

TARTU ÜLIKOOL
Majandusteaduskond

Jaagup Lehes

ELEKTRI- JA DIISELTÕSTUKITE OMAMISE KOGUKULU VÕRDLUS
EESTI TÖÖSTUSETTEVÕTTE NÄITEL

Bakalaureusetöö

Juhendaja: lektor Maire Nurmet

Tartu 2026

Olen koostanud töö iseseisvalt. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, põhimõttelised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

Sisukord

Sissejuhatus.....	4
1. Elektri- ja diiseltõstukite omamise kogukulu teoreetiline käsitus	6
1.1. Vastastikku välistavate tehnoloogiate võrdlus.....	6
1.2. Omamise kogukulu käsitus.....	8
1.3. Elektri- ja diiseltõstukite majandusliku tasuvuse võrdlus omamise kogukulu meetodil.....	12
2. Elektri- ja diiseltõstukite omamise kogukulu empiiriline analüüs.....	15
2.1. Andmete ülevaade.....	15
2.2. Tasuvuse hindamine.....	26
2.3. Sensitiivsusanalüüs	31
Kokkuvõte.....	36
Viidatud allikad.....	38
Lisad.....	41
LISA A Ettevõtte juhiga läbiviidud poolstruktureeritud intervjuu kava	41
LISA B Laojuhatajaga läbiviidud poolstruktureeritud intervjuu kava	42
LISA C Diiseltõstuki D1 tehnilised andmed	43
LISA D Diiseltõstuki D2 tehnilised andmed	44
LISA E Elektritõstuki E1 tehnilised andmed.....	45
Summary	46

Sissejuhatus

Tööstusettevõtete logistika- ja laotegevuse käsitlemisel on traditsiooniliselt keskendunud eeskätt kulude vähendamisele ja protsesside tõhususele, kusjuures siselogistika seadmete valikul on olulisel kohal investeringu maksumus ja töökindlus (Dey, LaGuardia & Srinivasan, 2011). Viimastel aastatel on logistika ja laondustegevuse keskkonnamõju muutunud järjest olulisemaks aruteluteemaks, mille tulemusena on kasvanud tähelepanu ka tehnoloogilistele lahendustele, mis võimaldavad vähendada siselogistika tegevustega seotud keskkonnakoormust, sealhulgas tõstukite kasutamisest tulenevat mõju (Perotti & Colicchia, 2023). Varasemad teadusuuringud on seejuures keskendunud valdavalt keskkonnamõtjude ja jätkusuutlikkuse kvalitatiivsele hindamisele, samas kui tõstukite elektrifitseerimisega seotud investeringute majanduslik tasuvus on jäänud suhteliselt vähem käsitletuks. Sellest tulenevalt on põhjendatud vajadus käsitleda tõstukite elektrifitseerimist lisaks keskkonnanohiule ka investeringu tasuvuse vaatenurgast, et toetada tehnoloogiliste otsuste majanduslikku põhjendamist tööstusettevõtte tasandil.

Tehnoloogiliste alternatiivide võrdlemist muudab keerukaks asjaolu, et elektri- ja diiseltõstukite eelised ja puudused avalduvad erinevates kulukomponentides ning kasutustingimustes, mille mõju ei ole ajas ühtlaselt jaotunud. Siitari (2025) toob esile, et diiseltõstukid on sobivad rasketesse töötingimustesse ning tagavad kõrge töövalmiduse, kuid nende kasutamine on seotud fossiilkütuste hinnast sõltumisega ning sellest tuleneva kulude ebakindlusega. Energiakulude vaates toovad Wang et al. (2024) välja, et elektrisõidukid võimaldavad saavutada märkimisväärset kokkuhoidu kütusekuludel võrreldes sise põlemismootoril töötavate lahendustega. Lajunen et al. (2016) rõhutavad seejuures, et elektriliste jõuallikate kasutuselevõttu mõjutavad kasvavad energiakulud ja rangemad heitmenõuded, mis suurendavad energiatõhususe tähtsust ning suunavad tähelepanu alternatiivsetele ajamitele. Elektriliste lahenduste kõrgem soetusmaksumus tuleneb eelkõige akutehnoloogia kulukusest, mis suurendab oluliselt alginvesteeringut võrreldes traditsiooniliste sise põlemismootoril töötavate lahendustega (Lajunen et al., 2016). Sellest tulenevalt on nii elektri- kui diiseltõstukitel omad eelised, kuid need avalduvad erinevates kulukomponentides ja kasutustingimustes. See muudab tehnoloogiate majandusliku võrdlemise keerukaks ning eeldab nende terviklikku hindamist, arvestades energiakulu, investeringu mahtu ja põhitegevusega seotud tegureid.

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk on võrrelda elektri- ja diiseltõstukite omamise kogukulu ning hinnata elektritõstuki majanduslikku otstarbekust Eesti tööstusettevõtte tegelike andmete põhjal. Töö tulemused on eeskätt suunatud empiirilise raamistiku loomisele,

mida saab edaspidi kasutada elektritõstukite investeringute majandusliku hindamise alusena. Samuti võib töö pakkuda praktilist väärtust ettevõtetele, kes kaaluvad üleminekut sisepõlemismootoriga tõstukitelt elektritõstukitele ning soovivad hinnata vastava investeringu majanduslikku otstarbekust.

Töö eesmärgi saavutamiseks on autor püstitanud järgmised uurimisülesanded:

1. Võrrelda elektri- ja diiseltõstukite tehnoloogilisi omadusi;
2. Tutvustada elektri- ja diiseltõstukite kulustruktuuri;
3. Selgitada välja tõstukite omamise kogukulu arvutamiseks kasutatavaid meetodeid;
4. Analüüsida elektri- ja diiseltõstukite majanduslikku tasuvust;
5. Hinnata tulemuste tundlikkust muutuvate sisendparameetrite suhtes.

Bakalaureusetöö koosneb kahest peatükist, sissejuhatastest ja kokkuvõttest. Esimeses peatükis antakse ülevaade elektri- ja diiseltõstukite tehnoloogilistest erinevustest ning käsitletakse omamise kogukulu (TCO) kontseptsiooni. Metoodilises osas kirjeldatakse TCO hindamise raamistikku, mille aluseks on viieaastane analüüsiperiood ning aastapõhiste rahavoogude modelleerimine. Kulud jaotatakse kapitalikuludeks (CAPEX), mis hõlmavad tõstuki soetusmaksumust, lisaseadmeid ja võimalikke toetusi, ning tegevuskuludeks (OPEX), mis koosnevad energia-, hooldus- ja remondikuludest. Kõik kulukomponendid teisendatakse võrreldavuse tagamiseks ühtsesse mõõtühikusse ning esitatakse ajas jaotunud rahavoogudena. Nende põhjal arvutatakse kogukulude nüüdisväärtus TCO(NPV) meetodil, kasutades diskontomäära, mis leitakse kaalutud keskmise kapitali hinna (WACC) alusel.

Töö teises peatükis viiakse läbi empiiriline analüüs, milles võrreldakse elektri- ja diiseltõstukite omamise kogukulu ning hinnatakse sisepõlemismootoriga tõstuki asendamise tasuvust elektritõstukiga. Lisaks koostatakse sensitiivsusanalüüs, et hinnata erinevate tegurite mõju võrreldavate tehnoloogiate kogukulude nüüdisväärtusele.

Käesoleva töö metoodiline lisaväärtus seisneb omamise kogukulu raamistikus rakendatud rahavoopõhise lähenemise sidumises tegeliku tootmiskeskkonna andmetega. Analüüs põhineb autori poolt kogutud esmastel andmetel, mis võimaldavad hinnata kulukomponentide kujunemist reaalses kasutuskeskkonnas ning suurendavad tulemuste usaldusväärsust ja praktilist rakendatavust.

Märksõnad: elektritõstukid, NRMM, TCO, CAPEX, OPEX

1. Elektri- ja diiseltõstukite omamise kogukulu teoreetiline käsitlus

1.1. Vastastikku välistavate tehnoloogiate võrdlus

Tõstukite puhul on tegemist intensiivselt kasutatavate tööstusseadmetega, millel on tootmisettevõtte siselogistikas keskne roll alates materjalide vastuvõtust kuni tootmisliinide varustamiseni (Siitari, 2025). Seetõttu mõjutavad tõstukitega seotud tehnoloogilised valikud otseselt tootmisprotsesside järjepidevust ja kulutaset.

Logistikakulude märkimisväärne osakaal ettevõtete kulustruktuuris viitab siselogistika seadmetega seotud otsuste majanduslikule kaalule (Dey et al., 2011). Samas on varasemates uuringutes tehase- ja laosisene liikumine jäänud sageli tagaplaanile võrreldes ettevõttevälise transpordiga (Fuc et al., 2016), mis osutab vajadusele käsitleda tõstukeid eraldiseisva otsustusobjektina. Perotti ja Colicchia (2023) näitavad, et logistikas tehtavad tehnoloogilised valikud mõjutavad energiatarbimist, heitkoguseid ja kulustruktuuri ühiselt, kujunedes regulatiivsete, turupõhiste ja organisatsioonisiseste tegurite koosmõjul. Sellest tulenevalt ei piirdu tõstukite elektrifitseerimise mõju üksnes keskkonnaaspektidega, vaid avaldub ka ettevõtte majanduslikes tulemustes.

Varasemate uuringute kaardistamisel ilmnes, et kuigi käesoleva töö fookuses on tõstukid, on märksõna tõstuk (ingl k *forklift*) teaduskirjanduses suhteliselt piiratud kasutusega ega kata piisavalt energiatarbimise ega majandusliku mõju käsitlusi. Süsteemse kirjanduse otsingu käigus laiendas autor kasutatud märksõnade ringi ning analüüsis sagedamini esinevaid kategooriaid, mille tulemusel kujunes keskseks käsitluseks teedel mittekasutatavate liikurmasinate mõiste. Seetõttu käsitletakse tõstukeid laiemas teedel mittekasutatavate liikurmasinate (ingl k *Non-Road Mobile Machinery*, NRMM) raamistikus, kuhu kuuluvad erinevad tööstuses kasutatavad seadmed.

NRMM-ina käsitletakse masinaid, mis on projekteeritud kindla tööülesande täitmiseks, näiteks materjalide liigutamiseks (Lajunen et al., 2016). Lajunen et al. (2016) rühmitavad NRMM-e eeskätt tööprotsessi funktsiooni, kasutuskeskkonna ning energiavajaduse alusel. Käesolevas töös lähtutakse peamiselt tööprotsessi funktsioonist ja energiavajadusest, et siduda tehnoloogiline käsitlus tõstukite majandusliku võrdlusega. Järgnevalt antakse ülevaade tõstukite peamistest tehnoloogilistest lahendustest, keskendudes nende jõuallikatele.

Diiseltõstukid on sise põlemismootoriga seadmed, mida iseloomustab kõrge võimsus, suur tõstevõime ning sobivus rasketesse ja muutlikesse töötingimustesse, sealhulgas välitingimustesse ja suure koormusega töösüklitesse. Nende eeliseks on pikk järjestikune tööaeg ja kiire tankimisvõimalus, samas kaasnevad kasutamisega kõrgem müratase ning

heitgaaside teke kasutuskohas, mis piirab nende rakendatavust siseruumides. Lisaks on sisepeõlemismootoriga lahenduste tehniline ülesehitus keerukam ning hõlmab suuremat hulka kulumiskomponente, mis suurendab hooldusvajadust võrreldes elektriliste alternatiividega. (TCM, n.d.; Toyota Material Handling, 2018)

Elektritõstuk on akutoitel töötav tõsteseade, mida iseloomustab võrreldes sisepeõlemismootoriga tõstukitega kõrgem alginvesteering. Elektritõstuki tehniline ülesehitus on lihtsam, kuna puuduvad sisepeõlemismootorile iseloomulikud mehhaanilised komponendid, mille tulemusel on seadme hooldusvajadus madalam ja töökindlus suurem. Keskkonnamõju vaates iseloomustab elektritõstukit otseste heitgaaside puudumine kasutuskohas ning madalam müratase võrreldes diiseltõstukitega. (TCM, n.d.; Toyota Material Handling, 2018)

Energiakulu ja efektiivsus on keskse tähtsusega tegurid elektri- ja diiseltõstukite majanduslikul võrdlemisel. Varasemad uuringud on näidanud, et kasvavad energiakulud ning rangemad heitmenõuded on suurendanud energiatõhususe olulisust NRMM-sektoris, suunates tähelepanu elektri- ja hübriidajamite kasutuselevõtule (Lajunen et al., 2016). Wang et al (2024) toovad välja, et elektrisõidukid säästavad kütusekulult 39% võrreldes sisepeõlemismootoril töötava sõidukiga. Sama kinnitavad ka Lajunen et al (2016) kes väidavad, et elektrilised jõuallikad võimaldavad vähendada energiatarbimist ligikaudu 10–50% ning saavutada kasutusfaasis kulude kokkuhoidu eelkõige madalama energiakulu kaudu. Nende käsitluste põhjal võib järeldada, et energiatõhususe paranemine avaldub eeskätt kütusekulu vähenemises, mis muudab selle oluliseks teguriks elektritõstukite investeeringu tasuvuse hindamisel.

Siitari (2025) poolt, Soome puidutööstuse kontekstis, koostatud elektri-, diisel- ja vesiniktõstukite jätkusuutlikkust käsitlev magistr töö toob esile olulised erinevused nende tehnoloogiate hooldusvajaduse, töökindluse ja põhiliste omaduste osas. Uuringus leiti, et diiseltõstukeid käsitletakse usaldusväärsete ja suure jõudlusega lahendustena, mis sobivad hästi rasketesse töötingimustesse ning võimaldavad kiiret tankimist ja pidevat töövalmidust. Samas viitab autor sellele, et diiseltõstukite kasutamine on seotud sõltuvusega fossiilkütuste turust ning kütusehinna volatiilsusest tuleneva kulude ebakindlusega. Elektritõstukite puhul rõhutatakse madalamat hooldusvajadust ja väiksemaid kasutuskulusid, kuid samal ajal tuuakse esile riskid, mis on seotud akude vastupidavuse, laadimistaristu ning mitme vahetusega töö korraldamisega (Siitari, 2025). Uuringus märgitakse, et ebapiisav akuhaldus võib põhjustada tööseisakuid, mis mõjutab otseselt seadme töökindlust. Samas osutavad Alshaebi et al. (2017), et aku ei ole pelgalt energiakandja, vaid määrab olulisel määral ka

töstuki tööprotsesside ajakasutuse ja energiatõhususe, mõjutades nii liikumis- kui ka töstetsükli kestust ning võimaldades töökorralduslikke lahendusi, nagu vahelaadimine pauside ajal. Nende käsitluste põhjal võib järeldada, et diiseltöstukite eelis seisneb suuremas paindlikkuses, samas kui elektritöstukite kasutusefektiivsus sõltub suurel määral süsteemsest kasutus- ja hoolduskorraldusest ning aku kasutamise optimeerimisest, mis omab otseselt mõju nende kogukulule.

Soetusmaksumus on üks peamisi tegureid, mis eristab elektri- ja diiseltöstuksid investeerimisotsuse kontekstis. Varasemad uuringud on näidanud, et elektriliste jõuallikate kõrgem hind tuleneb eelkõige akutehnoloogia kallidusest, mis muudab nende alginvesteeringu märkimisväärselt suuremaks võrreldes traditsiooniliste diisellahendustega (Lajunen et al., 2016). Sarnasele järeldusele jõuavad ka mitmed uuringud (Pesonen et al., 2025; Siitari, 2025), mille kohaselt sisaldavad elektritöstukite kõrged algse investeeringu kulud lisaks seadme hinnale ka laadimistaristu ning varuakude soetamise kulusid. Nende uurimuste põhjal võib järeldada, et kuigi kõrgem soetusmaksumus võib piirata elektritöstukite kasutuselevõttu, ei ole investeerimisotsuse tegemisel määrav üksnes alginvesteering, vaid kogu kasutusfaasis kujunevate kulude tervik.

Kokkuvõtvalt võib öelda, et elektri- ja diiseltöstukite vahelised erinevused ei piirdu üksnes tehniliste omadustega, vaid avalduvad ka kulustruktuuris, töökindluses ning regulaarses kasutuses. Varasemad uuringud on näidanud, et kuigi diiseltöstuki pakuvad suuremat paindlikkust ja kasutusvalmidust, kaasneb nendega suurem sõltuvus kütuseturust, samas kui elektritöstukite eelis seisneb madalamas energiakuluses ja hooldusvajaduses, kuid nende kasutamine eeldab kõrgemat alginvesteeringut ja tõhusat akuhaldust (Lajunen et al., 2016; Siitari, 2025). Nende käsitluste põhjal võib järeldada, et tehnoloogiliste alternatiivide võrdlemine üksnes tehniliste näitajate alusel ei võimalda anda terviklikku hinnangut nende majanduslikule otstarbekusele. Sellest tulenevalt on põhjendatud rakendada täiendavaid analüütilisi lähenemisi, mis võimaldavad arvestada nii kulude ajajaotust kui ka nende mõju investeeringu tasuvusele.

1.2. Omamise kogukulu käsitlus

Varasemates sõidukite ja töstukite tehnoloogiad käsitlevates uuringutes on alternatiivide võrdlemisel kasutatud omamise perioodi põhiseid kulukäsitlust, mida tähistatakse mõistega omamise kogukulu (ingl k *Total Cost of Ownership*), edaspidi TCO. Kogukulude mudel on mudel, millega on võimalik arvutada sõidukite kapitalikulud (CAPEX) ja eluea tegevuskulud (OPEX) kuni nende kasutusest kõrvaldamise või edasimüügini, kasutades

diskonteeritud rahavoogude meetodit (Wang et al., 2024). TCO-d kasutatakse eeskätt majandusliku võrdlusraamistikuna olukordades, kus alternatiivsed tehnoloogiad erinevad ajas jaotuva kulustruktuuri poolest. Jiao et al. (2021) ja Rout et al. (2022) näitavad, et TCO võimaldab koondada soetusmaksumuse, kasutusperioodi jooksul tekkivad kulud ning jääkväärtuse ühtsesse raamistikku, võimaldades hinnata tehnoloogiate majanduslikku mõju kogu omamisperioodi lõikes.

TCO rakendamine põhineb süsteemsel lähenemisel, mille käigus määratletakse analüüsi ulatus, vajalikud sisendandmed ning arvutusloogika. Varasemates käsitlustes on TCO analüüs jaotatud järjestikusteks etappideks, mis hõlmavad alternatiivide määratlemist, kulukategooriate valikut ning tulemuste hindamist ja esitlust (Oskarsson, 2025). Käesolevas töös käsitletakse neid etappe kui meetodilist raamistikku, mille eesmärk on tagada kulude terviklik käsitlus ja tulemuste võrreldavus. Tabelis 1 esitatud etapid loovad aluse edasiseks analüüsiks.

Tabel 1

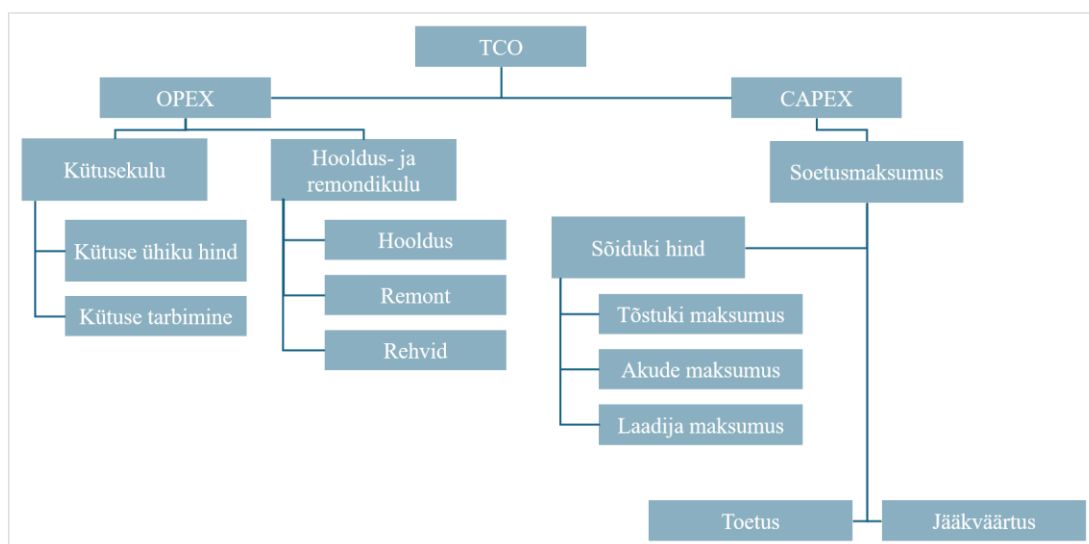
TCO leidmise etapid

Etapid	Sammud
Eesmärgi seadmine	1. Alternatiivide kaardistamine
Kulude modelleerimine	2. Ajaline määratlemine
Arvutused	3. Kulukategooriate valimine
Hindamine	4. Arvutusmeetodite valimine
Esitlus	5. Vajalike andmete määratlemine
	6. Andmete kogumine
	7. Andmete töötlemine
	8. Ebakindluse tuvastamine
	9. Ebakindluse mõju analüüsimine
	10. Tulemuste esitamine

Allikas: Autori koostatud Oskarsson (2019) põhjal (viidatud läbi Oskarsson, 2025)

Käesoleva töö kontekstis on keskse tähtsusega analüüsiperioodi määratlemine, kulukomponentide identifitseerimine, andmete ühtlustamine ning tulemuste tundlikkuse hindamine, kuna just need eeldused mõjutavad otseselt TCO tulemuste tõlgendatavust ja usaldusväärsust.

Varasemates uuringutes on TCO struktuuri käsitletud erinevate kulukategooriate kaudu, eristades eeskätt soetamisega seotud kulusid ja kasutusperioodi jooksul tekkivaid kulusid. Joonisel 1 on esitatud vastav kulustruktuur, mis illustreerib peamisi kulukomponente ja nende omavahelisi seoseid.



Joonis 1. TCO mudeli kulustruktuur

Allikas: Autori koostatud Rout et al. (2022) ja Jiao et al. (2021) põhjal

Joonisel esitatud TCO käsitlus lähtub Rout et al. (2022) jaotusest, mille järgi kujuneb kogukulu kahest suurest kulurühmast: kapitalikuludest ehk CAPEX-ist ja tegevuskuludest ehk OPEX-ist. CAPEX hõlmab sõiduki soetamise ja selle väärtuse kujunemisega seotud algseid ning pikaajalisema mõjuga kulusid, samas kui OPEX koondab sõiduki igapäevase kasutamise ja käitamisega seotud jooksvaid väljaminekuid. CAPEX ja OPEX on omamise kogukulu analüüsi põhikomponendid, kusjuures arvesse tuleb võtta ka sõidukite hilisemat realiseerimise väärtust ja toetusi. Selles mudelis ei arvestata sõidukite laadimise või tankimise taristukulud ja eeldatakse, et need on kasutamiseks saadaval (Wang et al., 2024). Selline eristus võimaldab selgelt näha, millised kulud tekivad sõiduki kasutuselevõtul ning millised kulud avalduvad selle kasutusperioodi jooksul. Järgnevalt käsitletakse esmalt CAPEX-i ehk soetusmaksumusega seotud komponente, kuna need moodustavad sõiduki kogukulu algse kulubaasi ja loovad aluse hilisemate tegevuskulude analüüsiks.

Jiao et al. (2021) käsitluse kohaselt koosneb CAPEX mitmest komponendist, hõlmates nii tõstuki akude ja laadija maksumust kui ka võimalikke toetusi, mis vähendavad alginvesteeringut. Selline detailne jaotus võimaldab täpsemalt hinnata alginvesteeringu struktuuri ning peegeldab eelkõige sõiduki kasutuselevõtuga seotud esialgset investeeringut. Järgnevas lõigus vaadeldakse tervikliku kulupildi saamiseks ka kasutusperioodil tekkivaid jooksvaid kulusid.

OPEX hõlmab sõiduki kasutusperioodil tekkivaid kulusid, sealhulgas energiakulu, hooldus- ja remondikulud ning erinevaid halduskulusid, nagu kindlustus ja perioodilised

ülevaatused (Ma et al., 2025). Energiakulu leitakse seejuures tavaliselt tarbitud energia hulga ja selle ühikuhinna korrutisena (Rout et al., 2022), samas kui hoolduskulud sõltuvad nii kavandatud hooldustegevustest kui ka komponentide elueast. Lisaks võivad OPEX-it mõjutada välised tegurid, nagu inflatsioon, tehnoloogia areng ja regulatiivsed muutused, mistõttu kujuneb see ajas muutuvaks ja kontekstipõhiseks kulukomponendiks (Ma et al., 2025).

Kuigi TCO võimaldab kulusid terviklikult koondada, eeldab ajas jaotunud kulude sisuline võrreldavus raha ajaväärtuse arvestamist, mis seob TCO lähenemise diskonteeritud hindamismeetoditega. Diskontomäär võimaldab teisendada tulevased rahavood nüüdisväärtusesse ning on seetõttu ajateljepõhise TCO-loogika lahutamatu osa (Ma et al., 2025). Diskonteeritud meetodites kasutatakse laialdaselt nüüdispuhasväärtuse (NPV) meetodikat (Dai et al., 2022). Dai et al. (2022) käsitlevad NPV-d kapitali eelarvestamise peamise otsustuskriteeriumina, mis võimaldab mõõta loodavat väärtust absoluutarvudes. Samas osutavad Sokolov et al. (2024), et NPV tulemused sõltuvad oluliselt rahavoogude prognoosidest ja diskontomäära valikust, mistõttu nõuab meetodi rakendamine teadlikke ja läbipaistvaid eeldusi.

Käesolevas töös käsitletakse nüüdispuhasväärtuse meetodit omamise kogukulu raamistikus, lähtudes varasemates uuringutes rakendatud kulupõhisest lähenemisest. Ma et al. (2025) kohaselt on analüüsi fookuses eeskätt kasutusperioodi jooksul tekkivad kulud, mistõttu rahavood ei hõlma tulusid klassikalises tähenduses, vaid väljendavad investeringu ja sellele järgneva kasutuse kulustruktuuri ajas. Sarnast loogikat järgivad ka Bauer ja Woeste (2025), kes määratlevad NPV komponendid kui alginvesteeringu, perioodilised tegevuskulud ning vara jääkväärtuse analüüsiperioodi lõpus, rõhutades seejuures diskonteerimise rolli ajas hajutatud rahavoogude viimiseks nüüdisväärtusesse. Seega kujuneb NPV rakendamisel käsitlus, kus hinnatakse investeeringuga seotud kulude mõju kogu omamisperioodi vältel, arvestades raha ajaväärtust. Tulenevalt asjaolust, et käesolevas töös ei käsitleta tulusid, vaid üksnes kulusid, on metodoloogiliselt täpsem kasutada tähistust TCO(NPV), mis rõhutab, et tegemist on diskonteeritud omamise kogukulu hindamisraamistikuga, mitte tavapärase tulude ja kulude netovahega.

Diskontomääral on TCO(NPV) arvutamisel keskne roll, kuna see määrab, kuidas ajas jaotunud rahavood teisendatakse nüüdisväärtusesse. Autor esitab diskontomäära kaalutud keskmise kapitali hinna (WACC) meetodil, tuginedes ettevõtte kapitalistruktuuri sisendandmetele. WACC-i kasutatakse laialdaselt diskontomäärana ettevõtte ja projektide hindamisel, tuginedes diskonteeritud rahavoogude meetoditele, mida peetakse sobivaks

projektide väärtuse määramisel erinevate finantsstruktuuri eelduste korral (Grüninger & Kind, 2013). Seega kujutab WACC endast nii kapitali hinna koondmõõdikut kui ka praktilist diskontomäära investeeringute hindamisel.

Arvestades, et diskontomäära ja teiste sisendparameetrite valik mõjutab otseselt TCO(NPV) tulemusi, on põhjendatud hinnata mudeli tundlikkust nende eelduste muutuste suhtes sensitiivsusanalüüsi abil. Sensitiivsusanalüüs võimaldab uurida, kuidas prognoositavad tulemused varieeruvad eelduste muutumisel, sealhulgas näiteks energiahindade või diskontomäära osas, kusjuures viimase valik võib oluliselt mõjutada omamise kogukulu analüüsi tulemusi (Ma et al., 2025). Uuringud näitavad, et toetused ja hinnamuutused võivad märkimisväärselt parandada alternatiivsete tehnoloogiate tasuvust, kiirendades nende tasuvuspunkti saavutamist või muutes selle üldse võimalikuks (Woody et al., 2024). Samuti on leitud, et teatud tehnoloogiate majanduslik eelis võib püsida ka ilma toetusteta ning olla vähem tundlik diskontomäära muutuste suhtes võrreldes teiste alternatiividega (Ma et al., 2025). Seega võib järeldada, et sensitiivsusanalüüs võimaldab tuvastada kriitilised sisendtegurid, mis määravad investeeringu lõpptulemuse, ning hinnata tulemuste tundlikkust erinevate stsenaariumide suhtes. Käesoleva töö kontekstis loob see aluse edasiseks analüüsiks, kus hinnatakse toetuse mõju ning elektri- ja diiselhinna muutuste mõju investeeringu tasuvusele.

1.3. Elektri- ja diiseltõstukite majandusliku tasuvuse võrdlus omamise kogukulu meetodil

Käesoleva peatüki eesmärk on kirjeldada bakalaureusetöös rakendatavat meetodilist lähenemist, mille abil hinnatakse elektri- ja diiseltõstukite majanduslikku võrdlust omamise kogukulu raamistikus, tuues välja kasutatavad arvutusloogikad, sisendandmete teisendused ning hindamismeetodid.

TCO analüüs põhineb viieaastasel analüüsiperioodil, mille jooksul modelleeritakse iga vaadeldava tõstuki rahavood aastate lõikes. Mudelis käsitletakse TCO-d ajas jaotunud kulude jadana, kus alginvesteering tekib analüüsi alguses, sellele järgnevad kasutusperioodi jooksul tekkivad tegevuskulud ning perioodi lõpus arvestatakse seadme jääkväärtust. Selline lähenemine võimaldab siduda kõik kulukomponendid ühtsesse ajateljepõhisesse raamistikku ning loob eeldused nende edasiseks diskonteerimiseks.

Rahavoogude struktuur on mudelis ühtlustatud nii, et iga aasta kohta määratakse vastavad kulukomponendid. Esimesel aastal hõlmab rahavoog alginvesteeringut ning kasutusega seotud kulud, järgnevatel aastatel kajastuvad tegevuskulud ning

analüüsiperioodi viimasel aastal arvestatakse lisaks jääkväärtuse mõju. Selline jaotus võimaldab eristada erinevate kululiikide ajastust ning hinnata nende mõju kogukulule.

Mudeli ülesehituses lähtutakse Rout et al. (2022) põhimõttest, et kõik kulukomponendid esitatakse võrreldaval kujul ning koondatakse ühtsesse arvutusraamistikku. Selleks ühtlustatakse absoluutväärtustel põhinevad sisendandmed ning teisendatakse tunnihindadeks, mis võimaldab erineva kulustruktuuriga tehnoloogiaid võrrelda samadel alustel. Tunnihinnaks teisendamine on oluline, kuna OPEX-kulud on otseselt seotud töötatud ajaga, seetõttu võib absoluutväärtuste võrdlemine anda eksitavaid tulemusi olukorras, kus töömahud erinevad. Tunnihinnapõhine käsitlus tagab seega tulemuste parema võrreldavuse ning loob ühtlasi aluse meetodika rakendamiseks ka edasistes analoogsetes kuluvõrdlustes. Eeltoodud arvutusloogika põhjal on TCO võimalik esitada üldvalemiga, mis kirjeldab kulukomponentide jaotust ajas ning nende koondumist kogukuluks.

$$TCO = C_{CAPEX} + \sum_{t=1}^n C_{OPEX,t} - RV \quad (1)$$

kus	C_{CAPEX}	–	soetusmaksumus
	$C_{OPEX,t}$	–	kasutuskulud, perioodil t
	RV	–	jääkväärtus kasutusaja lõpus
	n	–	analüüsiperioodi pikkus

Järgnevalt kirjeldatakse, kuidas kapitalikulud on mudelis defineeritud ning millistest komponentidest alginvesteering koosneb. Kapitalikulud hõlmavad kõiki töstuki kasutuselevõtuga seotud esialgseid väljaminekuid, mis tekivad enne regulaarse kasutusperioodi algust. Käesolevas töös käsitletakse CAPEX-i koondnäitajana, mis sisaldab töstuki soetusmaksumust, täiendavate akude ja laadimiskomplekti maksumust ning arvestab võimaliku investeeringutoetuse mõju alginvesteeringu vähendamisel. Selline käsitlus võimaldab siduda kõik algsed kulukomponendid ühtseks rahavooguks, mis kajastub mudelis analüüsiperioodi alguses.

Valemina on kapitalikulud esitatud järgmiselt:

$$C_{CAPEX} = C_{töstuk} + C_{akud} + C_{laadija} - S \quad (2)$$

kus	C_{tostuk}	–	tõstuki soetusmaksumus
	C_{akud}	–	täiendav akukomplekt
	C_{laadija}	–	täiendav laadija
	S	–	toetus

Tegevuskulud koosnevad energiakulust, hooldus- ja remondikulust, kusjuures kõik komponendid esitatakse aastapõhiselt. Energiakulu leitakse tarbitud energia hulga ja selle ühikuhinna korrutisena. Selline lähenemine võimaldab koondada kõik kasutusperioodi kulud ühtsesse aastapõhisesse rahavoogu.

Valemina on tegevuskulud esitatavad järgmiselt:

$$C_{\text{OPEX}} = (P_{\text{energia}} \cdot Q_{\text{energia}}) + C_{\text{hooldus}} + C_{\text{remont}} \quad (3)$$

kus	P_{energia}	–	elektrienergia või diiselkütuse hind
	Q_{energia}	–	energiatarbimine
	C_{hooldus}	–	hoolduskulud
	C_{remont}	–	remondikulud

Järgnevalt kirjeldatakse, kuidas eelnevalt määratletud kapitali- ja tegevuskulud integreeritakse diskonteeritud omamise kogukulu raamistikku. Selleks arvutatakse TCO mudelis kirjeldatud aastapõhised rahavood nüüdisväärtusesse, kasutades TCO(NPV) meetodit. Kuna analüüsi fookuses on kulud, väljendab TCO(NPV) antud kontekstis kõigi omamisperioodi jooksul tekkivate kulude diskonteeritud summat. Selline lähenemine võimaldab arvestada raha ajaväärtust ning võrrelda erineva ajajaotusega kulustruktuure ühtsel alusel.

Eeltoodud loogika põhjal on TCO(NPV) esitatav järgmiselt:

$$TCO(NPV) = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (4)$$

kus	CF_t	–	rahavoog perioodil t
	r	–	diskontomäär

Diskontomäär leitakse kaalutud keskmise kapitali hinna (WACC) meetodil, mis võimaldab arvestada nii omakapitali kui ka võörkapitali maksumust vastavalt nende osakaalule ettevõtte kapitalisstruktuuris. Selline lähenemine tagab, et diskonteerimisel kasutatakse ettevõtte finantseerimistingimusi peegeldavat tulunõuet.

WACC on esitatav järgmiselt:

$$WACC = \frac{E}{E+D} \cdot r_E + \frac{D}{E+D} \cdot r_D \quad (5)$$

kus	E	–	omakapital
	D	–	laenukapital
	r_E	–	omakapitali hind
	r_D	–	laenukapital hind

Kokkuvõtvalt põhineb käesolevas töös rakendatav metoodiline lähenemine omamise kogukulu hindamisel, mille raames teisendatakse kapitali- ja tegevuskulud aastapõhisteks rahavoogudeks ning diskonteeritakse nüüdisväärtusesse, kasutades WACC-meetodil määratud diskontomäära. Selline lähenemine võimaldab arvestada nii kulude ajajaotust kui ka raha ajaväärtust, tagades erinevate tehnoloogiate võrreldavuse ühtsel alusel. Metoodika struktureeritus ja kasutatud eelduste läbipaistvus loovad aluse usaldusväärseks majanduslikuks võrdluseks ning võimaldavad hinnata, kuidas erinevad sisendparameetrid mõjutavad lõpptulemust. Järgnevas peatükis rakendatakse kirjeldatud metoodikat empiiriliste andmete põhjal, et hinnata elektri- ja diiseltõstukite kogukulude erinevusi ning teha järeldused investeerimisotsuse toetamiseks.

2. Elektri- ja diiseltõstukite omamise kogukulu empiiriline analüüs

2.1. Andmete ülevaade

Käesoleva töö empiirilises osas võrreldakse samaväärsete elektri- ja diiseltõstukite omamise kogukulu viieaastase perioodi jooksul, kasutades omamise kogukulu nüüdispuhasväärtuse meetodit. Selleks koostatakse finantsmudel, mis hõlmab võrreldavate tehnoloogiate soetusmaksumust, saadud toetusi, energiakulusid, hooldus- ja remondikulusid ning jääkväärtust. Lisaks määratakse diskontomäär, mis põhineb kapitali kaalutud keskmisel hinnal. Analüüs põhineb tegeliku tootmiskeskonna andmetel ning kujutab endast ex-post tüüpi järeelhindamist, kus hinnatakse juba kasutuses olevate seadmete kulustruktuuri ja

majanduslikku efektiivsust. Selline lähenemine võimaldab anda realistliku hinnangu tehnoloogiate toimimisele ning toetab edasiste investeerimisotsuste tegemist.

Käesolevas peatükis antakse ülevaade finantsmudelis kasutatavatest sisendandmetest ning selgitatakse nende kogumise põhimõtteid. Empiirilises analüüsis võrreldakse elektrimootoriga ja diiselmootoriga neljasuunalisi külgtõstukeid, mis on funktsionaalselt samaväärsed, kuid erinevad ajami tehnoloogia poolest. Ettevõttes on kasutusel kokku neliteist tõstukit, millest kümme töötavad välitingimustes ja neli sisetingimustes. Käesolevas töös keskendutakse välitingimustes aastaringselt kasutatavatele tõstukitele, kuna need täidavad võrreldavaid tööülesandeid ning nende kasutustingimused võimaldavad hinnata erinevate tehnoloogiate majanduslikku mõju.

Analüüsis kasutatakse ettevõtte reaalseid finants- ja kasutusandmeid. Nende hulka kuuluvad tõstukite soetusmaksumus ja saadud toetused, igakuised hooldus- ja remondikulud ning energiakulud nii diislikütuse kui ka elektrienergia lõikes. Diskontomäära leidmiseks kasutatakse omakapitali ja võõrkapitali hinnad pärinevad ettevõtte juhiga läbiviidud intervjuust (LISA A). Kapitalistruktuuri osakaalud määrati ettevõtte bilansiandmete alusel, mis võimaldas arvutada kapitali kaalutud keskmise hinna.

Ettevõtte tegutseb puidutööstuses, mille tegevus eeldab ulatuslikku materjalikäitlust kogu tootmisprotsessi vältel. Tõstukid on kasutusel alates toormaterjali vastuvõtmisest kuni valmismaterjali liigutamiseni. Ettevõtte tootmispind on ligikaudu 20 hektarit ning käsitlevate pakside mass jääb vahemikku 1500 kuni 3000 kg. Sellistes tingimustes on töökindlate ja suure tõstevõimega tõstukite kasutamine ettevõtte toimimise seisukohalt kriitilise tähtsusega. Ettevõtte aastane kaubamaht on 160 000 m³ kuusepuitu. Arvestades kuusepuidu tihedust vahemikus 450 kuni 470 kg/m³ (Ütsik, 2015), vastab see ligikaudu 72 000 kuni 75 200 tonnile. Seetõttu peab tõstukipark olema suuteline tagama vastava kaubamahu pideva liigutamise.

Uurimisobjektiks on kolm neljasuunalist külgladurit. Nende peamine ülesanne on materjali transport ladude vahel ning neid kasutatakse sissetuleva toormaterjali paigutamiseks ladustamisalale, kus liikumisruum on piiratud. Lisaks teenindavad samad tõstukid tootmisliine, transportides materjali laost tootmisse. Sarnane logistiline voog kehtib ka valmismaterjali puhul. Käesolevas töös analüüsitavad tõstukid täidavad samu ülesandeid, mistõttu on nende kasutusintensiivsus ja kulumine võrreldavad.

Töös kasutatud andmed on kogutud ühe aasta kohta ajavahemikus aprill 2025 kuni märts 2026. Perioodi valik põhineb asjaolul, et see hõlmab esimest täisaastat, mil elektritõstuk oli kasutusel. Edasised kulud tuletatakse selle perioodi andmete alusel.

Eeldatakse, et hooldus- ja remondikulud püsivad mõlema tõstukitüübi puhul ajas samal tasemel.

Analüüsis arvestatakse raha ajaväärtust ning viiakse läbi sensitiivsusanalüüs, et hinnata peamiste kulukomponentide muutuse mõju lõpptulemusele. Investeeringu tasuvuse hindamisel rakendatakse varasemates uuringutes kasutatud meetodikale sarnast lähenemist.

Käesolevas bakalaureusetöös on uurimisobjektideks kaks diiselmootoriga tõstukit ning üks elektrimootoriga tõstuk, mis täidavad ettevõttes sama funktsiooni. Edaspidi tähistatakse diiseltõstukeid lühenditega D1 ja D2 ning elektritõstukit tähisega E1. Tõstukite olulisemad tehnilised ja kasutusparameetrid on esitatud Tabelis 2.

Tabel 2

Tõstukite tehnilised näitajad

Tõstuk	Tüüp	Esmane registreerimine	Töö algus	Tõstevõime (KG)	Mass (KG)	Sõidukiirus (km/h)
D1	Diiseli	2024	Oktoober 2024	6000	10200	20
D2	Diiseli	2024	September 2024	6000	10200	20
E1	Elekter	2025	Märts 2025	6000	10200	15

Allikas: Autori koostatud

Tabelis 2 on toodud tõstukite põhiomadused, sealhulgas tüüp, esmase registreerimise aeg, töö algus ettevõttes, tõstevõime, mass ning sõidukiirus. Kõigi kolme tõstuki tõstevõime on 6000 kg ning mass 10 200 kg, mis kinnitab nende tehnilist võrreldavust. Ainus erinevus seisneb sõidukiiruses, kus elektritõstuki maksimaalne kiirus on 5 km/h võrra madalam. Ettevõtte laojuhatajaga läbi viidud intervjuu (LISA B) põhjal ei avalda see erinevus märgatavat mõju tootmisprotsessi efektiivsusele ega tõstukite töövõimekusele.

Tõstukite detailsem tehniline kirjeldus on esitatud lisades (LISA C; LISA D; LISA E). Tehniliste näitajate võrdlus näitab, et tõstukite mõõtmed, tõstevõime, konstruktsioon ja kasutusotstarve on suurel määral sarnased. Seetõttu on tegemist funktsionaalselt samaväärsete seadmetega, mis sobivad otseseks majanduslikuks võrdluseks. Järgnevalt on esitatud Tabelis 3 tõstukite kasutuskoormust iseloomustavad andmed.

Tabel 3

Töstukite kasutuskooormus

Töstuk	Eelnevalt töötatud aeg (h)	Vaatlusperioodil töötatud aeg (h)	Töötunde kokku (h)	Arvestuslik kulum
D1	1623	3331	4954	27%
D2	1506	3306	4812	26%
E1	140	1942	2082	11%

Allikas: Autori koostatud

Diiseltöstuk D1 on toodetud 2024. aastal ning olnud ettevõttes kasutusel alates oktoobrist 2024. Vaatlusperioodile eelneval ajavahemikul töötas tõstuk 1623 tundi ning analüüsiperioodil aprill 2025 kuni märts 2026 kokku 3331 tundi. Diiseltöstuk D2 on samuti toodetud 2024. aastal ning olnud kasutusel alates septembrist 2024. Enne vaatlusperioodi töötas tõstuk 1506 tundi ning analüüsiperioodil 3306 tundi. Elektritöstuk E1 on toodetud 2025. aastal ning olnud ettevõttes kasutusel alates märtsist 2025. Vaatlusperioodile eelnenud kuul töötas tõstuk 140 tundi ning analüüsiperioodil kokku 1942 tundi. Esmase registreerimise ajad ja töötundide maht näitavad, et kõik analüüsitud tõstukid on suhteliselt uued ning nende kasutusintensiivsus on võrreldav. See võimaldab käsitleda neid seadmeid tehniliselt ja funktsionaalselt samaväärsete alternatiividena ning loob aluse usaldusväärseks majanduslikuks võrdluseks.

Töstukite normatiivse tööaja leidmisel lähtutakse eeldusest, et aastas on 365 kalendripäeva, millest 104 päeva moodustavad nädalavahetused, mil ettevõtte ei tööta. Lisaks arvestatakse 12 riigipühaga, millest vaatlusperioodil langeb kaks nädalavahetusele, mistõttu tööpäevade arvestusest lahutatakse 10 päeva. Töölepingu seadusest tulenevalt arvestatakse töötajale ette nähtud põhipuhkust 28 kalendripäeva aastas (Töölepingu seadus, 2009, § 55), mis tööpäevades väljendatuna vastab ligikaudu 20 päevale. Seega kujuneb aastaseks tööpäevade arvuks 231 päeva.

Ettevõttes töötavad tõstukid kahes kaheksatunnises vahetuses, mistõttu on aastane maksimaalne tööaeg 3696 tundi. Lähtudes eeldusest, et tõstuki kasulik eluiga on viis aastat, kujuneb eluea kogutööajaks 18 480 tundi. Seejuures lähtutakse eeldusest, et puhkus toimub kollektiivpuhkuse põhimõttel, mille kohaselt kogu ettevõtte tootmine peatub ning eespool käsitletud 28 kalendripäeva pikkune puhkus kajastub täielikult tööaja vähenemises.

Analüüsiperioodi lõpuks arvatud töötundide põhjal on tõstukite kulum esitatud Tabelis 3. Kõigi vaadeldavate tõstukite kulum jääb alla 30%, mis viitab sellele, et tegemist on

suhteliselt uute ja sarnase kasutusintensiivsusega seadmetega. Sellest tulenevalt on need sobivad omavaheliseks majanduslikuks võrdluseks.

Kõik analüüsitavad tõstukid on soetatud ettevõtte omafinantseeringu abil, mistõttu ei ole käesolevas TCO mudelis arvesse võetud liisinguga seotud kulusid. Elektritõstuki soetamiseks on ettevõtte saanud toetust Keskkonnainvesteeringute Keskuselt ressursitõhusate rohetehnoloogiate kasutuselevõtu meetme raames. Toetuse eesmärk on soodustada üleminekut fossiilkütustel põhinevatelt lahendustelt taastuenergiaallikatele ning suurendada ettevõtete energiavarustuse kindlust ja tegevuse jätkusuutlikkust (Ettevõtja varustuskindluse toetuse tingimused ja kord, 2023).

Kuna analüüsitavad tõstukid on soetatud ajaliselt lähestikku, ei ole vajalik nende soetusmaksumuste diskonteerimine. Tõstukite soetamise vaheline ajaperiood on ligikaudu kuus kuud, mida võib käesoleva analüüsi kontekstis pidada piisavalt lühikeseks, et hinnataseme muutuse mõju oleks ebaoluline. Sellest tulenevalt eeldatakse, et samaaegne soetamine ei oleks toonud kaasa olulisi erinevusi soetusmaksumuses ning investeeringuid käsitletakse võrreldavatel alustel.

Elektritõstuki soetamisel on arvestatud varustuskindluse parandamise meetmest saadud toetust summas 38 000 eurot, mis moodustab ligikaudu 30% tõstuki soetusmaksumusest (127 000 eurot). Toetus käsitletakse mudelis investeeringukulu vähendava komponendina. Diiseltõstukite soetamisel toetusi ei rakendata.

Järgnevalt kirjeldab autor TCO mudeli sisendiks olevate diiseltõstukite 5-aastase perioodi aasta kohta arvestatud kulusid. Tabelis 4 on kajastatud kogutud andmed summeeritud kujul, mis on sisend edaspidisteks TCO mudeli rakendamisel. Võrreldavuse tagamiseks teisendatakse need andmed hilisemas analüüsis ühtsele ajabaasile.

Tabel 4

Tõstukite vaatlusperioodi kulud absoluutväärtuses

Tõstuk	D1	D2	E1
Sõiduki hind (€)	102 950	102 950	127 000
Kütuse tarbimine (l)	15457	14104	18850
Kütusekulu (€)	16 622	15 296	2 754
Hooldus- ja remondikulud (€)	18 956	11 630	4 089
Töötatud aeg (h)	3331	3306	1942
Toetus (€)			38 100
Lisaakud (€)			19 900
Laadija (€)			4 900

Allikas: Autori koostatud

Mõlema diiseltõstuki soetusmaksumus on 102 950 eurot. Nagu Tabelist 4 nähtub, erineb D1 ja D2 tõstukite töötundide maht 21 tunni võrra, mis vastab ligikaudu kolmele tööpäevale ehk vähem kui ühele protsendile vaatlusperioodi kogumahust. Seetõttu käsitletakse töötunde võrreldavana. Erinevused ilmnevad kütusekuludes. D1 tõstuki kütusetarbimine on 9,6% suurem võrreldes D2 tõstukiga ning sellest tulenevalt on ka kütusekulu 8,7% kõrgem. Ettevõtte laojuhataja hinnangul on diiseltõstukite kütusekulu tundlik tõstukijuhi sõidustiili suhtes.

Sarnane varieeruvus esineb hooldus- ja remondikuludes. D1 tõstuki vastav kulu on 18 956 eurot ning D2 tõstukil 11 630 eurot. Peamine erinevus tuleneb D1 tõstuki suurematest remondikuludest, mis ületavad D2 vastavat näitajat 6 387 euro võrra. Hoolduskulud ja rehvivahetusega seotud kulud on mõlemal tõstukil samas suurusjärgus. Andmete põhjal ei ole võimalik tuvastada täpset põhjust D1 kõrgematele remondikuludele. Autor hindab, et tegemist on sise põlemismootoriga seadmele iseloomuliku tavapärase kulumisega seotud kuludega. Sellest tulenevalt võib järeldada, et diiseltõstukite kasutuskulud võivad samaväärselt kasutuse korral varieeruda märkimisväärselt. Seda asjaolu arvestatakse lõppjäreluste tegemisel.

Elektritõstuki E1 soetusmaksumus on 127 000 eurot, millest 38 100 eurot kaetakse varustuskindluse parandamise meetme raames saadud toetusega. Kahe vahetuse töö tagamiseks on vajalik täiendav investeering lisa akukomplekti ja laadijasse kogusummas 24 800 eurot. Vaatlusperioodil töötas elektritõstuk ühes vahetuses, kuna kasutuses oli üks akukomplekt. Perioodi viimasel kuul soetati täiendav akukomplekt, mis võimaldab edaspidi töötada kahes vahetuses.

Elektritõstuki aastane energiatarbimine on 18 850 kWh ning sellega seotud kulu 2 754 eurot. Hooldus- ja remondikulud on 4 089 eurot. Vaatlusperioodil ei kajastu andmetes rehvikulu, mis on olemas mõlema diiseltõstuki puhul. Tõenäoline põhjus seisneb väiksemas töötundide arvus, kuna elektritõstuk ei töötanud kogu perioodi vältel kahes vahetuses. Ettevõtte laojuhatajaga läbiviidud intervjuu ning varasemate perioodide andmed viitavad, et rehvikulu on regulaarne ja korduv. Võrreldavuse tagamiseks lisatakse elektritõstuki kuludesse hinnanguline rehvikulu summas 3 000 eurot aastas, mis on samaväärne vaatlusperioodil diiseltõstukitele kulutatud rehvivahetusega seotud kuludega.

Kuna analüüsis lähtutakse kahe vahetusega töörežiimist, teisendatakse rehvikulu ühikukuluks. Lähtudes aastasest tööajast 3696 tundi, kujuneb rehvikuluks 0,812 eurot töötunni kohta. Sama lähenemine tagab kulude võrreldavuse erinevate tõstukite vahel.

Tehniliste andmete põhjal (LISA C; LISA D; LISA E) on kõigi tõstukite rehvimõõdud samad, mis toetab tehtud eeldust.

Hooldus- ja remondikulud koosnevad kolmest põhikomponendist: regulaarsetest hoolduskuludest, kasutusest tulenevatest remondikuludest ning kuluosade vahetusest, milleks käesolevas analüüsis on rehvid. Tabelis 5 on esitatud hooldusteenust pakkuva ettevõtte hinnakiri koos soovituslike hooldusintervallidega töötundide lõikes

Tabel 5

Hinnakirjajärgsed hoolduskulud

Tööaeg (h)	E1	D1; D2
100	390 €	290 €
250	100 €	125 €
500	370 €	750 €
1000	390 €	
2000		1 800 €
5000	1 200 €	

Allikas: Autori koostatud

Tabeli eesmärk on anda ülevaade hoolduskuludest ning illustreerida kulude kujunemise loogikat. Vaatlusperioodi andmed elektritõstuki kohta hõlmavad üksnes ühte kasutusaastat, mistõttu ei pruugi need täielikult kajastada kulude kujunemist kogu omamisperioodi vältel. Samas nähtub hinnakirja andmetest, et elektritõstuki regulaarsete hoolduste maksumus on madalam võrreldes diiseltõstukitega. Sellest tulenevalt eeldatakse edasises analüüsis, et vastav kuluerinevus püsib ka kogu viieaastase kasutusperioodi vältel. Vaatlusperioodi jooksul viidi kõik planeeritud hooldused läbi ning neile lisandusid tehnikute transpordikulud ja vajaduspõhised remonditööd.

Tabelis 6 on esitatud hooldus- ja remondikulud kõigi uurimisobjektide kohta koos jaotusega erinevate kulukomponentide vahel. Andmetest ilmneb, et diiseltõstukite kogukuludes on märkimisväärne roll remondikuludel, mis viitab suuremale varieeruvusele ja raskemale prognoositavusele. Elektritõstuki puhul on kogukulu madalam ning kulud jaotuvad ühtlasemalt.

Tabel 6

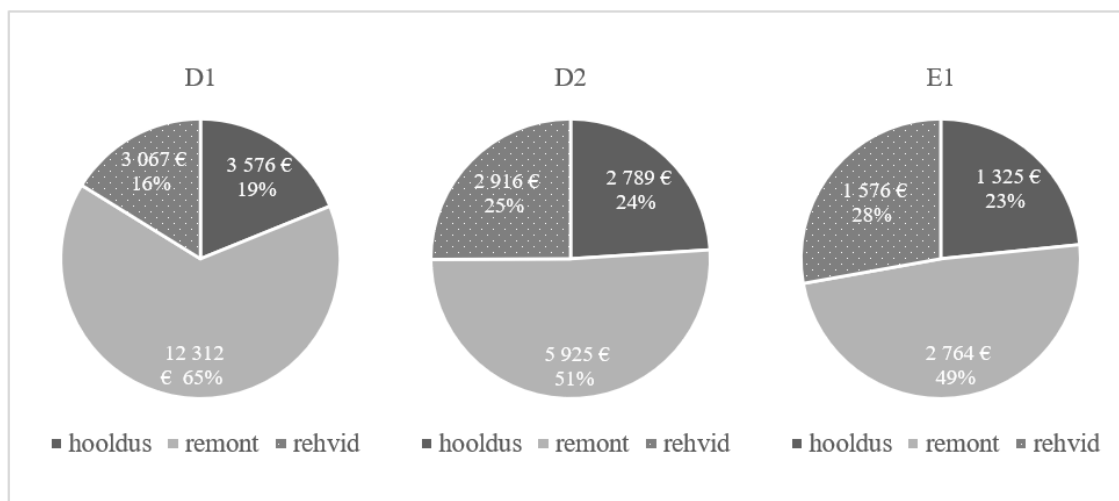
Vaatlusperioodi hooldus- ja remondikulud

	D1			D2			E1		
Kuu	Hooldus	Remont	Rehvid	Hooldus	Remont	Rehvid	Hooldus	Remont	Rehvid
4	0	53					101		
5	1796	114		1782	246		539		
6		1042		253					
7	853		1056	754		995			
8		260	1017		159				
9	422				658		488	176	
10		4665	995		1652			437	
11	505								
12				3211		1032		108	
1		4338					197	378	
3		1841				890		1664	1576

Märkus: Väärtused Eurodes; E1 rehvikulu on tuletatud vastavalt eelpoolmainitud eeldustele; tabelis puudub veebruar, kuna sel kuul ühtegi kulukannet ei tehtud

Allikas: Autori koostatud

Hooldus- ja remondikulude struktuuri paremaks võrdlemiseks on komponentide osatähtsus esitatud Joonisel 2.



Joonis 2. Hooldus- ja remondikulude jaotus

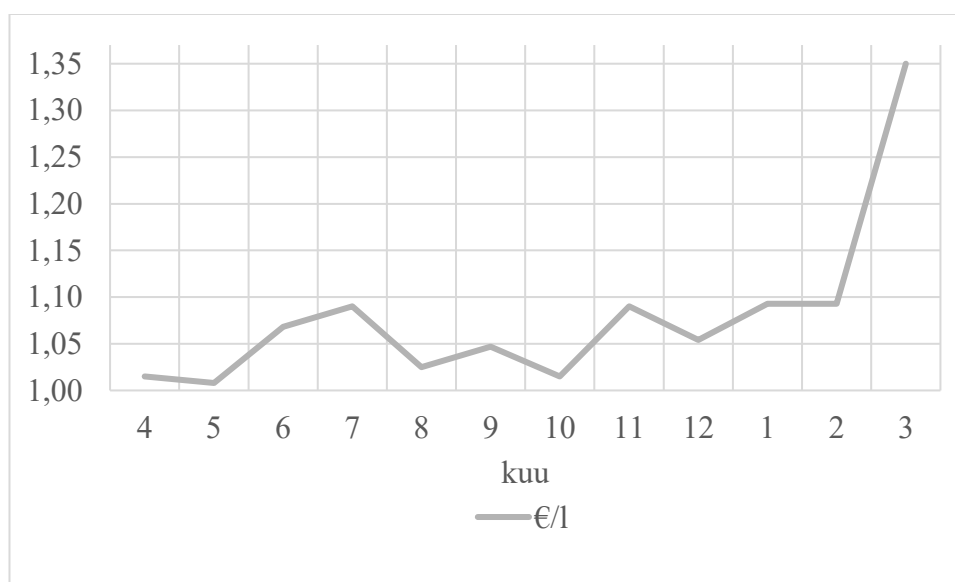
Allikas: Autori koostatud

Kulustruktuur näitab, et D1 tõstuki puhul domineerivad selgelt remondikulud, mis moodustavad suurema osa kogu hooldus- ja remondikulust. See viitab üksikjuhtumi põhjal märkimisväärsele kulude koondumisele ühte komponenti.

D2 ja E1 tõstukite puhul on kulude jaotus tasakaalustatum. Mõlema tõstuki puhul jagunevad hooldus-, remondi- ja rehvikulud suhteliselt sarnaste osakaalude vahel, mis viitab ühtlasemale kulustruktuurile. Sellest tulenevalt võib D2 ja E1 tõstukeid pidada kulude jaotuse seisukohalt paremini võrreldavateks.

Samas tuleb arvestada, et diiseltõstukite puhul esineb märkimisväärne varieeruvus remondikuludes, mida illustreerib erinevus D1 ja D2 tõstukite vahel. See viitab sise põlemismootoriga tõstukite suuremale tundlikkusele juhuslike rikete ja kulumise suhtes. Elekritõstuki puhul ei ole võimalik sarnast varieeruvust hinnata, kuna vaatluse all on üks seade. Seetõttu eeldatakse käesolevas analüüsis, et elekritõstuki hooldus- ja remondikulud on stabiilsemad, kuid vastava eelduse paikapidavust käsitletakse edasises analüüsis ettevaatlikult.

Kütusekulu arvestus toimub ettevõttes tõstukipõhiselt. Iga tõstuk on varustatud identifitseerimiskiibiga, mida registreeritakse iga tankimise käigus. Iga registreering sisaldab tangitud kütuse kogust liitrites ning vastava tõstuki töötatud tunde. Perioodi lõpus summeeritakse andmed tõstukite lõikes ning kajastatakse ettevõtte kuluaruandluses. Kütuse ühikuhind kujuneb igakuiselt turuhinna alusel ning leitakse koondarve summa jagamisel tarbitud kütusekogusega. Diislikütuse hinna muutus analüüsiperioodil on esitatud Joonisel 3.



Joonis 3. Diislikütuse hinnamuutus vaatlusperioodil

Allikas: Autori koostatud

Jooniselt 3 nähtub, et diislikütuse hind püsib suurema osa perioodist suhteliselt stabiilsena vahemikus ligikaudu 1,01–1,09 €/l, kuid perioodi lõpus esineb järsk hinnatõus

kuni 1,35 €/l. See viitab turuhinna volatiilsusele ning kinnitab, et üksikute kuude hinnad võivad keskmist väärtust oluliselt mõjutada.

Elektrienergia tarbimine määratakse laadimisseadmete abil, mis mõõdavad iga laadimistsükli käigus tarbitud ampertundide hulka. Kuna iga laadija on seotud konkreetse akukomplektiga ning akukomplekt omakorda kindla tõstukiga, on võimalik määrata energiatarbimine tõstukipõhiselt. Ampertundides mõõdetud väärtus teisendatakse kilovatt-tundideks, kasutades valemit:

$$kWh = \frac{Ah \cdot V}{1000} \quad (6)$$

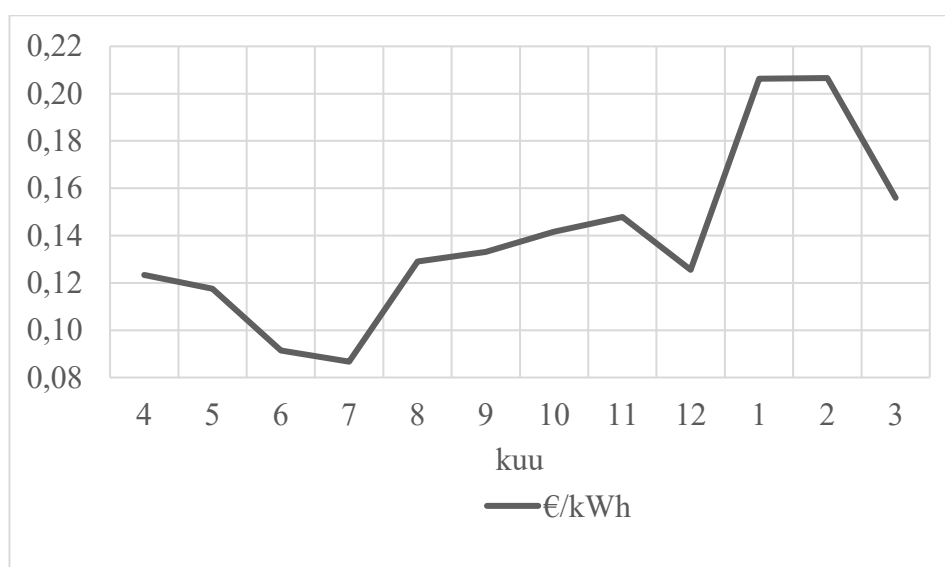
kus kWh – energia kilovatt-tundides

Ah – aku mahutavus ampertundides

V – pinge voltides

See võimaldab väljendada energiatarbimist ühikus, mille alusel kujuneb elektrienergia maksumus.

Elektritõstuk on varustatud kahe 80 V ja 1200 Ah akudega, mis võimaldavad ka vahelaadimisi. Elektrienergia ühikuhind kujuneb ettevõttes perioodi keskmise börsihinna alusel, millele lisandub võrguteenustasu. Elektrienergia muutus analüüsiperioodil on esitatud Joonisel 4.



Joonis 4. Elektrienergia muutus vaatlusperioodil

Allikas: Autori koostatud

Jooniselt 4 nähtub, et elektrienergia hind on perioodi jooksul kõikumam kui diislikütuse hind. Suvekuudel püsib hind madalamal tasemel vahemikus ligikaudu 0,09–0,13 €/kWh, samas kui talvekuudel tõuseb hind märkimisväärselt, ulatudes kuni 0,21 €/kWh. See viitab tugevamale sesoonsusele ning suuremale hinnakõikumisele.

Ettevõtte ei kasuta energiakandjate hinnariski maandamiseks meetmeid, nagu fikseeritud hinnaga lepingud või finantsinstrumendid, mistõttu kujuneb nii diislikütuse kui ka elektrienergia hind otseselt turuhinna alusel. Sellest tulenevalt kajastub hinnavolatiilsus täiel määral ettevõtte kuludes. Käesolevas töös kasutatakse baasmudelil energiakandjate hinnana vaatlusperioodi aritmeetilist keskmist. Hinnariski mõju hindamiseks viiakse edasises analüüsis läbi sensitiivsusanalüüs, mille käigus hinnatakse kogukulu muutust erinevate hinnatasemetel korral.

Ettevõtte hinnangul on tõstukite kasulik eluiga viis aastat ning raamatupidamises amortiseeritakse nende väärtus lineaarselt nullini, kasutades 20% aastast amortisatsioonimäära. See tähendab, et bilansilises käsitluses puudub tõstukitel perioodi lõpus jääkväärtus. Käesolevas analüüsis kasutatakse erinevat lähenemist ning eeldatakse, et tõstukite turupõhine jääkväärtus viieaastase perioodi lõpus on 10% esialgsest soetusmaksumusest. Vastav hinnang põhineb ettevõtte varasemal praktilisel, mille kohaselt on üle viie aasta vanuseid diiseltõstukeid müüdud järelturul ligikaudu samas väärtusvahemikus. Elektritõstuki puhul puuduvad ettevõttel varasemad järelturu andmed. Seetõttu eeldatakse analüüsis, et elektritõstuki jääkväärtus on võrreldav diiseltõstukiga. Kuna tegemist on hinnangulise eeldusega, hinnatakse selle mõju tulemusele edasises analüüsis sensitiivsusanalüüsi abil. Jääkväärtuse arvestamisel lähtutakse tõstuki brutosoetusmaksumusest ilma toetust arvesse võtmata, kuna toetuse rakendamine ei mõjuta vara turuväärtust järelturul.

Vaatlusperioodi andmete võrdlemisel ilmneb oluline erinevus tõstukite kasutusintensiivsuses. Diiseltõstukid töötasid kogu perioodi vältel kahes vahetuses, mis vastab ligikaudu 16 töötunnile päevas. Elektritõstuk töötas valdavalt ühes vahetuses ning alles 2026. aasta jaanuaris võimaldas täiendava akukomplekti lisandumine kasutada tõstukit kahes vahetuses. Piirang tulenes akude mahutavusest, kuna ühe akukomplekti kasutamine võimaldas katta üksnes ühe vahetuse töövajaduse. Sellest tulenevalt ei ole vaatlusperioodil kogutud absoluutkulud otseselt võrreldavad, kuna need sõltuvad töötundide mahust. Võrreldavuse tagamiseks teisendatakse töö järgmises osas kõik kulud töötunni põhisteks ühikukuludeks. Edasises analüüsis korrutatakse vastavad tunnihinnad normatiivsete aastaste töötundidega, et leida tõstukite aasta kohta arvestatud kulud ühtsetel alustel. Kahe vahetusega

töörežiim eeldab elektritõstuki puhul täiendava akukomplekti ja laadija olemasolu. Vastav lisainvesteering kajastatakse TCO mudelis elektritõstuki soetusmaksumuse osana.

Baasanalüüsis eeldatakse, et viieaastase kasutusperioodi jooksul ei ole vajalik akukomplektide väljavahetamine.

2.2. Tasuvuse hindamine

Järgnevas peatükis analüüsitakse eelnevalt kirjeldatud sisendandmete põhjal elektri- ja diiseltõstukite majanduslikku tasuvust. Selleks teisendatakse kõik kulukomponendid töötunni põhisteks ühikukuludeks, mis võimaldab arvutada tõstukite TCO-d ning hinnata investeeringute tasuvust TCO(NPV) meetodil. Tabelis 7 on esitatud kolme uurimisobjekti kulud teisendatuna tunnihinnaks.

Tabel 7

OPEX-i kulukomponentide teisendamine tunnihinnaks

Tõstuk	Energia tarbimine tunnis	Energiakulu tunnis	Hooldus- ja remondikulu tunnis	Tunnihind kokku
D1	4,6 l	4,99 €	5,69 €	10,68 €
D2	4,3 l	4,63 €	3,52 €	8,14 €
E1	9,7kW/h	1,42 €	2,92 €	4,34 €

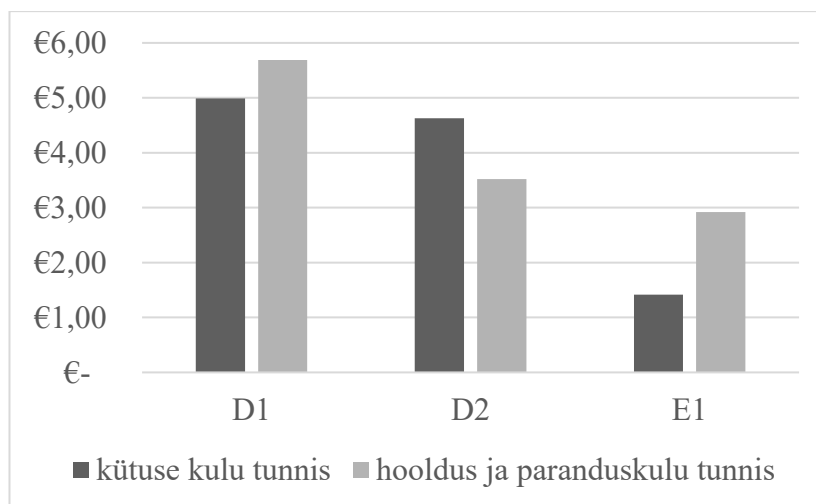
Allikas: Autori koostatud

Tunnihinnad on aluseks edasistele arvutustele, kus need korrutatakse normatiivsete aastaste töötundidega, et leida tõstukite aasta kohta arvestatud kulud. Soetusmaksumus ja jääkväärtus arvestatakse TCO mudelis eraldi rahavoogudena ning need ei sisaldu tunnihinna arvutuses.

Andmetest nähtub, et E1 kogutunnihind on märkimisväärselt madalam võrreldes mõlema diiseltõstukiga. E1 tunnihind on ligikaudu 1,9 kuni 2,5 korda madalam kui D1 ja D2 tõstukitel, mis viitab olulisele erinevusele kulutasemes juba ühikukulude lõikes.

Kulustruktuuri täpsem analüüs näitab, et diiseltõstukite (D1 ja D2) energiakulu tunnis on omavahel sarnases suurusjärgus, mistõttu ei ole energiatarbimine peamine kuluerinevuse allikas nende kahe tõstuki vahel. Samas ilmneb oluline erinevus hooldus- ja remondikuludes, kus D1 tõstuki kulud on märkimisväärselt kõrgemad. See kinnitab varasemalt tuvastatud kulude varieeruvust diiseltõstukite puhul.

Elektritõstuki eelis tuleneb eelkõige madalamast energiakulust, kuid ka hooldus- ja remondikulud on madalamad võrreldes diiseltõstukitega. Joonisel 5 on esitatud OPEX kulukomponentide osatähtsus tõstukite kogutunnihinnas, mis võimaldab hinnata kulustruktuuri erinevusi.



Joonis 5. OPEX kulukomponendid (€/h)

Allikas: Autori koostatud

Jooniselt nähtub, et diiseltõstukite (D1 ja D2) kütusekulu tunnis on sarnases suurusjärgus, mistõttu ei ole energiakulu nende kahe alternatiivi vahel peamine eristav tegur. Oluline erinevus tuleneb hooldus- ja remondikuludest, kus D1 tõstuki kulud on märkimisväärselt kõrgemad võrreldes D2 tõstukiga. See kinnitab varasemas analüüsis tuvastatud asjaolu, et diiseltõstukite kasutuskuludes võib esineda märkimisväärne varieeruvus. Elektritõstuki (E1) puhul on energiakulu tunnis selgelt madalam võrreldes mõlema diiseltõstukiga, mis viitab elektriajamiga tehnoloogia olulisele efektiivsuseelisele energiatarbimises. Samas on hooldus- ja remondikulude tase võrreldav D2 tõstukiga, mis viitab, et hoolduskulude osas ei pruugi elektritõstuki eelis olla sama ulatuslik kui energiakulude puhul. Sellest tulenevalt on põhjendatud jätkata analüüsi kõigi kolme tõstukiga ning käsitleda diiseltõstukite kulusid vahemikuna, mida määravad D1 ja D2 tulemused. Elektritõstuki majanduslikku tasuvust hinnatakse edasises analüüsis selle vahemiku suhtes.

Tabelis 8 on koondatud TCO arvutuse aluseks olevad sisendandmed aasta kohta arvestatud kujul. Esitatud väärtused on saadud tunnihindade korrutamisel normatiivsete aastaste töötundidega, mis võimaldab väljendada kulud võrreldaval aastasel baasil. Energiakulud ning hooldus- ja remondikulud on toodud eraldi iga uurimisobjekti kohta. TCO

arvutus viiakse läbi viieaastase perioodi lõikes, kus alginvesteering kajastatakse perioodi alguses ning jääkväärtus arvestatakse positiivse rahavoonana viienda aasta lõpus.

Tabel 8

TCO mudeli sisendandmed

Kulukomponendid	Väärtus
D1 Kütusekulu	18 443 €
D1 Hooldus- ja remondikulu	21 033 €
D2 Kütusekulu	17 100 €
D2 Hooldus- ja remondikulu	13 002 €
E1 Elektrienergia kulu	5 241 €
E1 Hooldus- ja remondikulu	10 782 €
Jääkväärtus (RV)	10%

Märkus: Väärtused 3696 tunni ehk ühe aasta kohta

Allikas: Autori koostatud

TCO arvutuse tulemused on esitatud Tabelis 9, kus on kajastatud iga uurimisobjekti ajastatud rahavood viieaastase perioodi lõikes. Tulemused näitavad, et madalaima omamise kogukuluga on elektritõstuk (E1), mille TCO on - 178 636 eurot. Diiseltõstukite kogukulu on vastavalt - 243 167 eurot (D2) ja - 290 035 eurot (D1).

Tabel 9

Tõstukite rahavood

	aasta						
Tõstuk	0	1	2	3	4	5	TCO
D1	-102 950	-39 476	-39 476	-39 476	-39 476	-29 181	-290 035
D2	-102 950	-30 102	-30 102	-30 102	-30 102	-19 807	-243 167
E1	-113 700	-16 023	-16 023	-16 023	-16 023	-843	-178 636

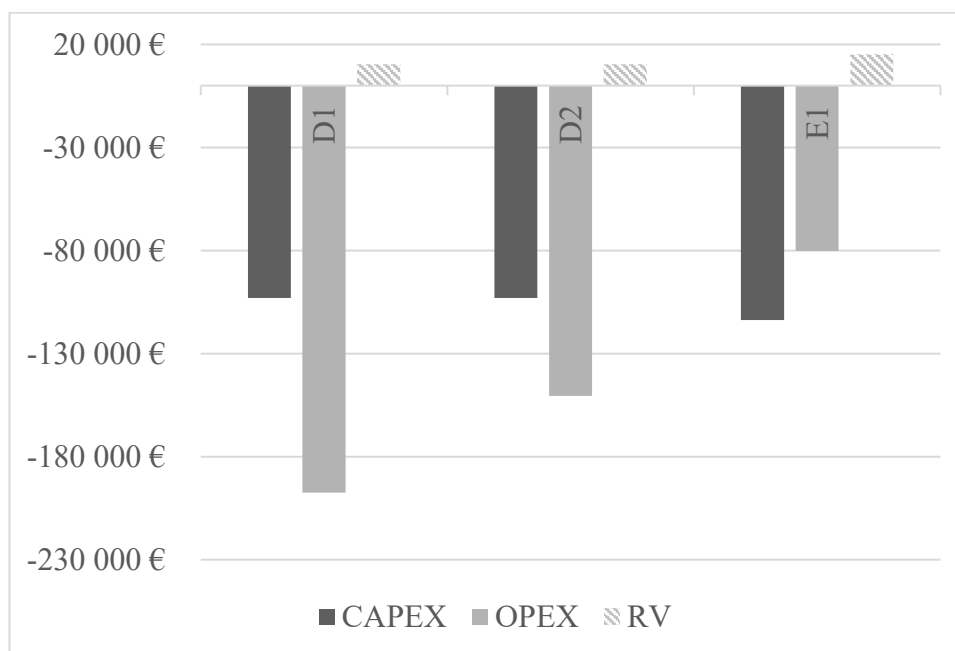
Märkus: Väärtused esitatud eurodes

Allikas: Autori koostatud

Diiseltõstukite vahel esineb märkimisväärne erinevus, mis tuleneb eelkõige hooldus- ja remondikulude varieeruvusest. Perioodi lõikes kujuneb D1 ja D2 tõstuki kogukulu erinevuseks 46 868 eurot. See kinnitab varasemas analüüsis tuvastatud asjaolu, et sisepõlemismootoriga tõstukite kasutuskulud võivad samaväärsel töörežiimi korral oluliselt erineda. Elektritõstuki kogukulu jääb mõlema diiseltõstuki omast selgelt madalamaks. Võrreldes diiseltõstukitega kujuneb TCO erinevus vahemikku 64 531 kuni 111 399 eurot. Seejuures tuleb arvestada, et elektritõstuki alginvesteering on kõrgem, isegi pärast

toetusmeetme rakendamist. Sellest hoolimata kompenseerivad madalamad kasutuskulud kõrgema soetusmaksumuse analüüsiperioodi jooksul.

Aastaste kulude võrdlus kinnitab sama järeldust. Elektritõstuki aastane kulu on ligikaudu 16 023 eurot, samas kui diiseltõstukite vastav näitaja on 30 102 eurot (D2) ja 39 476 eurot (D1). Peamine erinevus tuleneb energiakuludest ning hooldus- ja remondikuludest, mis on elektritõstuki puhul madalamad. Tulemused näitavad, et tõstukite majanduslikus võrdluses on määravaks teguriks kasutusfaasis tekkivad kulud. Kuigi alginvesteering on oluline, kujuneb tehnoloogiate kogukulu erinevus eelkõige tegevuskulude kaudu. TCO tulemuste paremaks tõlgendamiseks on Joonisel 6 esitatud alginvesteeringu (CAPEX) ja kasutusfaasi kulude (OPEX) ning jääkväärtuse (RV) osakaal tõstukite kogukulust.



Joonis 6. CAPEX, OPEX, RV osatähtsused

Allikas: Autori koostatud

Joonis näitab, et diiseltõstukite puhul moodustab suurema osa kogukulust kasutusfaasis tekkiv kulu. See kinnitab, et sise põlemismootoriga tõstukite majanduslik tulemus sõltub eelkõige kütusekuludest ning hooldus- ja remondikuludest. Elektritõstuki puhul on alginvesteeringu osakaal küll suurem, kuid madalamad kasutuskulud vähendavad kogukulu märkimisväärselt. Selline kulustruktuur kinnitab, et tehnoloogiate majanduslikus võrdluses on määravaks teguriks eelkõige tegevuskulud, mitte alginvesteeringu suurus.

TCO analüüsi tulemused on aluseks edasisele TCO(NPV) arvutusele. Kuna TCO mudelis on rahavood ajastatud aastate lõikes, võimaldab see rakendada diskonteerimist ning hinnata investeeringute tasuvust, arvestades raha ajaväärtust. Seega on TCO analüüsi tulemused otseseks sisendiks TCO(NPV) arvutamisel, mille abil võrreldakse alternatiivide majanduslikku eelistatust diskonteeritud rahavoogude alusel.

TCO(NPV) arvutamiseks on vajalik määrata diskontomäär, milleks käesolevas töös kasutatakse ettevõtte kaalutud keskmist kapitali hinda (WACC). WACC väljendab ettevõtte kapitali kogukulu, arvestades nii omakapitali kui ka võõrkapitali hinda ning nende osakaalu kapitalistruktuuris.

WACC arvutamisel lähtutakse ettevõtte kapitalistruktuurist ning kapitalikomponentide hinnast. Omakapitali hinnaks määratakse 15% ning võõrkapitali hinnaks 5%. Ettevõtte kasumimaksumäär Eesti Vabariigis on 0%. Kapitalistruktuuri alusel moodustab omakapital 18 116 tuhat eurot ning intressikandev võõrkapital 4 976 tuhat eurot, tuginedes ettevõtte 2024. aasta bilansiandmetele.

Rakendades nimetatud sisendandmeid WACC valemis, kujuneb ettevõtte kaalutud keskmiseks kapitali hinnaks 12,8%. Seda määra kasutatakse edasises analüüsis diskontomäärana, mille abil hinnatakse erinevate tõstukite investeeringute omamise kogukulu nüüdispuhasväärtust.

TCO(NPV) arvutamisel kasutati Microsoft Exceli finantsfunktsioone, kus sisendandmeteks olid eelnevalt leitud diskontomäär ning viieaastase perioodi rahavood, mis põhinevad TCO mudelil. Rahavoogudes arvestati alginvesteeringut perioodi alguses, igaaastaseid kasutuskulusid ning jääkväärtust perioodi lõpus. Arvutuste tulemused on esitatud Tabelis 10.

Tabel 10

Tõstukite TCO(NPV)

Tõstuk	TCO(NPV)
D1	-236 839 €
D2	-203 709 €
E1	-162 021 €

Allikas: Autori koostatud

Kuna mudel hõlmab üksnes kulurahavooge, on TCO(NPV) väärtused esitatud negatiivsetena. Alternatiivide võrdlemisel käsitletakse soodsama variandina väiksema absoluutväärtusega kogukulude nüüdisväärtust. TCO(NPV) analüüsi tulemused näitavad, et

elektritõstuk (E1) on viieaastase perioodi lõikes majanduslikult kõige soodsam alternatiiv, kuna selle TCO(NPV) on madalaima absoluutväärtusega. Elektritõstuki TCO(NPV) on - 162 021 eurot, samas kui diiseltõstukite vastavad näitajad on - 203 709 eurot (D2) ja - 236 839 eurot (D1). Võrreldes elektritõstukit diiseltõstukiga D1, on erinevus 74 818 eurot, mis viitab märkimisväärselt kõrgemale kogukulule. Võrdlus D2 tõstukiga näitab väiksemat, kuid siiski olulist erinevust, kus diiseltõstuki TCO(NPV) ületab elektritõstuki oma 41 688 euro võrra. Seega ei saavuta ka madalama kulutasemega diiseltõstuk elektritõstukiga võrreldavat majanduslikku tulemust.

Tulemused kinnitavad, et investeerimisotsuse seisukohalt on määravaks teguriks eelkõige kasutusperioodi jooksul kujunevad kulud. Kuigi diskonteerimine vähendab tulevaste kulude kaalu, säilib elektritõstuki eelis ka nüüdisväärtuse arvestuses. Seetõttu on TCO(NPV) analüüsi tulemused kooskõlas TCO analüüsi järeldustega ning annavad tugeva aluse edasiseks sensitiivsusanalüüsiks.

2.3. Sensitiivsusanalüüs

Järgnevas peatükis viiakse läbi sensitiivsusanalüüs, mille eesmärk on hinnata, kuidas muutuvad tõstukite diskonteeritud kogukulud erinevate eelduste muutumisel. Kuna TCO(NPV) arvutus põhineb mitmel ajas muutuda võival sisendil, nagu energia hind, toetuse olemasolu, akude eluiga ja soetusmaksumus, võimaldab sensitiivsusanalüüs hinnata tulemuste püsivust ning tuvastada tegurid, millel on kogukulule kõige suurem mõju. Analüüsi aluseks võetakse baasstsenaarium (S0), mis kajastab algandmete põhjal arvatud TCO(NPV) väärtusi, ning selle kõrvale konstrueeritakse viis alternatiivset stsenaariumit. Nendes muudetakse üht olulist sisendtegurit korraga, et hinnata selle eraldiseisvat mõju elektri- ja diiseltõstukite TCO(NPV)-le.

Autor esitab järgnevad stsenaariumid:

- Stsenaarium 1 (S1) – elektritõstuki soetamisel ei rakendu toetust;
- Stsenaarium 2 (S2) – diiselkütuse turuhind tõuseb 20%;
- Stsenaarium 3 (S3) – elektrienergia börsihind tõuseb 20%;
- Stsenaarium 4 (S4) – 4. aastal on vaja välja vahetada üks komplekt akusid;
- Stsenaarium 5 (S5) – Elektritõstuki soetusmaksumus tõuseb 20%.

Tabelis 11 on esitatud viie sensitiivsustsenaariumi mõju analüüsitavate tõstukite diskonteeritud kogukulule.

Tabel 11

Sensitiivsusanalüüsi tulemused TCO(NPV)-le

Sensitiivsus stsenaarium	D1	D2	E1	E2
S0	-236 839 €	-203 709 €	-162 021 €	
S1	-236 839 €	-203 709 €	-200 121 €	
S2	-250 212 €	-215 495 €	-162 021 €	-200 121 €
S3	-236 839 €	-203 709 €	-165 726 €	-203 826 €
S4	-236 839 €	-203 709 €	-174 313 €	-212 413 €
S5	-236 839 €	-203 709 €	-174 171 €	-228 819 €

Allikas: Autori koostatud

Esimeseks stsenaariumiks on autor sisendandmetest eemaldanud toetussumma vääruusega 38 100€. Seeläbi suureneb TCO(NPV) baasstsenaariumis leitud E1 tõstuki väärtusega võrreldes täpselt toetuse summas ning erinevus D2 tõstukist on vaid 3 588€. Seega võib järeldada, et toetusel on suur osatähtsus kogukulus ning toetusmeetme lõppemisel jääb elektritõstuk siiski soodsamaks alternatiiviks, kuid vaid 1,8% võrra soodsama diiseltõstukiga (D2) võrdluses. Käesolevas empiirilises töös sisendiks olev toetusmeetme taotluste vastuvõtmine on lõppenud ning autorile teadaolevalt ühtegi samaväärset taotlust hetkel käimas ei ole, on oluline silmas pidada, et pikemas perspektiivis on mõistlik arvestada olukorraga, kus elektritõstukite soetamiseks riigipoolseid toetusi ei maksta. Seega on põhjendatud lisada edaspidisesse sensitiivsusanalüüsi uus teoreetiline elektritõstuk E2, mis erineb E1 tõstukist soetusmaksumuse poolest muude kulukomponentide samaks jäädes.

Teise stsenaariumi korral suurendati diiselmootori keskmist aastast hinda 20% võrra. Töö kirjutamise hetkel (aprill 2026) on geopoliitilised pinged Lähis-Idas kaasa toonud nafta hinnatõusu, mistõttu võib eeldada diiselmootori hinna jätkuvat volatiilsust ka tulevikus. Seetõttu on vastava sensitiivsusanalüüsi läbiviimine põhjendatud ja praktiliselt asjakohane. Nagu nähtub Tabelist 11, on sisendparameetri muutus kooskõlas ka realselt täheldatud hinnataseme tõusuga 2026. aasta alguses. Analüüsi tulemused näitavad, et diiselmootori hinna 20% kasv suurendab diiseltõstukite (D1 ja D2) TCO(NPV)-d vastavalt 13 373 euro ja 11 786 euro võrra, mis viitab otsesele ja märkimisväärsele mõjule kulupõhisele rahavoogudele. See kinnitab, et mootorkulu moodustab diiseltõstukite omamise kogukulust olulise osa ning selle hinnamuutused kanduvad proportsionaalselt üle investeringu tasuvusnäitajatesse.

Kolmandas stsenaariumis suurendati elektrienergia hinda 20% võrra, et hinnata elektritõstukite tundlikkust energiakulu muutuste suhtes. Analüüsi tulemused näitavad, et selline hinnatõus suurendab E1 tõstuki TCO(NPV)-d 3 705 euro võrra, mis on märgatavalt

väiksem mõju võrreldes diiselkütuse hinnamuutuse mõjuga diiseltõstukite puhul. See viitab, et elektritõstuki kogukulu struktuuris on energiahinna osakaal küll oluline, kuid selle mõju kogukulule on suhteliselt madalam. Tähelepanuväärne on ka mõju E2 stsenaariumile (ilma investeeringutoetuseta elektritõstuk), mille TCO(NPV) tõuseb - 203 826 euron. Sellisel juhul ületab elektritõstuki diskonteeritud kogukulu 117 euro võrra võrreldava diiseltõstuki (D2) vastavat näitajat baasstsenaariumis. Seega kujuneb olukord, kus elektrienergia hinna tõusu ja toetuse puudumise koosmõjul muutuvad elektri- ja diiseltõstukite kogukulud praktiliselt samaväärseks. Järeldusena võib öelda, et elektritõstukite tundlikkus energiakulu muutuste suhtes on väiksem kui diiseltõstukitel. Samas võivad ebasoodsad tingimused, nagu toetuste puudumine ja elektrienergia hinna tõus, vähendada nende majanduslikku eelist või selle ajutiselt kaotada. Seetõttu sõltub elektritõstukite konkurentsivõime olulisel määral energiahindadest ja riiklikest toetusmeetmetest.

Elektritõstukite puhul peetakse üheks olulisemaks riskiteguriks akude tööiga ja nende kulumisest tulenevat võimalikku lisainvesteeringu vajadust (Hu et al., 2020). Varasemad uuringud on näidanud, et akude töövõime väheneb ajas ning sõltub nii kasutusintensiivsusest kui ka laadimistsüklitest (Petit, Prada & Sauvant-Moynot, 2016). Akude efektiivne kasutamine ei sõltu üksnes kasutatavast tehnoloogiast, vaid eeldab läbimõeldud laadimis- ja kasutuspraktikaid, mis arvestavad nii kasutusest tingitud vajadusi kui ka aku kulumise ja tööea muutumisega seotud protsesse (Pelletier et al., 2017). Sellest tulenevalt eeldatakse neljandas stsenaariumis, et ühe akukomplekti kasulik eluiga on ligikaudu kolm aastat, mis on kooskõlas varasemate käsitlustega, kus tõstukite akude eluiga hinnatakse samuti ligikaudu kolmele aastale (Renquist, Dickman & Bradley, 2012). Analüüsi aluseks oleva juhtumi puhul alustas elektritõstukit ühe vahetuse režiimis ja ühe akukomplektiga, kusjuures täiendav akukomplekt koos laadijaga lisandus esimese aasta lõpus. Sellest lähtuvalt on põhjendatud eeldada, et akude kulumine ei ole ajas sünkroonne ning nende asendamine ei toimu samaaegselt. Seetõttu modelleeritakse stsenaariumis olukord, kus neljandal aastal amortiseerub üks akukomplekt täielikult ning see asendatakse uuega maksumusega 19 900 eurot. Täiendava laadija soetamist ei arvestata, kuna laadimisseadmete eeldatav eluiga on pikem kui akudel.

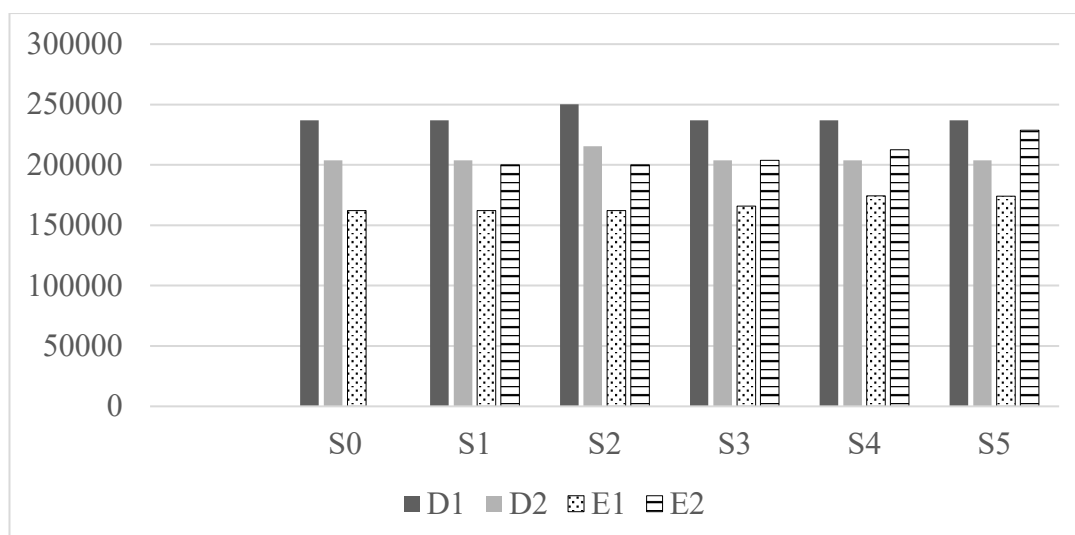
Tulemused näitavad, et täiendav investeering akusse suurendab E1 tõstuki TCO(NPV)-d 12 292 euro võrra, mis on suurusjärgult võrreldav diiselkütuse hinnatõusu mõjuga. See viitab, et akude asendamise vajadus kujutab endast olulist kulukomponenti elektritõstukite omamisperioodil. Samuti suureneb ilma toetuseta soetatud E2 tõstuki TCO(NPV) - 212 413 euron. Sellisel juhul jääb elektritõstuk jätkuvalt soodsamaks võrreldes D1 tõstukiga, kuid ületab D2 tõstuki diskonteeritud kogukulu 8 704 euro võrra. Järeldusena

võib öelda, et akude eluiga ja nende asendamise ajastus mõjutavad märkimisväärselt elektritõstukite majanduslikku tasuvust. Kuigi elektritõstuk võib säilitada kulueelise teatud võrdlustes, võib täiendav akuinvesteering ebasoodsates tingimustes vähendada selle konkurentsivõimet, eriti võrreldes madalama kulutasemega diiseltõstukitega.

Viiendas stsenaariumis modelleeriti olukord, kus elektritõstuki soetusmaksumus suureneb 20% võrra, peegeldades võimalikke riske, mis on seotud akutehnoloogia tootmiseks vajalike kriitiliste toorainete hinnatõusu ja tarneahelate ebakindlusega (Helbig et al., 2018). Tulemused näitavad, et elektritõstuki TCO(NPV) suureneb võrreldes baasstsenaariumiga märgatavalt, ulatudes toetusega variandis (E1) - 174 171 euronit ning ilma toetuseta (E2) - 228 819 euronit. Hoolimata investeeringu kallinemisest säilib elektritõstuki majanduslik eelis võrreldes diiseltõstukiga D2, kuid erinevus väheneb oluliselt. Samas ületab ilma toetuseta elektritõstuki TCO(NPV) juba diiseltõstuki madalama kuluga variandi (D2) taseme, viidates sellele, et investeeringu tasuvus muutub tundlikuks nii toetuse olemasolu kui ka alginvesteeringu suuruse suhtes. Seega võib järeldada, et elektritõstuki konkurentsieelis on küll suhteliselt vastupidav mõõdukale soetusmaksumuse kasvule, kuid selle säilimine sõltub olulisel määral investeeringutoetustest.

Kokkuvõttes näitab läbiviidud sensitiivsusanalüüs, et elektri- ja diiseltõstukite majanduslik võrdlus on tugevalt sõltuv valitud sisendparameetritest, kuid tulemuste üldine suundumus jääb erinevates stsenaariumides valdavalt püsima. Elektritõstuk osutub baasstsenaariumis selgelt soodsamaks alternatiiviks, kuid selle eelis väheneb märkimisväärselt ebasoodsamate tingimuste koosmõjul.

Joonis 7 kujutab elektri- ja diiseltõstukite TCO(NPV) muutumist erinevates sensitiivsusanalüüsi stsenaariumides. Jooniselt on näha, et elektritõstuk (E1) on baasstsenaariumis ning enamikus alternatiivsetes stsenaariumides madalama kogukuluga võrreldes diiseltõstukitega (D1 ja D2), kuid ebasoodsate eelduste korral erinevus väheneb märgatavalt. Samuti ilmneb, et ilma investeeringutoetuseta elektritõstuki (E2) kulutase läheneb diiseltõstukile või teatud stsenaariumides ületab selle, viidates tulemuste tundlikkusele toetuse ja sisendparameetrite muutuste suhtes.



Joonis 7. TCO(NPV) võrdlus erinevate stsenaariumite korral

Allikas: Autori koostatud

Analüüsist ilmneb, et kõige suurema mõjuga tegurid on investeeringutoetuse olemasolu ning alginvesteeringu suurus. Toetuse eemaldamisel väheneb elektritõstuki kulueelis miinumini ning selle konkurentsivõime muutub piiripealseks võrreldes madalama kulutasemega diiseltõstukiga. Samuti mõjutab elektritõstuki tasuvust oluliselt võimalik soetusmaksumuse kasv, mis võib tuleneda akutehnoloogia tootmisega seotud toormehindade ja tarneahelate riskidest. Nendes tingimustes võib elektritõstuk kaotada oma kulueelise odavama diiseltõstuki suhtes.

Energiakandjate hinnamuutuste võrdlus näitab, et diiseltõstukid on tundlikumad kütusehinna muutuste suhtes kui elektritõstukid elektri hinna muutuste suhtes. See tuleneb asjaolust, et kütusekulu moodustab diiseltõstukite kogukuludes suurema osakaalu, mistõttu hinnatõus kandub otsesemalt üle diskonteeritud rahavoogudesse. Elektritõstukite puhul on energiakulu mõju kogukulule väiksem, mis viitab suuremale stabiilsusele energiaturu kõikumiste suhtes.

Täiendava olulise tegurina tõuseb esile akude tööiga ja nende asendamise vajadus. Akuvahetuse stsenaarium näitab, et täiendav investeering võib märkimisväärselt suurendada elektritõstuki kogukulu ning vähendada selle konkurentsivõimet, eriti juhul, kui puudub investeeringutoetus. See kinnitab, et akutehnoloogia tegelik kasutusiga ja sellega seotud kulud on elektritõstukite tasuvuse hindamisel kriitilise tähtsusega.

Seega võib järeldada, et kuigi elektritõstukid on mitmes vaadeldud stsenaariumis majanduslikult soodsamad, ei ole nende eelis universaalne ega täielikult riskivaba. Elektritõstukite tasuvus sõltub eelkõige investeeringutoetustest, akude tegelikust elueast ning

alginvesteeringu suurusel, samas kui diiseltõstukite puhul on määravaks teguriks kütusehinna areng. Sellest tulenevalt on investeerimisotsuse tegemisel oluline arvestada nii tehnoloogiliste kui ka turupõhiste riskidega ning hinnata alternatiive mitme stsenaariumi raames.

Kokkuvõte

Bakalaureusetöö keskendus vastastikku välistavate tõstukitehnoloogiate omamise kogukulu võrdlemisele ning selleks vajalike aspektide analüüsimisele. Töö eesmärk oli välja selgitada, kas elektritõstukite kasutuselevõtt on majanduslikult otstarbekam võrreldes diiseltõstukitega ning millised kulukomponendid mõjutavad tulemust enim. Eesmärgi saavutamiseks käsitleti teoreetilises osas omamise kogukulu metoodikat ning selle rakendamist erinevate autorite töödes. Seejärel valiti sobiv lähenemine empiirilise analüüsi läbiviimiseks. Empiirilises osas koguti vajalikud sisendandmed, koostati finantsmudel ning viidi läbi analüüs, mille tulemused esitati ja tõlgendati.

Teoreetiline käsitlus näitas, et tõstukite tehnoloogilised valikud mõjutavad otseselt ettevõtte siselogistika kulustruktuuri, töökindlust ja energiatõhusust. Analüüsist ilmnas, et peamised erinevused elektri- ja diiseltõstukite vahel tulenevad kulude ajajaotusest. Diiseltõstukid pakuvad suuremat töökindlust, kuid nendega kaasneb kõrgem energiakulu ning sõltuvus kütusehinna kõikumisest. Elektritõstukid nõuavad suuremat alginvesteeringut, kuid võimaldavad madalamaid kasutus- ja hoolduskulusid. Seetõttu on vajalik rakendada omamise kogukulu metoodikat koos diskonteeritud rahavoogude meetodiga. Teooria põhjal kujunes arusaam, et investeeringu hindamisel on keskne CAPEX-i ja OPEX-i terviklik arvestamine, raha ajaväärtuse kaasamine ning sensitiivsusanalüüs.

Empiirilise analüüsi käigus võrreldi kahe diiseltõstuki ja ühe elektritõstuki omamise kogukulu viieaastase perioodi jooksul, tuginedes ettevõtte tegelikele andmetele. Andmete võrreldavuse tagamiseks teisendati vaatlusperioodi kulud töötunni põhisteks ühikukuludeks ning seejärel normatiivsele aastasele tööajale. Tulemuste põhjal kujunes elektritõstuki viieaastase kasutusfaasi kulutase diiseltõstukitest madalamaks nii energiakulude kui ka hooldus- ja remondikulude arvestuses. TCO(NPV) arvutuse järgi oli elektritõstuki viieaastane diskonteeritud omamise kogukulu madalam võrreldes vaatluse all olnud diiseltõstukitega. Sensitiivsusanalüüsis hinnati toetuse puudumise, energiahinna muutuste, akuvahetuse ning soetusmaksumuse kasvu mõju tulemustele, mille põhjal ilmnas, et elektritõstuki kulueelis vähenes enim olukorras, kus puudus toetusmeede, muutes erinevuse diiseltõstukiga marginaalseks. Elektritõstuki TCO(NPV) võib aga muutuda kõrgemaks võrreldes

diiseltõstukiga mitme ebasoodsa tingimuse koosmõjul, näiteks toetusmeetme puudumisel ning akukomplektide vahetusest tingitud täiendavate investeeringute vajadusel.

Tulemuste tõlgendamisel tuleb arvestada, et analüüs põhineb ühe ettevõtte ja kolme tõstuki andmetel. Lisaks töötas elektritõstuk vaatlusperioodil valdavalt ühe vahetuse režiimis, mistõttu kahe vahetuse töörežiimi kuluhinnang põhineb töötunni põhisel normeerimisel. Seetõttu sõltub tulemuste üldistatavus eeldusest, et elektritõstuki energia-, hooldus- ja akukulud suurenevad suurema kasutuskoormuse korral ligikaudu proportsionaalselt.

Töö tulemuste põhjal võib järeldada, et vaadeldud kasutustingimustes on elektritõstuk viieaastase omamisperioodi jooksul majanduslikult soodsam alternatiiv kui võrreldavad diiseltõstukid. Kuigi elektritõstukiga kaasneb kõrgem alginvesteering ning selle tasuvus sõltub toetuse olemasolust, akude tööeaast ja soetusmaksumuse muutustest, kompenseerivad madalamad energia-, hooldus- ja remondikulud selle erinevuse baasstsenaariumis täielikult. Tulemused näitavad, et tõstukite investeerimisotsuses ei ole määrav üksnes soetushind, vaid kogu kasutusperioodi jooksul kujunev kulustruktuur ja selle tundlikkus peamiste sisendtegurite suhtes. Seetõttu saab töö lõppjärgeldusena väita, et elektritõstuki kasutuselevõtt võib olla kulupõhiselt põhjendatud ka intensiivses tööstuskeskkonnas, kuid otsus eeldab terviklikku TCO(NPV) analüüsi ning riskitegurite, eelkõige toetuste, energiahindade ja akude eluea, läbimõeldud hindamist.

Viidatud allikad

1. Alshaebi, A., Dauod, H., Weiss, J., & Yoon, S. W. (2017). Evaluation of different forklift battery systems using statistical analysis and discrete event simulation. In *IISE Annual Conference. Proceedings*, 1637-1642
2. Bauer, J., Letmathe, P., & Woeste, R. (2025). Total cost of ownership for battery electric vehicles: The role of energy prices. *Applied Energy*, 389, 125764. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2025.125764>
3. Dai, H., Li, N., Wang, Y., & Zhao, X. (2022). The analysis of three main investment criteria: NPV, IRR and payback period. *Proceedings of the 7th International Conference on Financial Innovation and Economic Development (ICFIED 2022)*, 185-189. <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.220307.028>
4. Dey, A., LaGuardia, P., & Srinivasan, M. (2011). Building sustainability in logistics operations: A research agenda. *Management Research Review*, 34(11), 1237–1259. <https://doi.org/10.1108/01409171111178774>
5. Electric vs. Diesel Forklifts: Which One is Right for the Job. (n.d). Salvestatud 28.12.2025, <https://www.tcm.eu/blog/electric-vs.-gas-or-diesel-forklifts-which-one-is-right-for-the-job>
6. Ettevõtja varustuskindluse toetuse tingimused ja kord. (2023). RT I, 01.06.2023, 4 <https://www.riigiteataja.ee/akt/111022025004>
7. Forklift Fuel Options and Buying Considerations. (2018). Salvestatud 28.12.2025, <https://www.toyotaforklift.com/resource-library/blog/purchasing-decisions/forklift-fuel-options-and-buying-considerations>
8. Fuc, P., Kurczewski, P., Lewandowska, A., Nowak, E., Selech, J., & Ziolkowski, A. (2016). An environmental life cycle assessment of forklift operation: A well-to-wheel analysis. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21(10), 1438–1451. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1104-y>
9. Grüniger, M. C., & Kind, A. H. (2013). WACC calculations in practice: Incorrect results due to inconsistent assumptions—Status quo and improvements. *Accounting and Finance Research*, 2(2), 36. <https://doi.org/10.5430/afr.v2n2p36>
10. Helbig, C., Bradshaw, A. M., Wietschel, L., Thorenz, A., & Tuma, A. (2018). Supply risks associated with lithium-ion battery materials. *Journal of Cleaner Production*, 172, 274–286. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.122>
11. Hu, X., Xu, L., Lin, X., & Pecht, M. (2020). Battery lifetime prognostics. *Joule*, 4(2), 310–346. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2019.11.018>

12. Jiao, M., Pan, F., Huang, X., & Yuan, X. (2021). Evaluation on total cost of ownership of electric forklifts with lithium-ion battery. *2021 IEEE 4th International Electrical and Energy Conference (CIEEC)*, 1–5.
<https://doi.org/10.1109/CIEEC50170.2021.9510828>
13. Lajunen, A., Suomela, J., Pippuri, J., Tammi, K., Lehmuspelto, T., & Sainio, P. (2016). Electric and hybrid electric non-road mobile machinery—Present situation and future trends. *World Electric Vehicle Journal*, 8(1), 172–183.
<https://doi.org/10.3390/wevj8010172>
14. Ma, S., Sharaai, A. H., He, Z., Matthew, N. K., & Zainordin, N. S. (2025). Life cycle cost and environmental performance of electric and gasoline vehicles in cold climate and coal-dependent regions: A case study of Heilongjiang Province, China. *Sustainability*, 17(10), 4554. <https://doi.org/10.3390/su17104554>
15. Oskarsson, B. (2025). Total cost analysis in purchasing education: A two-step open-ended teaching case approach. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 31(2), 100971. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2024.100971>
16. Pelletier, S., Jabali, O., Laporte, G., & Veneroni, M. (2017). Battery degradation and behaviour for electric vehicles: Review and numerical analyses of several models. *Transportation Research Part B: Methodological*, 103, 158–187.
<https://doi.org/10.1016/j.trb.2017.01.020>
17. Perotti, S., & Colicchia, C. (2023). Greening warehouses through energy efficiency and environmental impact reduction: A conceptual framework based on a systematic literature review. *The International Journal of Logistics Management*, 34(7), 199–234. <https://doi.org/10.1108/IJLM-02-2022-0086>
18. Pesonen, J., Prinz, R., Ovaskainen, H., Kauranen, P., Poikela, A., & Kärhä, K. (2025). Alternative powertrains and fuels in heavy non-road mobile machinery and their future expectations—A review. *Current Forestry Reports*, 11(1), 10.
<https://doi.org/10.1007/s40725-024-00244-2>
19. Petit, M., Prada, E., & Sauvant-Moynot, V. (2016). Development of an empirical aging model for Li-ion batteries and application to assess the impact of vehicle-to-grid strategies on battery lifetime. *Applied Energy*, 172, 398–407.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.03.119>
20. Renquist, J. V., Dickman, B., & Bradley, T. H. (2012). Economic comparison of fuel cell powered forklifts to battery powered forklifts. *International Journal of Hydrogen Energy*, 37(17), 12054–12059. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2012.06.070>

21. Rout, C., Li, H., Dupont, V., & Wadud, Z. (2022). A comparative total cost of ownership analysis of heavy duty on-road and off-road vehicles powered by hydrogen, electricity, and diesel. *Heliyon*, 8(12), e12417.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12417>
22. Siitari, L. (2025). *Comparative sustainability assessment of diesel, electric and hydrogen forklifts: a case study in wood products industry*. Magistritöö
23. Sokolov, M. V. (2024). NPV, IRR, PI, PP, and DPP: A unified view. *Journal of Mathematical Economics*, 114, 102992.
<https://doi.org/10.1016/j.jmateco.2024.102992>
24. Töölepingu seadus. (2009). RT I 2009, 5, 35
<https://www.riigiteataja.ee/akt/122122012030>
25. Wang, Z., Acha, S., Bird, M., Sunny, N., Stettler, M. E. J., Wu, B., & Shah, N. (2024). A total cost of ownership analysis of zero emission powertrain solutions for the heavy goods vehicle sector. *Journal of Cleaner Production*, 434, 139910.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139910>
26. Woody, M., Adderly, S. A., Bohra, R., & Keoleian, G. A. (2024). Electric and gasoline vehicle total cost of ownership across US cities. *Journal of Industrial Ecology*, 28(2), 194–215. <https://doi.org/10.1111/jiec.13463>
27. Ütsik, L. (2015). *Kuuse (Picea abies) ja männi (Pinus sylvestris) konstruktsioonipuidu tugevussorteerimine erinevate meetoditega*. Magistritöö. Eesti Maaülikool, maaehituse õppekava

LISA A

Ettevõtte juhiga läbiviidud poolstruktureeritud intervjuu kava

Eesmärk:

Käesoleva intervjuu eesmärk on uurida ettevõtte hinnanguid ja kogemusi elektri- ja diiseltõstukite kasutamisel ning selgitada välja peamised tegurid, mis mõjutavad tõstukitega seotud investeerimisotsuseid.

- Palun kirjeldage lühidalt ettevõtte tegevusala ning tõstukite rolli ettevõtte igapäevases tööprotsessis.
- Kui kriitiline on tõstukite töökindlus ettevõtte tegevuse seisukohalt?
- Millised on peamised kriteeriumid, millest ettevõtte lähtub uute seadmete või tehnoloogiate soetamisel?
- Millisel määral tugineb ettevõtte investeerimisotsus finantsanalüüsile ning millisel määral juhtkonna kogemusele ja hinnangule?
- Kas ettevõttes kasutatakse investeeringute hindamisel kindlat tasuvusnõuet või diskontomäära? Kui jah, siis mille alusel see määratakse?
- Kas keskkonnasõbralikumate lahenduste eelistamist mõjutavad pigem ettevõtte sisemised eesmärgid, klientide ootused, partnerite nõuded või regulatiivne surve?
- Millised on teie hinnangul elektritõstukite peamised eelised võrreldes diiseltõstukitega?
- Millised on elektritõstukite peamised puudused või riskid ettevõtte seisukohalt?
- Millised on diiseltõstukite peamised tugevused, mille tõttu neid endiselt eelistada võiks?
- Milliseid tulevikuriske näete diiseltõstukite kasutamise jätkamisel?
- Millised tegurid mõjutavad teie hinnangul kõige enam otsust diisel- ja elektritõstukite vahel?
- Kuidas näete ettevõtte tõstukipargi arengut lähiaastatel: kas pigem säilib praegune lahendus, toimub osaline üleminek elektrile või täielik asendamine?

LISA B

Laojuhatajaga läbiviidud poolstruktureeritud intervjuu kava

Eesmärk:

Käesoleva intervjuu eesmärk on täpsustada analüüsis kasutatud sisendandmeid, hinnata nende usaldusväärsust ning koguda eksperthinnanguid tõstukite kasutuse, hoolduskulude ja turuväärtuse kohta.

- Kuidas kogutakse ettevõttes tõstukite kasutus- ja kulude andmeid?
- Kas elektritõstuk E1 töötas vaatlusalusel perioodil ainult ühes vahetuses? Kui jah, siis mis olid selle peamised põhjused?
- Kas lisaaku kasutamine võimaldaks tõstukit kasutada intensiivsemalt või pikema töötsükli vältel?
- Mis tagas 2026. aasta jaanuaris registreeritud töökoormuse (320 töötundi)? Kas tulemus on korratav? Kas elektritõstuki aastased hoolduskulud vastavad tegelikkusele? Kas märkate andmetes ebatäpsusi?
- Millest võivad tuleneda võimalikud erinevused tegelike hoolduskulude ja hinnakirjapõhiste kulude vahel?
- Kas 2026. aasta veebruaris hoolduste puudumine on realistlik või viitab see andmelünkadele?
- Milline on rehvide vahetuse praktika ning kui suured on sellega seotud kulud (nt diiseltõstukite puhul varasem kogemus)?
- Milline võiks olla tõstukite hinnanguline turuväärtus pärast 5-aastast kasutusperioodi?

LISA C

Diiseltõstuki D1 tehnilised andmed

Neljasuunaline külgtõstuk Combilift C6000 SR Diisel

1a Tõstekõrgus, 2 osaline Duplex mast	4040 mm
1b Vabatõste	1975 mm
2 Masti ehituslik kõrgus	3035 mm
4 Tõstuki pikkus	2250 mm
5 Masti liikumine	1490 mm
6 Kliirens masti all	300 mm
7 Kliirens tõstuki keskel	335 mm
8 Kabiini ehituslik kõrgus	2670 mm
9 Tõstuki laius	3900 mm
10 Kelgu laius	1350 mm
13 Raskuskese	600 mm
17 tõstuki pikkus ilma kahvliteta	850 mm
21 Masti kalle ette	3°
22 Masti kalle taha	5°
23 Pöörderaadius	2590 mm
24 Platvormi kõrgus	850 mm
25 Platvormi sügavus	1400 mm
A Tõstevõime	6000 Kg
B Mass	10 200 Kg
C Sõidukiirus	20 km/h
D Tõusunurk	15% max
E Mootor, Diisel Deutz	TCD 3,6 L 55 kW, Stage V(DOC, DPF)
H Kahvlid	200 x 50 x 1200 mm
I Rehvid, ees	27 x 10-12 (Super Elastik)
J Rehv, taga	355/65-15 (Super Elastik)

Muu varustus:**Täiskabiin koos soojendusega**

Töötuled 2 ees ja 2 küljel

Ohuvilkur, tagurdusignaali

Grammer õhkvedrustusega iste**Kahvlite positsioneer** (avanemine 455mm – 1315mm)**Joistic hüdraulika juhtimine**

Sõidusuuna vahetuslüüti Joistic-i kõrval

Kolme ratta hüdrostaatiline ülekanne

2x12V väljavõtte armatuurilaua

Drive Motor - Diff Lock**Suurem generaator(90Apm)****6 lisatuld(Utility-25MAXX) - 2 mastis, 2 kapotil, 2 kabiinil**

Koorma toepostid ees ja taga



LISA D

Diiseltõstuki D2 tehnilised andmed

Neljasuunaline külgtõstuk Combilift C6000 SL Diisel

1a Tõstekõrgus, 2 osaline Duplex mast	4040 mm
1b Vabatõste	1975 mm
2 Masti ehituslik kõrgus	3035 mm
4 Tõstuki pikkus	2250 mm
5 Masti liikumine	1490 mm
6 Kliirens masti all	300 mm
7 Kliirens tõstuki keskel	335 mm
8 Kabiini ehituslik kõrgus	2670 mm
9 Tõstuki laius	3900 mm
10 Kelgu laius	1350 mm
13 Raskuskese	600 mm
17 tõstuki pikkus ilma kahvliteta	850 mm
21 Masti kalle ette	3°
22 Masti kalle taha	5°
23 Pöörderaadius	2590 mm
24 Platvormi kõrgus	850 mm
25 Platvormi sügavus	1400 mm
A Tõstevõime	6000 Kg
B Mass	10 200 Kg
C Sõidukiirus	20 km/h
D Tõusunurk	15% max
E Mootor, Diisel Deutz	TCD 3,6 L 55 kW, Stage V(DOC, DPF)
H Kahvlid	200 x 50 x 1200 mm
I Rehvid, ees	27 x 10-12 (Super Elastik)
J Rehv, taga	355/65-15 (Super Elastik)

Muu varustus:**Täiskabiin koos soojendusega**

Töötuled 2 ees ja 2 küljel

Ohuvilkur, tagurdusignaali

Grammer õhkvedrustusega iste**Kahvlite positsioneer** (avanemine 455mm – 1315mm)**Joistic hüdraulika juhtimine**

Sõidusuuna vahetuslülitid Joistic-i kõrval

Kolme ratta hüdrostaatiline ülekanne

2x12V väljavõtte armatuuril

Drive Motor - Diff Lock**Suurem generaator(90Apm)****6 lisatuld(Utility-25MAXX) - 2 mastis, 2 kaptil, 2 kabiinil**

Koorma toepostid ees ja taga



LISA E

Elektritõstuki E1 tehnilised andmed

Neljasuunaline külgtõstuk Combilift C6000 SRE

1a Tõstekõrgus, 2 osaline Duplex mast	4040 mm
1b Vabatõste	1807 mm
2 Masti ehituslik kõrgus	3207 mm
4 Tõstuki pikkus	2350 mm
5 Masti liikumine	1400 mm
6 Kliirens masti all	472 mm
7 Kliirens tõstuki keskel	100 mm
8 Kabiini ehituslik kõrgus	2740 mm
9 Tõstuki laius	4245 mm
10 Kelgu laius	1450 mm
13 Raskuskese	600 mm
17 tõstuki pikkus ilma kahvliteta	1050 mm
21 Masti kalle ette	3°
22 Masti kalle taha	5°
23 Pöörderaadius	2980 mm
24 Platvormi kõrgus	750 mm
25 Platvormi sügavus	1300 mm
A Tõstevõime	6000 Kg
B Mass	10 200 Kg
C Sõidukiirus	15 km/h
D Tõusunurk	10% max
E Aku Tensor (võimaldab vahelaadimisi)	80 V / 1200Ah
Laadija Tensor 80V (HP80T-2002)	
H Kahvlid	200 x 50 x 1200 mm
I Rehvid, ees	27 x 10-12 (Super Elastik)
J Rehv, taga	355/65-15 (Super Elastik)

Muu varustus:**Täiskabiin koos soojendusega**

Hüdraulika juhtimine Joystickuga

Töötuled 7 tk(Utility-25MAXX), 2 mastis, 2 kapotil, 3 kabiinil

Ohuvilkur, tagurdusignaali

Õhkvedrustusega iste

Kahvlite positsioneer (avamine 455 mm – 1450 mm)

Kolme ratta elektriline vedu

2X12V USB väljavõte, raadio

Koorma toepostid ees ja taga



Summary

COMPARISON OF THE TOTAL COST OF OWNERSHIP OF ELECTRIC AND DIESEL FORKLIFTS: A CASE STUDY OF AN ESTONIAN INDUSTRIAL COMPANY

Jaagup Lehes

This bachelor's thesis focused on comparing the total cost of ownership of mutually exclusive forklift technology alternatives and analysing the key aspects required for such an assessment. The aim of the thesis was to determine whether the adoption of electric forklifts is economically more favourable compared to diesel forklifts and which cost components have the greatest impact on the result. To achieve this objective, the theoretical part of the thesis examined the total cost of ownership methodology and its application in the works of different authors. Based on this, a suitable approach was selected for conducting the empirical analysis. In the empirical part, the necessary input data were collected, a financial model was developed, and an analysis was carried out, with the results subsequently presented and interpreted.

The theoretical discussion showed that forklift technology choices directly affect a company's internal logistics cost structure, operational reliability, and energy efficiency. The analysis revealed that the main differences between diesel and electric forklifts arise from the timing and distribution of costs. Diesel forklifts offer higher operational reliability, but they are associated with higher energy costs and dependence on fluctuations in fuel prices. Electric forklifts require a larger initial investment, but they allow for lower operating and maintenance costs. Therefore, it is necessary to apply the total cost of ownership methodology together with the discounted cash flow method. Based on the theoretical framework, it became clear that a comprehensive consideration of CAPEX and OPEX, the inclusion of the time value of money, and sensitivity analysis are central to investment evaluation.

In the empirical analysis, the total cost of ownership of two diesel forklifts and one electric forklift was compared over a five-year period, using actual company data. To ensure data comparability, the costs from the observation period were converted into hourly unit costs and then adjusted to a standard annual operating time. The results showed that the five-year operating cost level of the electric forklift was lower than that of the diesel forklifts in terms of both energy costs and maintenance and repair costs. According to the TCO calculation, the five-year total cost of ownership of the electric forklift was lower than that of the diesel forklifts included in the analysis. The sensitivity analysis assessed the impact of the absence of subsidies, changes in energy prices, battery replacement, and increases in

acquisition cost. The results indicated that the cost advantage of the electric forklift decreased most significantly when no subsidy measure was available, making the difference compared to the diesel forklift marginal. However, the TCO of the electric forklift may become higher than that of the diesel forklift under the combined effect of several unfavorable conditions, such as the absence of subsidy support and the need for additional investments caused by battery pack replacement.

When interpreting the results, it must be considered that the analysis is based on data from one company and three forklifts. In addition, during the observation period, the electric forklift operated mainly in a single-shift regime, which means that the cost estimate for a two-shift operating regime is based on hourly cost standardization. Therefore, the generalizability of the results depends on the assumption that the energy, maintenance, and battery-related costs of the electric forklift increase approximately proportionally as utilization intensity increases.

Based on the results of the thesis, it can be concluded that under the observed operating conditions, the electric forklift is a more economically favorable alternative than the comparable diesel forklifts over a five-year ownership period. Although the electric forklift involves a higher initial investment and its profitability depends on the availability of subsidies, battery lifetime, and changes in acquisition cost, the lower energy, maintenance, and repair costs fully compensate for this difference in the base scenario. The results demonstrate that forklift investment decisions should not be based solely on acquisition price, but rather on the cost structure that develops over the entire operating period and its sensitivity to key input factors. Therefore, the conclusion of the thesis is that the adoption of an electric forklift may be cost-justified even in an intensive industrial environment, provided that the decision is supported by a comprehensive TCO (NPV) analysis and a carefully considered assessment of risk factors, particularly subsidies, energy prices, and battery lifetime.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Jaagup Lehes

annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose „Elektri- ja diiseltõstukite omamise kogukulu võrdlus Eesti tööstusettevõtte näitel“

mille juhendaja on Maire Nurmet,

reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Jaagup Lehes
12.05.2026