic measurements and then we can see how much the ZF type gearbox will affect the selection of the new main engine.

To sum up the work, author evaluates the work done, because the aim of the work was done and all three tasks, which supported the aim of the Master's degree thesis, were solved. Next step must be negotiations with the framework partners to find out opportunities to make acoustic measurements.

VIIDATUD ALLIKAD

AAP-48. (2007). *NATO System Life Cycle Stages And Processes*. NATO.

Applegate, C., Cannataro, J., & Lee, C. W. (2020, September 09). *Emphasize Supportability Early*. Retrieved from United States Army: https://www.army.mil/article/238881/emphasize_supportability_early

Blanchard, B. S. (kuupäev puudub). *Life-Cycle Costing: An Effective Tool For Total Asset Management*. Virginia.

Caterpillar. (Kuupäev puudub). *Caterpillar 3508C*. Caterpillar Official.

David, H. (2014). Managing overall project risk. *PMI® Global Congress 2014-EMEA*. Dubai: Project Management Institute.

Deimling, C. A., Essig, M., Schaupp, M., Amann, M., & Vafai, S. (2016). *Life-Cycle-Cost-Management as an Instrument for Strategic Public Procurement: State of the Art and Perspectives*. Neubiberg: Bundeswehr University Munich.

EAS. (2021). *EAS: kulud ja raamatupidamine*. Retrieved from Ettevõtte Arendamise Sihtasutus: <https://www.eas.ee/alustav/ari-planeerimine/kulud-ja-raamatupidamine/>

Eesti Kaitsevägi. (2020, 06 21). Retrieved from <https://mil.ee/uksused/merevagi/laevastik/eml-admiral-cowan/>

Eisenberger, I. L. G. (1977). *Life-Cycle Costing: Practical Considerations*. DSN Progress Report 42-40.

Fuller, S. K., & Petersen, S. R. (1996). *Life Cycle Costing Manual for the Federal Energy Management Program*. Washington: U.S Government Printing Office.

Kuura, M., Kütt, J., Linnaks, E., & Lüll, T. (1994). *Inglise-Eesti raamatupidamisterminite seletussõnastik*. Tallinn.

Kõomägi, M. (2006). *Ärerahendus*. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.

- Lee, D. E., & Melkanoff, M. A. (1993). *Issues in Product Life Cycle engineering Analysis*. New York: Advances in Design Automation.
- Merevägi. (2021, Veebruar 9). Retrieved from Eesti Kaitsevägi: <https://mil.ee/uksused/merevagi/>
- PAXMAN VALENTA... (1997, jaanuar). *PAXMAN VALENTA 6 RPA 200EM DIESEL ENGINE DIESEL ENGINE LOG BOOK serial no. 870009/3*. Services, Adtranz Rail Part.
- Riigikogule, R. a. (2020). *Suuremahuliste kaitseotstarbeliste hangete kavandamine ja kulutõhusus (aruande kokkuvõte)*. Tallinn.
- Royce, R. (2019). *DIESEL ENGINES 8V 4000 M53R/M53*.
- RTO-TR-058. (2003). *Cost Structure and Life Cycle Cost for Military Systems*. RTO/NATO.
- (2009). *RTO-TR-SAS-069*. RTO.
- Sanches, J. P. (2015). Life Cycle Cost Estimatin Procedure For A Weapon System In Spain N.6. *Journal Of The Spanish For Strategic Studies*, 5.
- Shetelig, H. (2013). *Shipbuilding Cost Estimation*. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology Department of Marine Technology.
- Staats, E. B. (1968). *The Effect Of Department Of Defence Procurement On Competition And Concentration*. Wachington D.C: US General Accounting Office.
- Team, M. T. (n.d.). *Risk Analysis and Risk Management: Mind Tools*. Retrieved from Mind tools Web Site: https://www.mindtools.com/pages/article/newTMC_07.htm
- The Top 10 Benefits of Calculating Life Cycle Cost*. (2017, September 29). Retrieved from The Engineering Design: <https://www.theengineeringdesign.com/top-10-benefits-calculating-life-cycle-cost/>
- TRSAS-054TP/51, R.-S.-0. (2007). *Methods and Models for Life Cycle Costing RTO technical*.
- U.S General Service Administration: 1.8 Life Cycle Costing*. (2019, 02 26). Retrieved from Official website of the United States Government: <https://www.gsa.gov/node/81412>

Waghmode, L. Y. (2012). *Modelling maintenance and repair cost using stochastic point process for life cycle costing of repairable systems*. International Journal of Computer Integrated Manufacturing.

Welch, I. (2008). *Corporate Finance: An Introduction Prentice Hall*. London: Pearson College Div.

VOITH. (Kuupäev puudub). *Voith Schneider Propeller: Types and Dimensions*. Voith .

Volvo. (2021). *Volvo Penta Global: D16MH*. Retrieved from Volvo Penta Global Web Site: <https://www.volvopenta.com/marine/products/inboard-shaft/inboard-shaft-engine-range/d16-mh/#features>

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks²

Mina Tauno Kuusik

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Kuluefektiivseim jõuseade Sandown klassi laevadele“, mille juhendajad on Marek Mardo ja Maret Guldenkoh.
 - 1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
 2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
 3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.
-

18.05.2021

² Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingulise tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtjaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtjaks ei kehti.