



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
EESTI MEREAKADEEMIA TEADUS- JA ARENDUSKESKUS

**VEELDATUD MAAGAASI
LAEVAKÜTUSENA KASUTUSELEVÕTU
TEHNILISE JA MAJANDUSLIKU
TEOSTATAVUSE UURING**

**Madli Kopti
Heino Punab
Maret Güldenkoh**

Tallinn 2015

Tallinna Tehnikaülikooli Eesti Mereakadeemia

Kopli 101, 11712 Tallinn

Tel: 613 5500

emera@ttu.ee

© TTÜ Eesti Mereakadeemia, 2015

Lepingu nr: nr 2-1/16



SISUKORD

Sissejuhatus	10
Lühendite ja terminite selgitused	13
1. Laevandustegevuse trendide määramine	16
1.2 Materjal ja meetodika laevandustegevuse trendide määramisel	16
1.3 Laevandustegevuse arengud	17
1.3.1 Ülevaade laevandussektori arengutest Eestis	18
1.3.2 Ülevaade laevade külastatavusest Eesti sadamates	25
1.3.3 Ülevaade Läänemere laevaliiklusest	27
1.3.4 Peamised laevanduse arengusuunad Eestis	31
1.4 Laevandustegevuse arengut enim mõjutavad tegurid ja arengubarjäärid	32
1.4.1 Laevandust mõjutavad merekeskkonnakaitse nõuded	33
1.4.2 Laevandust mõjutavad riiklikud tegurid ja arengubarjäärid	38
2. LNG laevakütusena kasutuselevõtu potentsiaali hindamine	41
2.1 LNG terminalide arengust Läänemere piirkonnas	41
2.1.1 LNG tootmine	42
2.1.2 LNG importterminalid	43
2.1.3 Vaheterminalid	43
2.1.4 Väikesed ja keskmised LNG tankerid	44
2.1.5 LNG tankautod	45
2.2 LNG kütuse kasutamise hetkeolukord Eestis ja teistes Läänemere äärsetes riikides	45
2.3 LNG kasutuselevõtu tehnilised aspektid meretranspordis	49
2.3.1 Maagaasi koostis ja füüsikalised omadused	49
2.3.2 LNG laevakütuse eelised ja probleemid	50
2.3.3 Gaasil või gaasil ja/või vedelkütusel töötavad laevamootorid. Tööpõhimõte ja maksumus	52
2.3.4 LNG hoiustamine ja käitlemine laeval. Tööpõhimõte ja maksumus	53
2.4 LNG laevakütuste kasutamine ja atmosfäärisaaste	57
2.5 LNG hetkehind ja selle kujunemise trendid	63
2.6 Tasuvusanalüüs ning LNG kasutuselevõtu majanduslik aspekt	64
2.6.1 Tasuvusanalüüsi meetodika	65
2.6.2 Tasuvusanalüüsi arvnäitajad	67



2.6.3	Moderniseerimismaksumus skruuberitele ja LNG-le üleminekul. Maksumuste võrdlus	70
2.6.4	Tasuvusanalüüs.....	73
2.7	Eesti sadamate olemasoleva taristu sobivus LNG kasutuselevõtuks	78
2.7.1	Ülevaade LNG laevade punkerdamisviisidest	78
2.7.2	Laevade punkerdamine Eesti sadamates	80
2.7.3	Ülevaade Eesti maismaa gaasiühenduse tarneahelast	85
2.7.4	Maagaasi tarbimisest Eestis	88
3.	LNG kasutuselevõtu riskide ja võimaluste hindamine	92
3.1	Tehnilised riskid ja võimalused	92
3.2	Infrastruktuuri arendamise riskid ja võimalused	93
3.3	Majanduslikud riskid ja võimalused.....	95
4.	LNG kasutamisele ülemineku prognoos ja stsenaariumid aastani 2024 ja nende maksumus.....	97
4.1	Prognoos aastaks 2024	97
4.2	Stsenaariumid aastaks 2024	99
	Kokkuvõte	107
	Viidatud allikad	112
	LISAD.....	120
	Lisa 1. Tabeli 2.9 näitajate selgitus	120
	Lisa 2. Tanker GT 10 000 – 19 999 majanduslikud näitajad.....	122
	Lisa 3. Reisilaev GT 5000 – 5999 majanduslikud näitajad	123
	Lisa 4. Reisilaev GT 30 000 – 39 999 majanduslikud näitajad.....	124
	Lisa 5. Puistelastilaev GT 2000 – 2999 majanduslikud näitajad	125
	Lisa 6. Konteinerlaev GT 10 000 – 19 999 majanduslikud näitajad	126



SUMMARY

A technological and economic feasibility study on using liquefied natural gas (LNG) as an alternative ship fuel (LNG study) is compiled by Estonian Maritime Academy of Tallinn University of Technology (EMERA) according to the agreement nr 2-1/16 ordered by Estonian Environmental Research Centre.

The study on using LNG as a ship fuel is part of the project „Developing the programme of measures for the Estonian marine area in compliance with the requirements of the EU Marine Strategy Framework Directive, including feasibility study on using LNG as an alternative ship fuel to reduce pollution“ of EEA Grants programme “Integrated marine and inland water management”. The project will develop a marine strategy in accordance with MSFD for managing Estonian marine waters. It consists of regionally coordinated cost-effective monitoring programme and programme of measures for managing pressures in marine environment.

International Maritime Organization (IMO) and European Union (EU) are applying several restrictions to reduce emissions generated by the shipping sector. Since 1st of January 2015 ships sailing in the Baltic, the North Sea and the English Channel are required to use fuels with a sulphur content of no more than 0.10%. There are a few different technical and operational options to comply with the set requirements and the transition to LNG fuel for operation of ships within the Emission Control Areas (ECA) is considered as one possible option.

The overall aim of the LNG study is to find out the technical aspects of the use of LNG as ship fuel and to compile an economic cost-benefit analyze based on the most common ship types visiting Estonian ports.



The study addresses the following main issues and topics:

- Overview about the present situation and future developments of the shipping sector including the main factors and development barriers having influence to the Estonian shipping sector. Additionally are found out the most common vessels by ship types (passenger ship, tanker, dry bulk carrier, container ship) visiting Estonian ports.
- Evaluation of the potentiality of LNG as ship fuel by finding out the present situation of LNG use in the Baltic Sea and technical aspects of taking LNG fuel into use in maritime sector.
- Exhaust emissions rates based on different fuel types and technologies while taking into consideration the most typical vessels visiting Estonian ports.
- LNG fuel price and its future development trends in the world.
- Economic cost-benefit analyze based on the possible diverse alternative solutions used in the shipping to reduce the ships' exhaust emissions.
- Present situation and future developments of the LNG infrastructure in Estonia.
- Prognosis and scenarios for the year 2024 taking into account the most common vessel types and sizes visiting Estonian ports.

Global and regional shipping trends seem to tend more environmental friendly year by year and taking into account the increasing trend of LNG fuelled ships, there is tendency for shipping to change even more sustainable than it is nowadays required by IMO or EU.

LNG fuel has the lowest emission of all three local pollutants NO_x , SO_x , and PM, as well as the global greenhouse gas CO_2 comparing to the use of liquid mineral fuel oils. When using LNG as ship fuel:

- NO_x emissions are reduced by 90%;
- SO_x and PM by close to 100%; and
- CO_2 by 25%.

In addition to the reduction of atmosphere pollution, using LNG as ship fuel also lowers the overall fuel consumption about 20% compared to liquid mineral fuel oils, which is highly important indicator for ship-owners.



Furthermore, the above described advantages from the exhaust emissions reduction perspective, there are benefits in LNG fuel prices compared to MGO or HFO. Based on the different international prognosis, there are estimations on LNG fuel price to be about 41% lower than to MGO and 22% lower than to HFO. Certainly, there cannot be excluded the possibility that increasing demand will increase the LNG fuel price.

Bearing in mind the work of ships engineers, there is great advantage of LNG fuel ensuring the cleaner service procedures and engine room that conditioned by the cleaner burning processes compared to vessel working on other types of liquid mineral fuel.

Unfortunately, there are also some technical disadvantages in LNG implementation, but considering nowadays high level technological capabilities and capacity for adjustments these difficulties are solvable.

Main technical disadvantages are the following:

- on the ships new special engines must be installed that may work on gas or gas and liquid fuel with LNG regasification systems and gas feeding systems. These engines are 1.4 times more expensive than conventional diesel engines;
- solutions must be found for LNG fuel storage and handling onboard of the ship. Storage of LNG fuel requires 3 to 4 times more space compared to liquid fuels storage. In addition to fore mentioned, the LNG storage tanks are 15 to 25 time more expensive compared to liquid fuel storage tanks;
- must be taken into consideration the higher flammability of gas fuel and risks in handling of LNG at cryogenic temperatures, therefore is required special training of crew and bunkering staff.



Most common gross tonnage of vessels by ship types (passenger ship, tanker, dry bulk carrier, container ship) that are visiting Estonian ports are following:

- passenger ship GT 5000 – 5999;
- passenger ship GT 30 000 – 39 999;
- tanker GT 10 000 – 19 999;
- dry bulk carrier GT 2000 – 2999;
- container ship GT 10 000 – 19 999.

The main aim of the cost-benefit analyze is to find out in what cases (HFO+scrubber or LNG) would be economically rational to modernize vessels in the perspective of next 10 years. Cost-benefit analysis based on the distribution of specific vessels (mentioned above) and their particular indexes.

As a result of modernization cost analyses, it is possible to state that taking into use scrubbers is 1.36 to 2.58 times cheaper compared to LNG modernization costs. Mainly it is caused by the higher prices of LNG storage tanks and high costs of engines rebuilt and longer time out of service.

Despite of the higher costs of LNG modernization, the payback period is overwhelmingly shorter than in case of taking into use the scrubbers and the difference is mainly caused by the cheaper price of LNG fuel and lower LNG fuel consumption. Installation of scrubber systems on existing vessels pays off in 9 to 15 year, whilst the payback period of rebuilding the vessels on to LNG is 2.5 to 6.6 years depending on the specific vessel type.

Also other evaluation criteria of economic variables are showing that modernization of existing vessels for taking into use the LNG fuel is economically beneficiary, because:

- data analyses of different ship types did not reveal the possibility that modernization should be rejected (the modernization of the present net value = 0 and profitability index = 1);
- all vessel types were in accordance to the evaluation criteria except the passenger ship GT 5000 – 5999, that requires additional analyze methods, because the evaluation criteria present net value < 0 and profitability index < 1.



Many ship-owners, who are anyway planning to renew their fleet, have chosen the way of ordering new LNG ships like for example Viking Line, AS Tallink Group or Sweden company Rederi AB Gotland in the Baltic Sea region. The cost of acquisition of new LNG vessels is estimated to be 25-30% more expensive than conventional ships operating on liquid fuels.

Development of the LNG bunkering infrastructure is multi-phase and strongly depending on the market demand. Estonian bunkering companies are able to serve some LNG vessels by truck already in 2015. There is the willingness to build the needed infrastructure based on the market demand and expand of the natural gas use to the sea (LNG vessels) and to the land side (heat consumers, transportation).

There are 2 highly capable LNG terminal developers in Estonia – Balti Gaas OÜ and Vopak LNG of which the first is planning LNG terminal to Paldiski and another to the Muuga Port. **Both developers are ready to finalize construction phase in two years after the investment decision** and available offering services like un/loading), storage, bunker barge loading, truck loading etc. **Additionally both developers are aiming to connect their LNG terminals into the national gas grid connection.**

Considering the economic-technical and political aspect of taking into use the LNG ship fuel and based on different international prognoses, there are estimations of **LNG ships in the Estonian water by 2024 as the following:**

- 3...6 new LNG ships of which 2-4 are passenger ships, 1 tanker and 1 container ship;
- 1...5 LNG ships that are rebuilt from the existing ones.

By conducting scenarios for 2024, different factors that are having influence to the number of LNG vessels visiting Estonian ports were taken into account, such as LNG fuel price compared to MGO or HFO, economic and political situation, national and EU support measures to enhance the process of LNG vessels production and rebuilding, development of infrastructure and bunkering capability and network in Estonia and in the Baltic Sea region.



There could be available 3 different scenarios for the year 2024:

- **scenario I** - 5 LNG ships (2 large and 2 smaller passenger ships and 1 tanker)
- **scenario II** – 12 LNG ship (4 large and 4 smaller passenger ships, 2 tankers, 1 dry bulk carrier and 1 container ship);
- **scenario III** – 17 LNG ships (6 large and 4 smaller passenger ships, 3 tankers, 2 dry bulk carriers and 2 container ships).

For the use on LNG, there is high potential and the required inertia on the market that taking into use the LNG could develop in both directions: to land based use and to the sea.

From the marine environment perspective the use of natural gas in shipping is significantly more environmentally sustainable than the present liquid mineral fuels used in the Baltic Sea and SECA areas. Based on the study may conclude that using LNG as an alternative ship fuel could be seen good measure to reduce atmosphere pollution caused by shipping.



SISSEJUHATUS

Käesolev uuring on koostatud Euroopa Majanduspiirkonna Finantsmehhanismi 2009–2014 programmi "Integreeritud mere ja siseveekogude majandamine" rahastatava projekti „EL merestrateegia raamdirektiivi kohase Eesti mereala meetmekava väljatöötamine, k.a. saastuse vähendamiseks veeldatud maagaasi (LNG) kui alternatiivse laevakütuse kasutamise tasuvusuuringu teostamine“ raames.

TTÜ Eesti Mereakadeemia on läbi viinud ja koostanud OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskus tellimusel „Veeldatud maagaasi (LNG) laevakütusena kasutuselevõtu tehnilise ja majandusliku teostatavuse uuringu“

Rahvusvahelise Merendusorganisatsiooni (IMO) ja Euroopa Liidu (EL) aasta-aastalt karmistuvad laevadelt lähtuva atmosfäärisaaste piirangud sunnivad investeerima laevadesse eesmärgiga võimaldada üleminekut puhtamate kütuste kasutamisele nagu kõrgekvaliteediline destilleeritud diislikütus (MGO), veeldatud maagaas (LNG) või heitgaaside kahjulikke atmosfääriheitmeid vähendavate puhastusseadmete (skruuberid või katalüsaatorid) paigaldamist laevadele. Kõige kaalukamad regulatsioonid ja piirangud on kehtestatud IMO rahvusvahelise konventsiooniga merereostuse vältimiseks laevadelt MARPOL 73/78 (MARPOL), mis IMO Merekeskkonnakaitse Komitee erinevate otsuste kaudu reguleerivad laevadelt lähtuvate kahjulike saastete, sh. atmosfäärisaaste heitkoguste, nagu SO_x , ja NO_x piirnorme ning nende rakendamise tingimusi. Euroopa Liidu direktiiv 2012/33/EU olles direktiivi 1999/32/EC täiendus, seab regionaalsed piirangud kütuste väävlisisaldusele võttes aluseks IMO MARPOL lisa VI nõuded. IMO MARPOL konventsiooni ja EL väävlidirektiivi alusel on kehtestatud Euroopas SO_x heitkoguste kontrolli piirkonnad (SECA), mille hulka kuuluvad lisaks Põhja-Ameerika rannikule Läänemeri, Põhjameri ja Inglise kanal ning kus **alates 1. jaanuarist 2015 peavad laevad kasutama kütust väävlisisaldusega <0,1% massist või samaväärset alternatiivset ja heakskiidetud heitkoguste vähendamise tehnoloogiat**, eeldusel et need laevad jätkuvalt saavutavad heitkoguste vähendamise, mis



oleks vähemalt võrdväärne heitkoguste vähendamisega, mis saavutataks kehtestatud kütuste vävllisisalduse piirmäärade abil.

Atmosfäärireostust vääveloksiididega laevadelt hinnati 2007. aastal 16,2 miljonile tonnile, mis moodustas 3...5% globaalsest kogureostusest (Ship's emission...2008). Ehkki meretranspordist lähtuv SO_x reostuse osatähtsus globaalselt on vaid 3...5%, siis arvestades, et 70% sõidu koguajast viibivad laevad vähem kui 400 km kaugusel rannikust (Health risks of shipping...2009), on selle osatähtsus ja kahjulik mõju sadamates ja tiheda laevaliiklusega rannikulähedastel aladel kordades suurem.

Globaalsest atmosfääri emiteeritava NO_x kogusest moodustavad emissioonid laevadelt 13% (Hellén, Göran 2003). 2007. aastal hinnati nende kogust 25,8 miljonile tonnile (Ship's emission...2008).

IMO NO_x emissioonide piirmäärad on jagatud kolmeks tasemeks – tase I, tase II ja tase III. Taseme I standardid kinnitati 1997. aasta lisa 6 ja tasemetele II/III IMO Merekeskkonnakaitse Komitee poolt oktoobris 2008 (Exhaust Gas...2008). Tasemete järkjärguline rakendamine kavandati ajavahemikus 2000 kuni 2016. Alates 1. jaanuarist 2011. aastast kehtivad laevamootorite heitgaaside NO_x sisaldusele tasemega II sätestatud piirnormid. Taseme III rakendusaeg ja –tingimused kavandati kehtestada aastal 2016, kuid hetkel on see lõplikult otsustamata.

Lisaks karmistuvatele keskkonnanõuetele on riigisiselt koostamise protsessis Eesti merestrategie, mis koosneb naaberriikidega kooskõlas olevast kulutõhusast mereseire programmist ja merekeskkonda mõjutavate survetegurite ohjamise meetmekavast. Eesti merestrategie ja meetmekava väljatöötamise raames uurib käesolev töö LNG laevakütuse kui ühe võimaliku alternatiivse lahenduse kasutuselevõtu tehnilist ja majanduslikku teostatavust.



Uuringu peamised eesmärgid:

- anda ülevaade laevanduse hetkeolukorrast ning tuleviku perspektiividest. Analüüsi käigus selgitatakse välja erinevate laevatüüpide (tanker, reisilaev, puistlastilaev, konteinerlaev) lõikes kõige sagedasema kogumahutavusega laevad, mis külastavad Eesti sadamaid, mis omakorda võetakse aluseks tehnilise ja majandusliku teostatavuse hindamisel. Lisaks selgitatakse ja analüüsitakse, millised on Eesti laevandust peamiselt mõjutavad tegurid ja arengubarjäärid;
- hinnata LNG laevakütuse kasutuselevõtu potentsiaali, mille käigus tuuakse välja LNG kasutamise hetkeolukord Läänemeres ja LNG kasutuselevõtu tehnilised aspektid meretranspordis;
- selgitada välja kõige sagedasemate kogumahutavustega Eesti sadamaid külastavate põhiliste laevatüüpide kahjulikud atmosfääriemissioonid erinevate kütuseliikide ja tehnoloogiate kasutamisel (massiühikut/tunnis/aastas);
- kindlaks teha LNG hetkehind ja hinnata selle kujunemise trende maailmaturul ning prognoositavat hinda arvestades tulevikuväljavaateid;
- koostada majanduslik võrdlev tasuvusanalüüs erinevate võimalike alternatiivsete lahenduste lõikes;
- selgitada Eesti sadamate olemasoleva taristu sobivust LNG kasutuselevõtuks;
- selgitada välja LNG laevakütuse kasutuselevõtu peamised tehnilised, infrastruktuuri ja majanduslikud riskid ning võimalused;
- juhindudes kõige sagedamini Eesti sadamaid külastatavatest laevatüüpidest ja kogumahutavustest koostatakse LNG kasutamisele ülemineku näitlikud stsenaariumid ja prognoos aastani 2024 ning nende maksumused.



LÜHENDITE JA TERMINITE SELGITUSED

Amortisatsioon (*amortisation*) – laeva kulumine tööprotsessi käigus, amortiseeritav osa kantakse kuluks laeva kasuliku eluea jooksul valitud amortisatsioonimeetodil; amortiseeritakse soetus- ja jääkmaksumuse vahesummat.

DW - Dedveit (*deadweight*), laeva täielik kandevõime, st. lasti, kütuse-, õli-, magevee- ja toiduvaru ning reisijate, meeskonna ja nende pagasi kogumass tonnides.

ECA – laevadelt põhjustatavate kahjulike atmosfääriemissioonide piirangualad (*Emission Control Areas*) (sh. SECA).

Eesti Laevaregister - laevade ja ehitatavate laevade kohta peetakse eraldi registrit. Laevaregister ja ehitatavate laevade register moodustavad laevakinnistusraamatu. Samuti peetakse eraldi registrit laevapereta prahitud laevade kohta. Laevaregistrisse kantakse merelaev, mis peab kandma või võib kanda Eesti riigilippu ning mille üldpikkus on vähemalt 12 meetrit. Samuti kantakse laevaregistrisse vähemalt 12 meetrit pikk siseveelaev, mille omanik on füüsiline isik elukohaga Eestis või Eesti juriidiline isik. Purjejahtlaev või kaater tuleb kanda laevaregistrisse, kui tema üldpikkus on vähemalt 24 meetrit.

Eurostat - Luxemburgis asuv statistika keskus, mille eesmärgiks on anda usaldusväärset infot EL kohta võimaldades võrrelda erinevate riikide omavahelisi näitajaid.

GT - kogutonnaž (*Gross Tonnage*), 1969. a rahvusvahelise konventsiooni reeglite järgi määratud kõigi laevaruumide kogumahutavus, antakse ühikuta suurusena.

HFO – raskekütus, mis koosneb põhiosas naftatöötlemise jääksaadustest, millesse on lisatud vajaliku viskoossuse tagamiseks destilleeritud kütust (*Heavy Fuel Oil*).

IMO – Rahvusvaheline Merendusorganisatsioon (*International Maritime Organisation*).



Juurdekasvuline rahavoog (*added cash flow*) – positiivsete rahavoogude kasv, mis tekib moderniseerimise tulemusena, peab tagama rahalise kokkuhoiu aastas.

Jääkmaksumus ehk likvideerimismaksumus (*residual value*) – laeva kasuliku ea möödumisel laeva lõpetamisväärtus (planeeritav summa laeva müügist).

Kasumiindeks (*PI- Profitability Index*) - kajastab moderniseerimise tulevase maksumuse nüüdisväärtust esialgse kulu ühe euro kohta ehk näitab iga kulutatud euro kohta puhastulu.

Laevapereta prahitud laev (*bareboat charter*) – antud juhul antakse laev prahtijale kasutamiseks ilma laevapereta, selle komplekteerib ja laevapere ülalpidamiskulud kannab prahtija. Kogu laeva tegevuse eest vastutab prahtija, kes kannab ka kõik sellega seotud kulud (sadamatasud, stividorikulud, kütus, vedaja vastutuse kindlustamine jne).

Lineaarne amortisatsioonimeetod (*straight-line method*) – igal kasutusea aastal amortiseeritakse võrdne osa amortiseerivast summast.

LNG – veeldatud maagaas (*Liquefied Natural Gas*).

MARPOL 73/78 - Rahvusvaheline laevadelt põhjustatava merereostuse vältimise konventsioon (*International Convention for the Prevention of Pollution from Ships*). Hetkel kehtiv konventsioon allkirjastati 1973. aastal ning täiendati 1978. aastal valminud protokolliga, mis jõustus 2. oktoobril 1983.

MGO – kõrgekvaliteediline destilleeritud diislikütus (*Marine Gas Oil*).

NECA - maailmamere piirkonnad, kus kehtestatakse laevadelt lähtuva lämmastikoksiidide NO_x koguste piirangud (*Nitrogen Emission Control Area*). Hetkel NECA piirkonnad puuduvad, kuid on alust arvata, et esimestena saavad NECA piirkondadeks praegused SECA alad.

NO_x – lämmastikoksiidid NO ja NO₂, mis tekivad diiselmootori silindrites põlemisprotsessi käigus kõrgetel temperatuuridel (üle 1700 K) õhus sisalduva lämmastiku toimel.



PM – väljalaskegaasides sisalduvad tahked osakesed, mis koosnevad kütuse mittepõlevatest lisanditest (tuhk) ja mittetäielikult põlenud põlevainetest (süsinik ja kõrgmolekulaarsed süsivesinikühendid) (*Particulate Matter*).

Praegune puhasväärtus ehk moderniseerimise nüüdisväärtus näitab seda, milline on 10 aastane rahaline kokkuhoid 10% kasumiga ehk võrdub 10 aasta kokkuhoiu tulevase maksumuse nüüdisväärtuse summa ja moderniseerimismaksumuse vahega.

Puhasinvesteering (*NPV, Net Present Value*) – moderniseerimisega seotud kulu ehk moderniseerimise maksumus.

Rahavoog (*cash flow*) - investeerimisega seotud rahaline ressurss, mis jaguneb esialgseks kuluks ehk puhasinvesteeringuks, juurdekasvuliseks rahavooks ja lõpetavaks rahavooks.

SECA – maailmamere piirkonnad, kus on kehtestatud laevadelt lähtuva vääveloksiidide SO_x koguste piirangud (*Sulphur Emission Control Area*). Euroopas on SECA piirkondadeks Läänemeri, Põhjameri ja Englise kanal; globaalselt lisaks USA ja Kanada ida- ja läänerrannik, Havai saared ja Puerto Rico.

Soetusmaksumus (*cost*) – laeva soetamisega seotud kulude summa; moderniseerimisega lisandub soetusmaksumusele moderniseerimiskulu ehk puhasinvesteering.

SO_x – vääveloksiidid SO₂ ja SO₃, mis tekivad kütuses sisalduva väävli põlemisel mootoris.

Tasuvusaeg (*Payback Period*) – näitab mitu aastat kulub puhasinvesteeringu ehk moderniseerimiskulude katmiseks.



1. LAEVANDUSTEGEVUSE TRENDIDE MÄÄRAMINE

Merendusel on suur osa Eesti majanduses, kuna u 60% Eesti ekspordist ja impordist toimub meritsi. Teisest küljest võimaldab avatus merele koos asukohaga suurte kaubavoogude teel Eestil teenida olulist sissetulekut rahvusvahelisest kaubaveost, turismist ning kalandusest (Eesti merenduspoliitika 2012).

Maailma mastaabis vaadatuna ligikaudu 90% kaubast transporditakse meritsi ning arvestades globaalsel tasandil kaubavahetuse mahtusid ja vajadusi, oleks maailmamajanduse toimimine ilma meretranspordita võimatu.

Seoses viimastel aastakümnetel asetleidnud globaalsete muutustega rahvusvahelises tööjaotuses (tootmise ümberbaseerumine Lääne-Euroopast ja Põhja-Ameerikast kiiresti arenevasse Aasia ja Lõuna-Ameerika majandusruumi koos maksujõulise turu säilimisega endiselt arenenud riikides), on meretranspordi osatähtsus tõusutrendis. Võttes arvesse transpordimahtusid on laevandus kõige vähem keskkonda reostav transpordiliik ning võrreldes reostuse määradega võib laevandust pidada väiksemaks inimtegevusest põhjustatud merekeskkonna reostusallikaks võrreldes maismaa transpordi ja ettevõtetega.

1.2 Materjal ja metoodika laevandustegevuse trendide määramisel

Andmaks ülevaadet laevaliiklusest Läänemeres ja Eestis, on aluseks võetud ametlikud Eurostati statistilised andmed, mille põhjal on võimalik välja selgitada Läänemere ja Eesti sadamaid külastavate laevade info erinevate laevatüüpide lõikes. **Põhilised aluseks võetud laevatüübid on järgmised:**

- reisilaevad;
- tankerid;
- puistlastilaevad;
- konteinerlaevad.



Eurostati andmebaasis on aluseks võetud andmemassiiv „Maritime transport - Vessel traffic - Quarterly data - Main ports - Number and gross tonnage of vessels - by type and size of vessels - Direction: inwards only“.

Kasutades Eurostati andmebaasi selgitatakse välja kõige sagedasema kogumahutavuse vahemikuga laev põhiliste eelpool nimetatud laevatüüpide lõikes. Lisaks võimaldab antud meetodiline lähenemine hinnata eri tüüpi laevade külastatavuse summaarset kogumahutavust, et näha laevanduse üldist kasvu- või langustrendi.

Täiendavalt Eurostati andmebaasile antakse ülevaade Eesti laevaregistri laevade arvust ja kogumahutavusest aastate 2002-2015 lõikes, mis võimaldab hinnata Eesti laevanduse arengusuundumusi lähtudes Eesti riigilipu alla registreeritud laevadest.

1.3 Laevandustegevuse arengud

Laevandust peetakse Euroopa merenduse selgrooks, kuna see mõjutab otseselt kaubavahetust ning on seotud majanduse konkurentsivõimega üldisemalt. Kasvav nõudlus laevandusteenuste järele mõjutab positiivselt laevaehitust ja sellega seotud merevarustuse- ja komponenditootjaid. (Portsmouth *et al.* 2011)

Laevaehituse sektori arengut nähakse Euroopa tasandil merevarustuse tootjate jaoks kriitiliselt olulisena, sest kuigi merevarustust eksporditakse Euroopast Aasia laevaehitusega tegelevatesse riikidesse, on elementaarse koduturu nõudluse säilimine sektori konkurentsivõime seisukohalt oluline. Teisisõnu toob laevaehituse jätkuv siirdumine Euroopast Aiasse kaasa mitte ainult otseselt laevaehituses toodetava lisandväärtuse kadumise, vaid omab palju laialdasemat mõju läbi sidusektorite kadumise. Samas on Euroopa laevaehituse hääbumine kaasa toonud eriotstarbeliste- ja lõbusõidulaevade tootmise arengu, sest laevaehitusest vabanev oskusteave leiab selles sektoris rakenduse. Laevaehitus mõjutab merendusteenuste sektori arengut – laevaehitus vajab toimimiseks tootearendusega seotud teadmuste kättesaadavust ning ligipääsu merele, mida pakuvad sadamad. (Portsmouth *et al.* 2011)



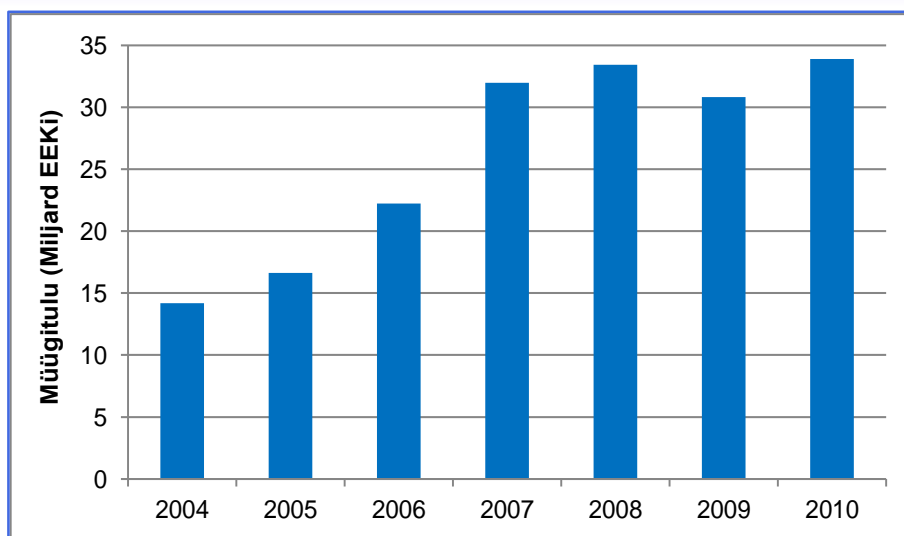
1.3.1 Ülevaade laevandussektori arengutest Eestis

Andmaks ülevaadet laevandussektori arengutest Eestis on esmalt oluline keskenduda merendussektorile üldisemalt, sest laevandus on mõjutuses ka muude sektorite arengust.

Eesti Mereakadeemias läbi viidud Merenduse klasteruuringus (2011) jagatakse merendusklaster üheksaks alamklastriks, mille põhimõte on aluseks võetud Eesti riikliku merenduse arengukava koostamisel. Põhinedes kõige uuemale uuringule antud valdkonnas jagatakse merendusklaster 8 alamklastriks (Nõmmela 2012):

1. laevandus;
2. sadamate töö;
3. merendusala teenindus ja vahendustegevus;
4. laevaehitus ja –remont;
5. avalik sektor. Teadus ja haridus;
6. huvilaevandus ja rekreatsioon;
7. veeteede ja vesirajatiste ehitus ja hooldus;
8. kalapüük ja töötlemine. Vesiviljelus.

Tuginedes merendusklatri uuringule on üldine müügitulu merendusklattris aastatega üldjoontes kasvanud (vt. joonis 1.1). Võrreldes 2004. aasta müügituluga, mis oli ligikaudu 14,2 miljardit krooni, on merendusklatri üldine müügitulu 2010. aastaks kasvanud 2,4 korda ning jõudnud 33,9 miljardi kroonini. Üldises müügitulus on toimunud langus 2009. aastal, mis oli tõenäoliselt tingitud ülemaailmsest majanduslangusest, kuid juba 2010. aastal on müügitulu taas hakanud kasvama. (Nõmmela 2012)



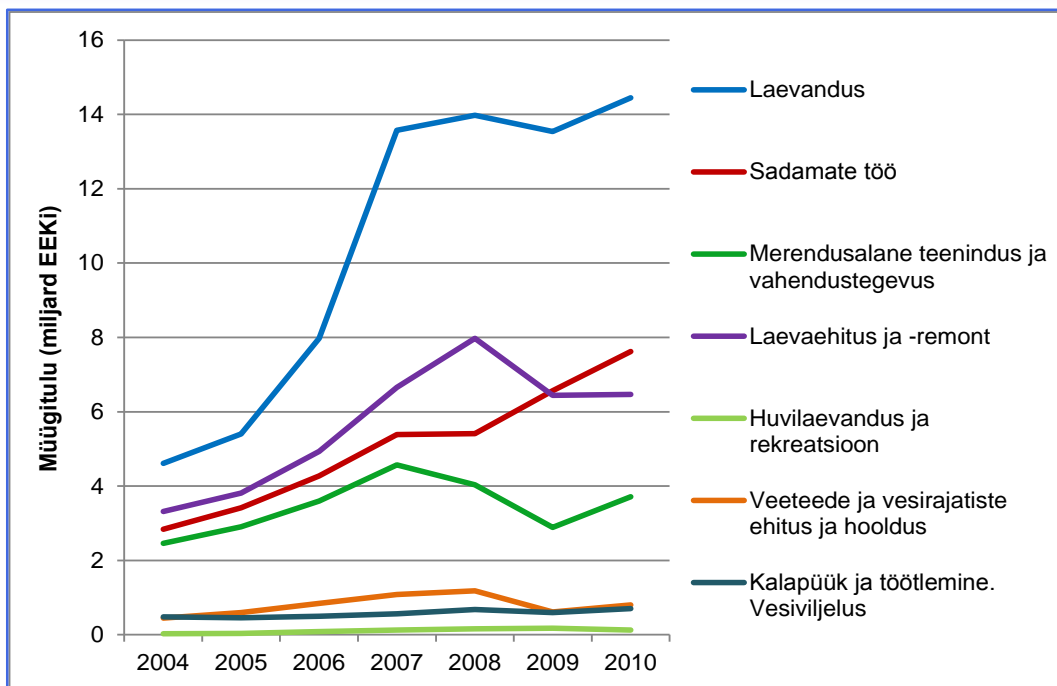
Joonis 1.1. Eesti merendusklasteri üldine müügitulu aastatel 2004-2010 (Nõmmela 2012)

Lähtudes merenduse klasteruuringust selgub (vt joonis 1.1), et aastate 2004 - 2010 jooksul on merendusettevõtete müügitulu järk-järgult kasvanud, väiksemaid langusi on toimunud aastatel 2007 ja 2009. Müügitulude kasvust nähtub merendusklasteri järjest paranev hetkeseis ning sarnase olukorra jätkumisel on suur tõenäosus klasteri siseseoste tugevnemisele. (Nõmmela 2012)

2004. aastal oli laevanduse alamklasteri müügitulu ligikaudu 4,6 miljardit krooni ning 2010. aastaks oli see kasvanud 3,1 korda ning jõudnud 14 miljardi kroonini (vt joonis 1.2).

Alamklasterite võrdluses on suurima müügituluga alamklaster laevandus, millesse kuulus 2010. aastal 88 ettevõtet ning nende kogumüügitulu moodustas samal aastal kogu merendusklasteri müügitulust 42,6%. Müügitulude võrdluses on suuruselt teiseks alamklasteriks sadamate töö, mis on saavutanud selle koha alles 2009. aastal. Sadamate töö alamklasterisse kuulus 2010. aastal 66 ettevõtet ning nende müügitulu moodustas samal aastal kogu merendusklasteri müügitulust 22,5%. Müügitulu järgi suuruselt kolmandaks alamklasteriks on laevaehitus ja -remont, kuhu 2010. aastal kuulus 218 ettevõtet ning mille müügitulu moodustas samal aastal kogu merendusklasteri müügitulust 19,1% (vt joonis 1.2).

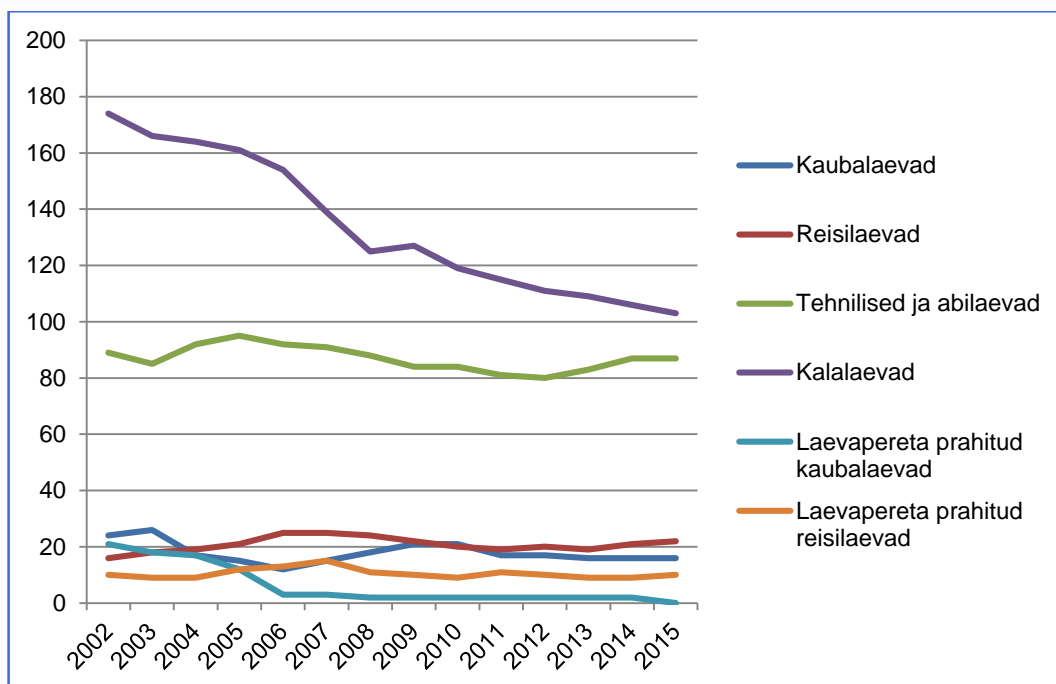
Laevanduse arengus seisukohast lähtuvalt on sadamatel ja laevandusel paremad müügitulu näitajad, mis on hea märk võimalikest edaspidistest arengutest nii laevanduse kui ka sadamate suunal. (Nõmmela 2012)



Joonis 1.2. Eesti merendusklasteri müügitulu alamklasterite võrdluses aastatel 2004-2010 (Nõmmela 2012)

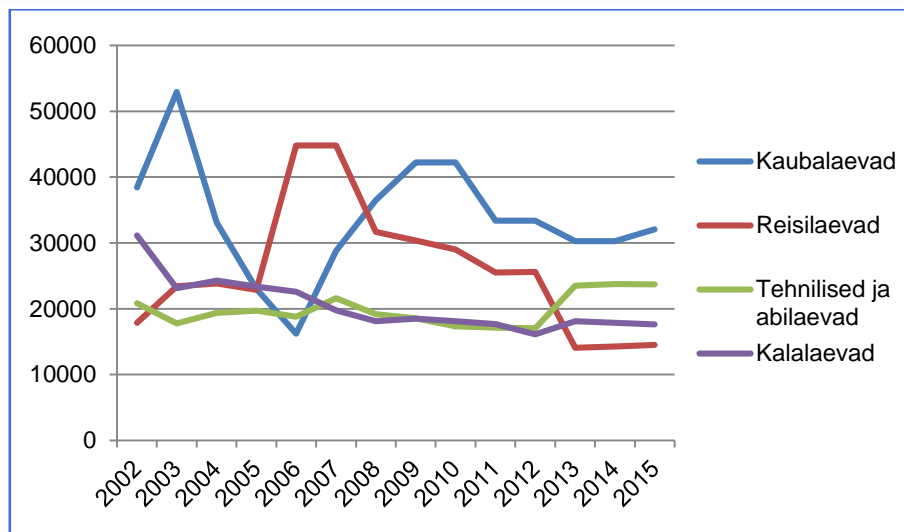
Juhindudes Veeteede Ameti (VA) iga-aastastest laevaregistri ülevaadetest on näha (vt joonis 1.3), et suur langus on toimunud laevapereta prahitud kaubalaevade arvu ja kogumahutavuse (joonis 1.4) osas, kus aastal 2002 oli Eesti laevaregistris 21 laeva kogumahutavusega 121 034 ning aastaks 2015 ei ole Eesti lipu all enam ühtegi laevapereta prahitud kaubalaeva.

Lisaks laevapereta prahitud kaubalaevadele on toimunud peaaegu poole võrra arvuline ja mahuline vähenemine kalalaevade hulgas (joonis 1.3 ja 1.4) olles aastal 2002 esindatud 174 laevaga kogumahutavusega 31 122 ning aastal 2015 on kalalaevade arv langenud 103-ni kogumahutavusega 17 631. Kalalaevade arvu ja mahu vähenemine on peamiselt põhjustatud püügivõimsuse tasakaalu viimisest püügivõimalustega, kuna Eesti kalapüügi laevastik oli liiga suur ja ebaefektiivne olemasolevate püügivõimaluste jaoks. Püügivõimsuse tasakaalu viimist püügivõimalustega toetati EL Kalandusfondi finantsilistest vahenditest.



Joonis 1.3. Eesti laevaregistri merelaevade arv 2002-2015 (Koostatud Veeteede Ameti Eesti laevaregistri andmete põhjal, 2015a)

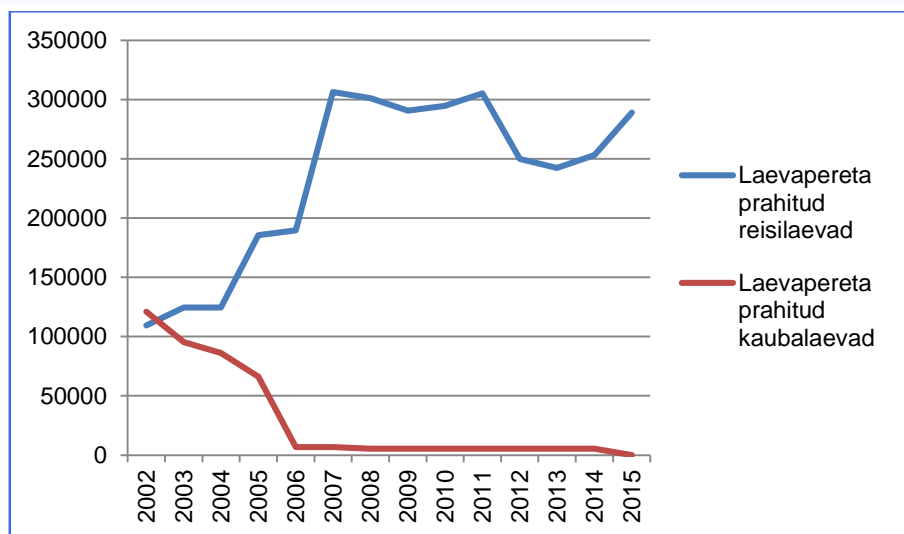
Suured kõikumised on toimunud reisi- ja kaubalaevade (va laevapereta prahitud laevad) mahutavuste osas (joonis 1.4), mis laevade arvulises näitajas nii tugevalt esile ei tule, küll aga kogumahutavuste lõikes (joonis 1.3). Aastal 2003 oli kaubalaevade kogumahutavus 52 912 langedes aastaks 2006 tasemele 16 227, kuid seejärel jätkates tõusu kuni aastani 2010 ületades kogumahutavuse piiri 42 000 juures, kuid aastaks 2015 on kaubalaevade kogumahutavus taas langenu 10 000 võrra. Reisilaevade puhul on toimunud kõige suurem kogumahutavuste langus aastal 2013 olles 14 000 juures ning olles sellel tasemel ka 2015 1. jaanuari seisuga - võrreldes aastaga 2007 on langus olnud kolmekordne, mil reisilaevade summaarne kogumahutavus oli 44 786.



Joonis 1.4. Eesti laevaregistri merelaevade kogumahutavuste summa 2002-2015 (Koostatud Veeteede Ameti Eesti laevaregistri andmete põhjal, 2015a)

Kui võrrelda aastat 2002 ja 2015, siis paraku peab tõdema, et enamuses on toimunud teatav kogumahutavuste langus – siinjuures on erandiks tehnilised ja abilaevad (joonis 1.4) ning laevapereta prahitud reisilaevad (joonis 1.5).

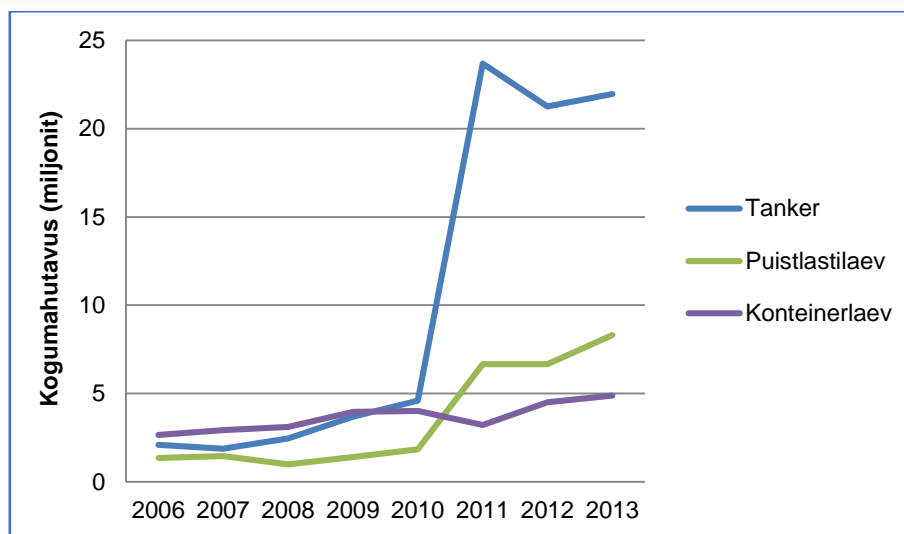
Joonisel 1.5 on eraldi välja toodud laevapereta prahitud reisi- ja kaubalaevade kogumahutavused, kuna reisilaevade kogumahutavuste summa on võrreldes muude laevatüüpidega 13 kordne. Laevapereta prahitud reisilaevade kogumahutavus Eesti lipu all on võrreldes 2002. aastaga suurenenud 2.6 korda (108 480-lt 289 226-le) (joonis 1.5), kuid laevade arv on jäänud samaks (10 laevapereta prahitud reisilaeva), mis toob selgelt esile uute suuremate kogumahutavustega laevade turule tuleku.



Joonis 1.5. Eesti laevaregistri laevapereta prahitud reisi- ja kaubalaevade kogumahutavuste maht 2002-2015 (Koostatud Veeteede Ameti Eesti laevaregistri andmete põhjal, 2015a)

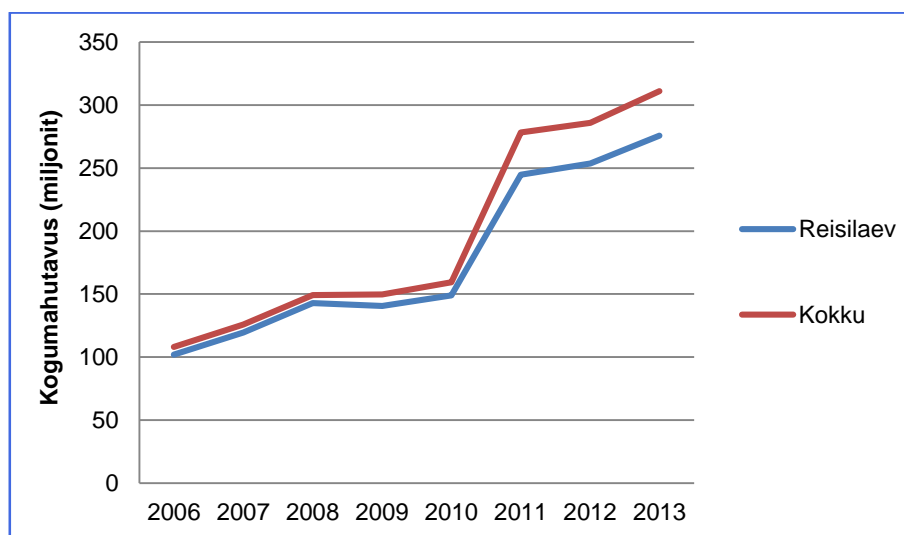
Oluline on, et laevad ja laevandus ei ole kadunud – suuremad laevaomanikud või operaatorid opereerivad jätkuvalt u 60 laevaga, kuid need on registreeritud teiste riikide registrites. Eesti riik ei teeni selliste laevade pealt muud tulu kui operaatorfirma makstavad maksud (Eesti merenduspoliitika 2012).

Vaatlemaks laevanduse aktiivsust Eesti vetes ning sadamates on analüüsi aluseks võetud Eurostat andmed, mis näitavad põhilise nelja laevatüübi küllastuste kogumahutavust Eesti sadamates aastatel 2006-2013. Joonistelt 1.6 ja 1.7 on näha laevade küllastuste kogumahutavuste kasv nelja põhilise laevatüübi osas. Tankerite küllastuste kogumahutavuse järsk kasv aastal 2011 on tingitud Sillamäe sadama ja AS Tallinna Sadama koosseisu kuuluvate sadamate küllastuste kogumahutavuste tõusust (vt joonis 1.6), mis ilmestab selgelt Sillamäe sadama valmimist ning tegevuse intensiivistumist.



Joonis 1.6. Eesti sadamate tankerite, puistlasti- ja konteinerlaevade külastuste summaarne kogumahutavus 2006-2013 (Koostatud Eurostati andmete põhjal, 14.01.2015)

Reisilaevade külastus on välja toodud eraldi joonisel 1.7, sest laevaliikluse kogumahust moodustavad reisilaevad suurema osa ning teisel juhul ei oleks graafikul välja joonistunud teiste laevatüüpide (vt joonis 1.6) muutuste ülevaade.



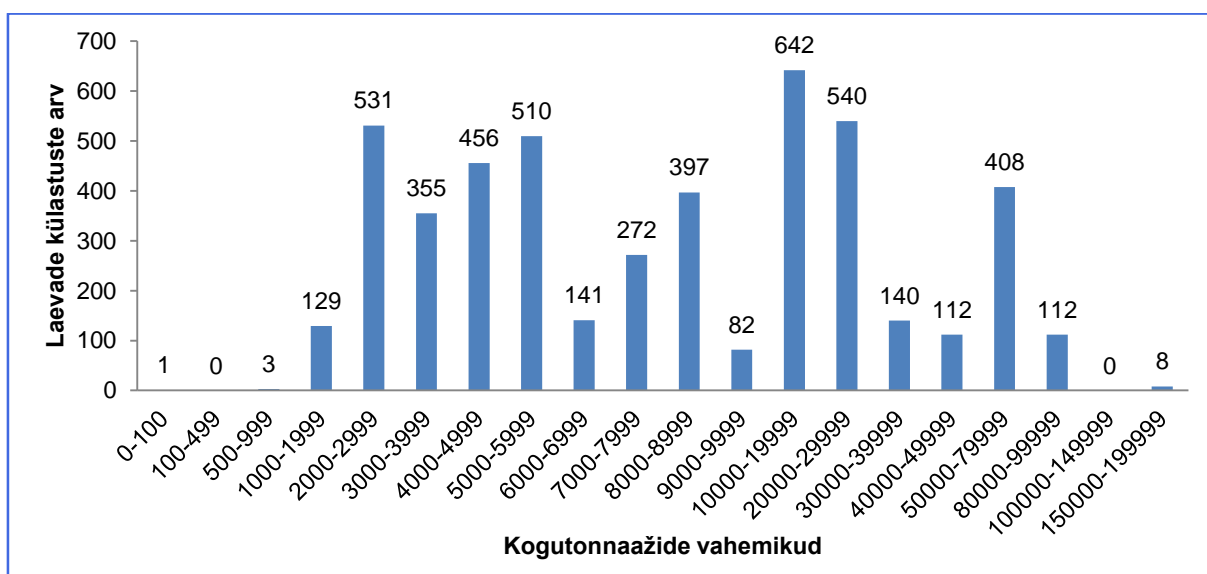
Joonis 1.7. Eesti sadamate reisilaevade külastuste summaarne kogumahutavus 2006-2013 (Koostatud Eurostati andmete põhjal, 14.01.2015)



1.3.2 Ülevaade laevade külastatavusest Eesti sadamates

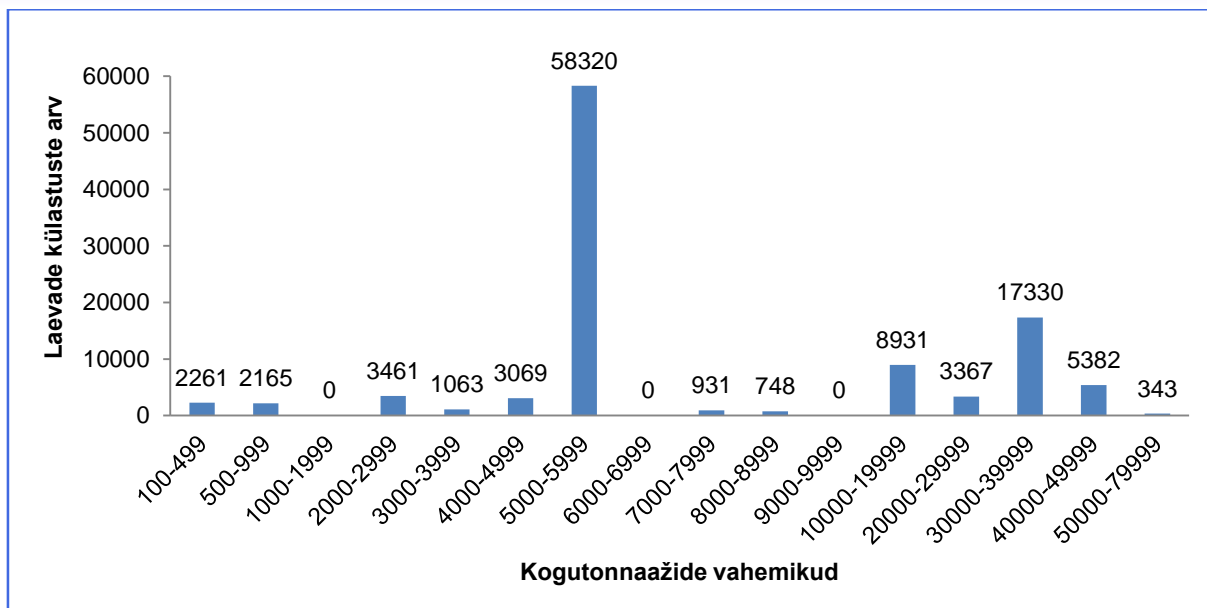
Käesoleva analüüsi eesmärgiks on välja selgitada Eesti sadamaid kõige iseloomulikuma kogumahutavusega külastatavad laevad erinevate laevatüüpide lõikes (tankerid, reisilaevad, puistlastilaevad, konteinerlaevad). Sarnaselt eelneva punktiga on selles teemas aluseks võetud Eurostati andmebaas tuginedes ainult Eestit puudutavale statistikale.

Eesti sadamaid on kõige sagedamini külastanud 10 000 – 19 999 kogumahutavusega tankerid (vt joonis 1.8). Jooniselt nähtub, et tankerite osas on Eestit külastavate laevade suurused kogumahutavusest lähtuvalt erinevad ning kaugele ei jää maha tankerid kogumahutavusega 20 000 – 29 999; 2000 – 2999 ja 5000 – 5999.



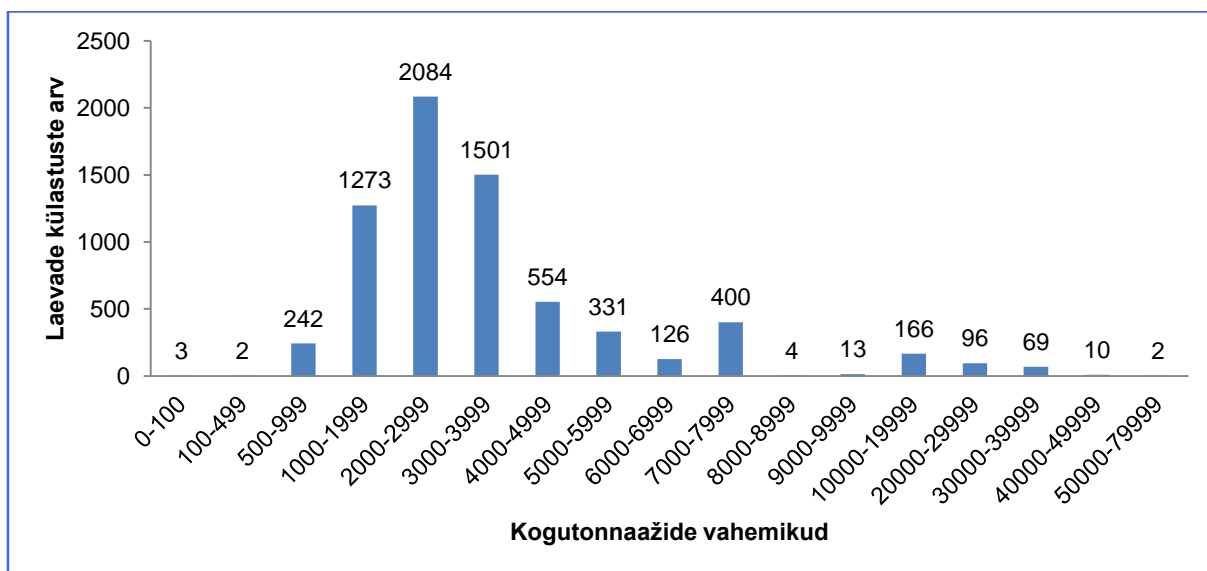
Joonis 1.8. Eesti sadamaid külastavate tankerite kogumahutavuste jaotus aastatel 2006 - 2013 (Koostatud Eurostati andmete põhjal, 18.12.2014)

Vaadates Eesti sadamaid külastavate reisilaevade suurust (joonis 1.9) on näha, et enim külastavad sadamaid laevad kogumahutavusega 5000 – 5999, mis on selgitatav mandri ja saartevahelise praamiühendusega liinidel Heltermaa – Rohuküla ja Virtsu – Kuivastu (Eurostat, 22. 12. 2014). Uuringu autorite hinnangul on oluline arvesse võtta ka Eesti sadamaid külastavad reisilaevad kogumahutavusega 30 000 – 39 999, mis opereerivad Eesti ja Soome vahelistel laevaliinidel, näiteks laevaettevõtte AS Tallinki laevad Star ja Superstar.



Joonis 1.9. Eesti sadamaid külastavate reisilaevade kogumahutavuste jaotus aastatel 2006 – 2013 (Koostatud Eurostati andmete põhjal, 18.12.2014)

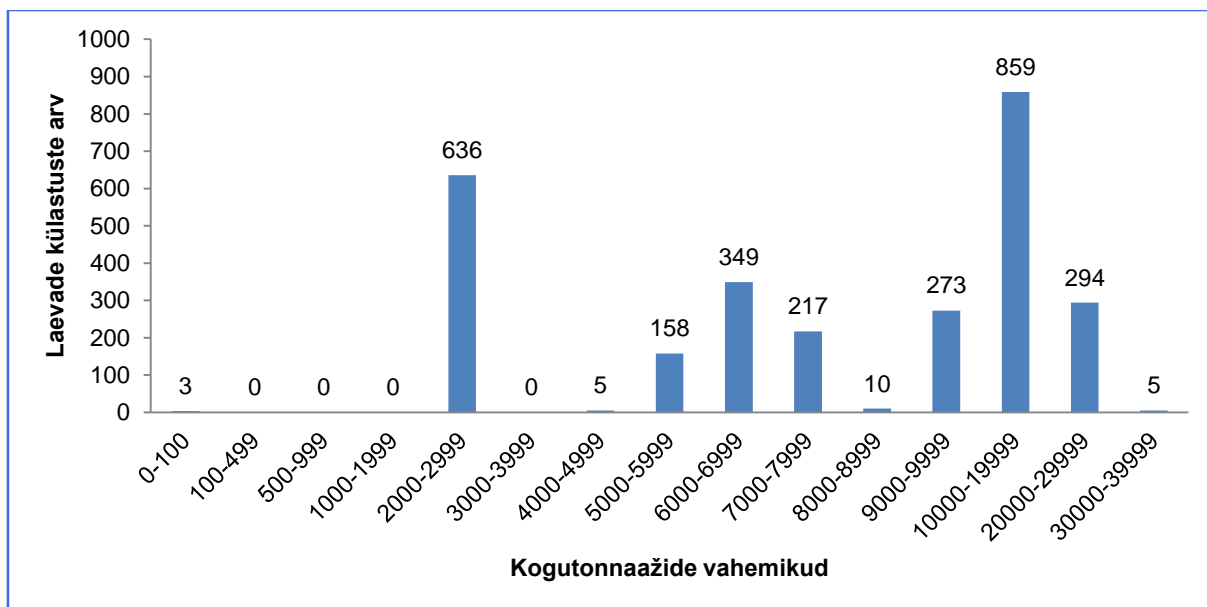
Puistlastilaevadest külastavad kõige enam Eesti sadamaid laevad kogumahutavusega 2000 – 2999, milledele järgnevad laevad kogumahutavusega 3000 – 3999 ja 1000 – 1999 (vt joonis 1.10).



Joonis 1.10. Eesti sadamaid külastavate puistlastilaevade kogumahutavuste jaotus aastatel 2006 – 2013 (Koostatud Eurostati andmete põhjal, 18.12.2014)



Sarnaselt tankerlaevadega külastavad Eesti sadamaid kõige enam konteinerlaevad kogumahutavusega 10 000 – 19 999 ning suurusjärgult teisele kohale jäävad 2000 – 2999 GT-ga laevad (vt joonis 1.11)



Joonis 1.11. Eesti sadamaid külastavate konteinerlaevade kogumahutavuste jaotus aastatel 2006 – 2013 (Koostatud Eurostati andmete põhjal, 18.12.2014)

Kõige sagedasemate kogumahutavustega laevad, mis külastavad Eesti sadamaid on erinevate laevatüüpide lõikes järgmised (vt joonis 1.8-1.11):

- reisilaevad 5000 – 5999 (mandri ja saartevaheline ühendus);
- reisilaevad 30 000 – 39 999 (peamiselt Eesti ja Soome vaheline reisilaeva ühendus);
- tankerid 10 000 – 19 999;
- puistlastilaevad 2000 – 2999;
- konteinerlaevad 10 000 – 19 999.

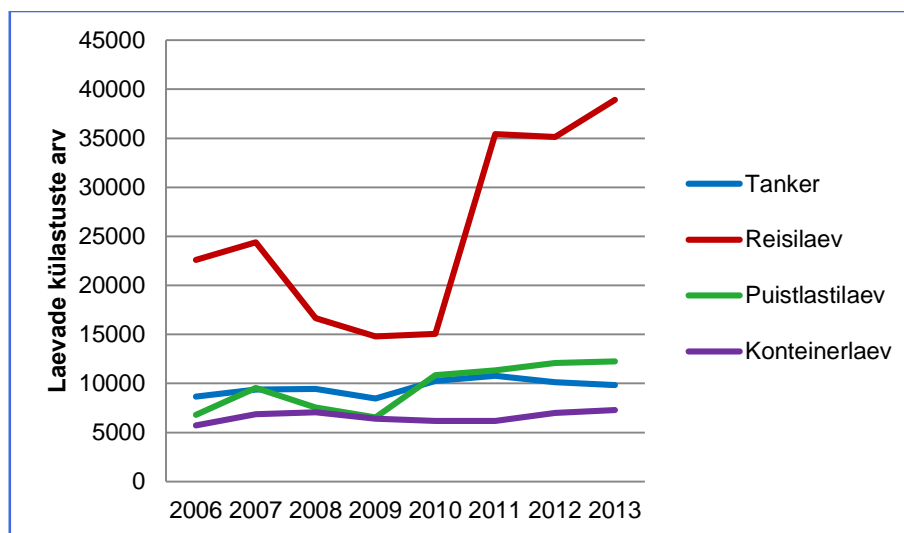
1.3.3 Ülevaade Läänemere laevaliiklusest

Käesoleva alapeatüki eesmärgiks on välja selgitada erinevate laevatüüpide lõikes peamise kogumahutavusega Läänemeres navigeerivad laevad, millest ülevaate andmiseks on kasutatud andmeallikana Eurostati elektroonilist andmebaasi.



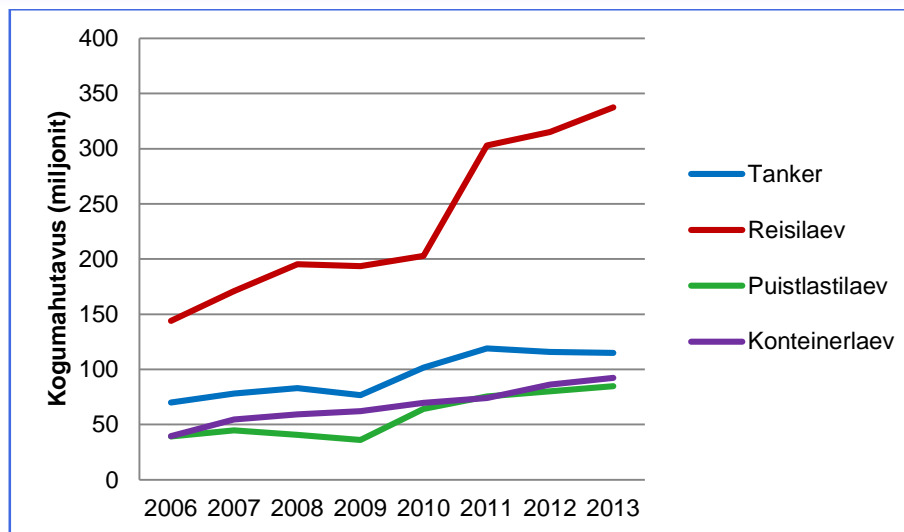
Aluseks võetud Läänemere ala, mis hõlmab andmemassiive Rootsi (Läänemere osa), Soome, Eesti, Läti, Leedu, Poola, Saksamaa (Läänemere osa) ja Taani (Rønne sadam Läänemeres) kohta ja ajavahemik 2006-2013. Eurostati dokumendi "Statistical requirements compendium" metoodika alajaotuses on defineeritud Kattegat ja Skagerrak Põhjamerere osana. Kuna Venemaa ei kuulu Euroopa Liitu, siis antud riigi kohta andmemassiivide info puudub.

Sarnaselt Eesti sadamaid külastatavate laevade eripäralt külastab Läänemere sadamaid üldiselt samuti kõige enam reisilaevasid, mis ilmestab Läänemere regiooni aktiivset reisilaevade liiklust erinevate riikide ja sadamate vahel (joonis 1.12 ja 1.13). Aastal 2011 on toimunud suur tõus reisilaevade külastuste (joonis 1.12) kui ka kogumahutavuste (joonis 1.13) osas statistiliste andmete esitamise iseärasustest lähtuvalt, kuna andmeid on hakatud esitama erinevate riikide sisese mandri ja saarevahelise ühenduse kohta.



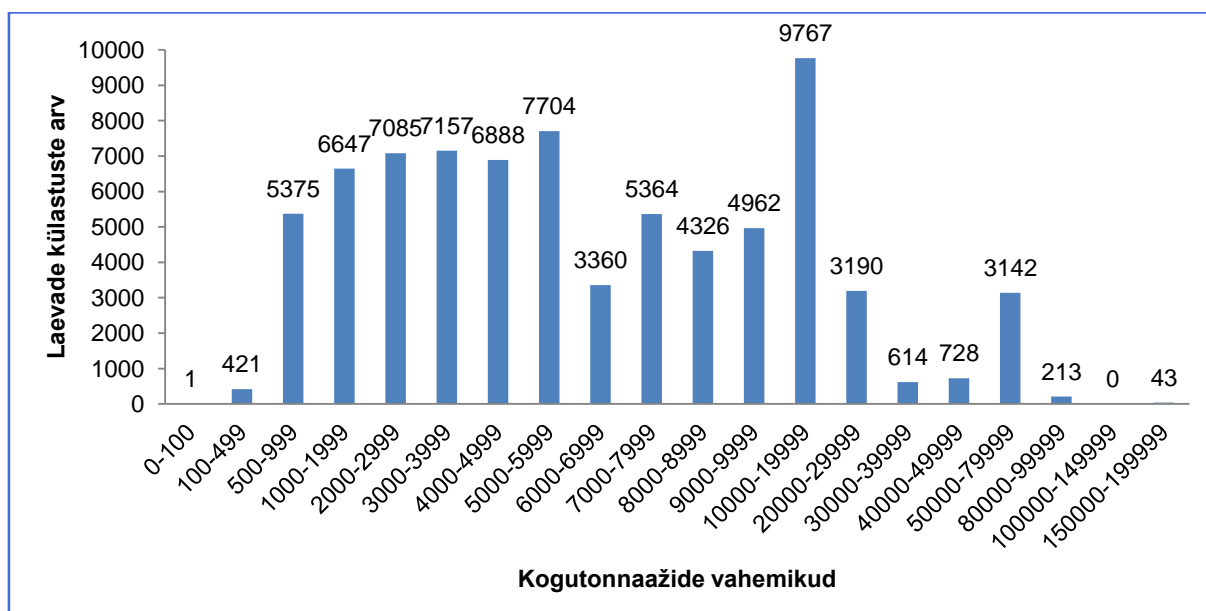
Joonis 1.12. Läänemere sadamaid (v.a. Venemaa) aastatel 2006 – 2013 külastatavate laevade külastuste arv kokku erinevate laevatüüpide lõikes (Koostatud Eurostati andmete põhjal, 27.11.2014)

Võttes vaatluse alla erinevate laevatüüpide külastuste arvu ja kogumahutavuste summa näeme, et tankerite ja konteinerlaevade puhul on külastuste arv väiksem võrreldes puistlastilaevadega, aga kogumahutavuste summa suurem, mis ilmestab selgelt tankerite ja konteinerlaevade suuremaid kogumahutavusi laeva kohta võrreldes puistlastilaevadega (joonis 1.12 ja 1.13).



Joonis 1.13. Läänemere sadamaid (v.a. Venemaa) aastatel 2006 – 2013 külstatavate laevade kogumahutavus kokku erinevate laevatüüpide lõikes (Koostatud Eurostati andmete põhjal, 27.11.2014)

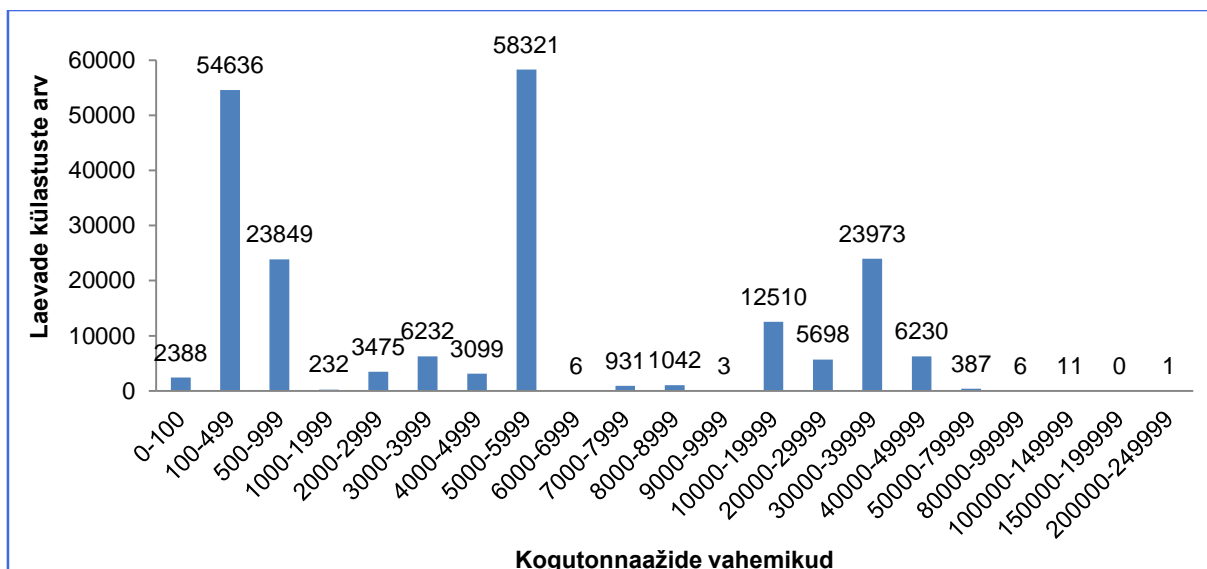
Läänemere üleselt külstatavad sagedamini sadamaid tankerlaevad (vt joonis 1.14) kogumahutavusega 10 000 – 19 999, kuid palju navigeerib Läänemere piirkonnas tankereid väiksema kogumahutavusega 1000 – 6000.



Joonis 1.14. Läänemere sadamaid külstatavate tankerite kogumahutavuste jaotus aastatel 2006 - 2013 (Koostatud Eurostati andmete põhjal, 27.11.2014)

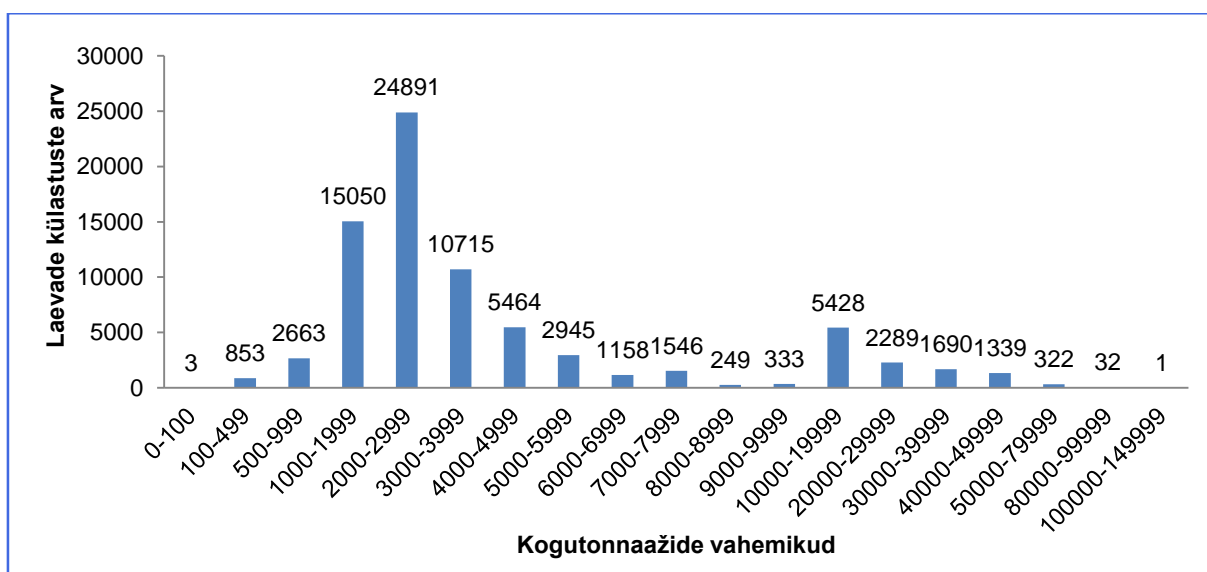


Läänemere üleselt külastavad sagedamini sadamaid reisilaevad (vt joonis 1.15) kogumahutavusega 5000 – 5999, kuid samas ka suuremad reisilaevad 30 000- 39 999 (joonis 1.9), mis suures osas opereerivad liinil Tallinn-Helsinki.



Joonis 1.15. Läänemere sadamaid külastavate reisilaevade kogumahutavuste jaotus aastatel 2006 - 2013 (Koostatud Eurostati andmete põhjal, 27.11.2014)

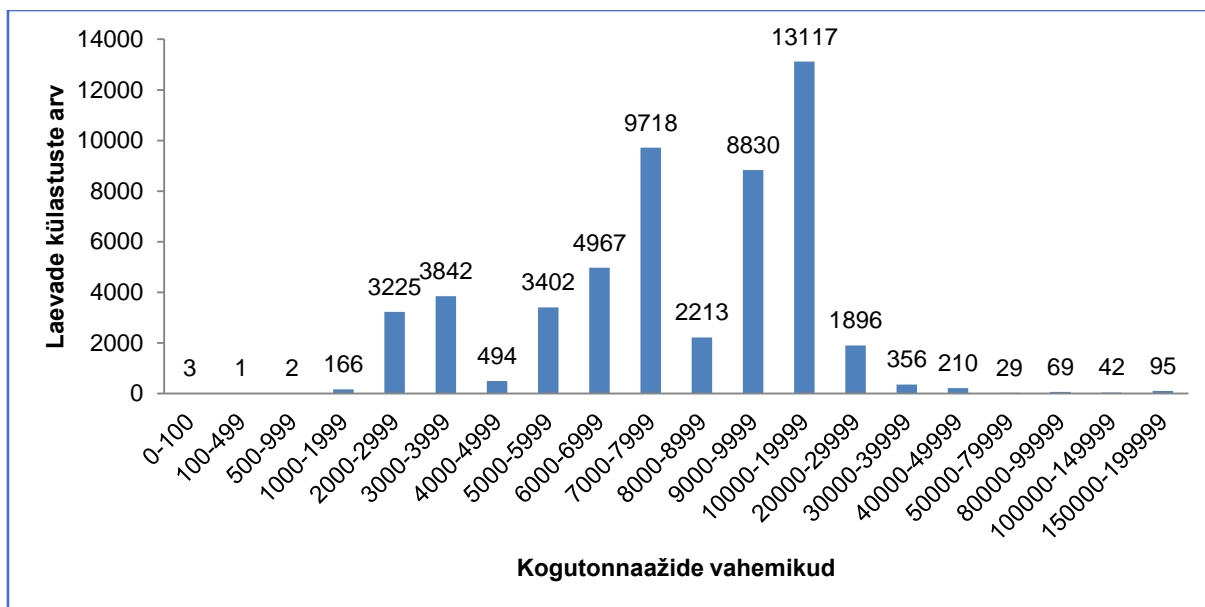
Puistlastilaevade puhul külastavad Läänemere sadamaid kõige sagedamini laevad (vt joonis 1.16) kogumahutavusega 2000- 2999.



Joonis 1.16. Läänemere sadamaid külastavate puistlastilaevade kogumahutavuste jaotus aastatel 2006 - 2013 (Koostatud Eurostati andmete põhjal, 01.12.2014)



Võttes vaatluse alla konteinerlaevade külastatavuse Läänemere sadamates saab järeldada, et kõige enam külastavad sadamaid (vt joonis 1.17) laevad kogumahutavusega 10 000 – 19 999.



Joonis 1.17. Läänemere sadamaid külastavate konteinerlaevade kogumahutavuste jaotus aastatel 2006 - 2013 (Koostatud Eurostati andmete põhjal, 27.11.2014)

Lähtudes Läänemere laevade külastatavuse erinevate laevatüüpide ja nende kogumahutavuste osas saab kinnitada, et nii Eesti kui ka Läänemere üleselt navigeerivad kõige sagedamini järgmised laevatüübid kogumahutavuste lõikes:

- reisilaevad 5000 – 5999;
- reisilaevad 30 000 – 39 999;
- tankerid 10 000 – 19 999;
- puistlastilaevad 2000 – 2999;
- konteinerlaevad 10 000 – 19 999.

1.3.4 Peamised laevanduse arengusuunad Eestis

Lähtudes Eesti laevanduse alamklastri müügitulude, laevaregistri merelaevade ning Eesti sadamate laevade külastatavuste näitajatest võib prognoosida Eesti laevanduse jätkuvat



tõusutrendi või püsimumist olemasoleval tasemel, mille eelduseks on stabiilne majandus- ning poliitiline olukord.

Tulenevalt IMO ja EL karmistunud keskkonnanõuetest laevandusele muutub laevandus kindlasti keskkonda vähem saastavaks võrreldes 2015 aastale eelnevate aastatega, mis omakorda suunab laevaomanikke võtma kasutusele erinevaid alternatiivseid lahendusi nagu laevakütuste MGO või LNG kasutamine ning laevade moderniseerimine skruuberitega, et saaks jätkuvalt kasutada kütust HFO.

Eesti laevaregistri areng sõltub suurel määral poliitilistest ja ametkondlikest otsustest, mis on peamiselt seotud Eesti laevaregistri konkurentsivõime suurendamisega ning laevanduse maksusüsteemi muutmisega selliselt, mis suunaks laevaomanikke tooma laevu Eesti lipu alla.

1.4 Laevandustegevuse arengut enim mõjutavad tegurid ja arengubarjäärid

Laevandus on olemuselt globaalne äri, mille tõttu ei konkureeri ettevõtted ainult oma riigi või majandusühenduse siseselt, vaid igal hetkel ka kogu maailma laevandusettevõtetega. Lisaks laevandusettevõtete vahelisele konkurentsile, teevad seda ka riigid keskendudes laevade registreerimise soodustamisega oma lipuriigi all. Eesti laevandus on üks osa maailma ja Läänemere laevandusest, millest tulenevalt on oluline esmase aspektina välja tuua järgmised **globaalsed asjaolud, mis omavad mõju Eesti laevandusele**:

- kooskõlastamata eeskirjad ja normid globaalsel tasandil, mis annab ühe piirkonna laevandusele suuremad eelised kui teisele;
- erinevad riigid ja vedajad ei järgi eeskirju ühtviisi, mida aitaks parandada sadamariigi kontrollsüsteem ja erinevad õigusaktid;
- üleilmsed ebavõrdsed veotingimused ning suletud turud, kuid olukorra parandamiseks on Maailma Kaubandusorganisatsioon (WTO) võtnud eesmärgiks sõlmida ülemaailmne kokkulepe;
- karmistunud merekeskkonnakaitse nõuded;
- hindade määramatus kütuse turul.



1.4.1 Laevandust mõjutavad merekeskkonnakaitse nõuded

Kaks kõige tugevamat aspekti, mis majanduslikus mõistes mõjutavad laevaomanikke ja laevandust tervikuna, on karmistunud merekeskkonna kaitse nõuded alates 1. jaanuar 2015. ja erinevate kütuseliikide (MGO, HFO ja LNG) hinnasuhe kütuseturul. Keskkonnaaspektist lähtuvalt on karmistunud nõuded positiivne suundumus, kuna rakendatavad meetmed on suunatud õhu kvaliteedi ja selle kaudu keskkonnatingimuste, sh inimeste tervise parandamisele, eriti just neile, kes elavad sadamalinnades ja mereäärsetes piirkondades.

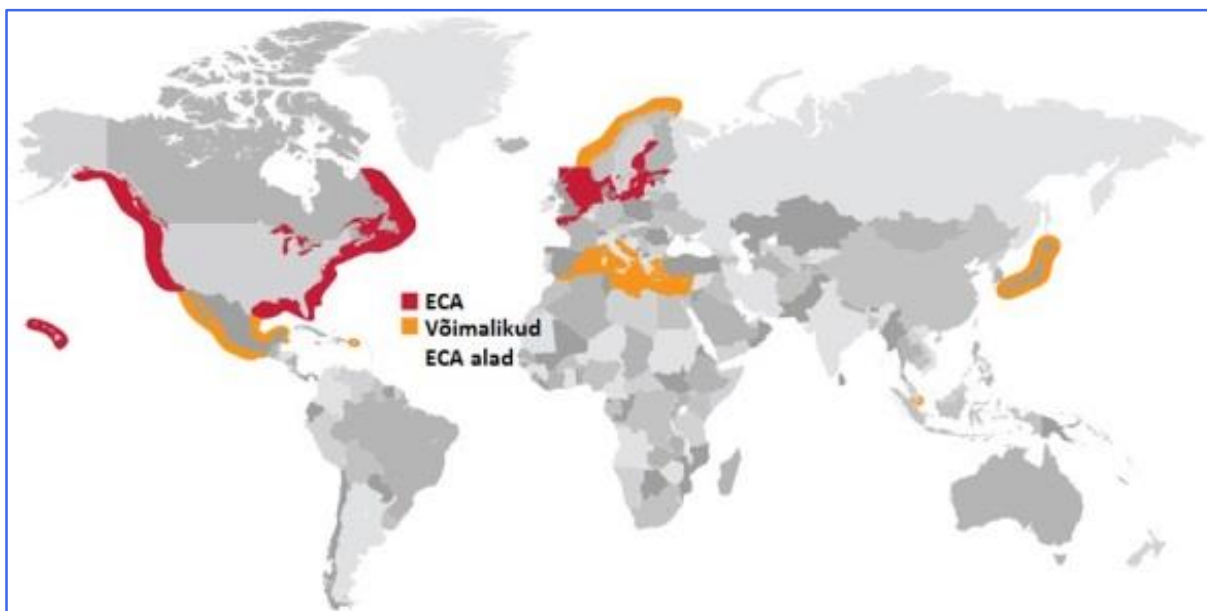
Atmosfäärireostust vääveloksiididega laevadelt hinnati 2007. aastal 16,2 miljonile tonnile, mis moodustas 3...5% globaalsest kogureostusest (Ship's emission...2008). Ehkki meretranspordist lähtuv SO_x reostuse osatähtsus globaalselt on vaid 3...5%, siis, arvestades, et 70% sõidu koguajast viibivad laevad vähem, kui 400 km kaugusel rannikust (Health risks of shipping...2009) on selle osatähtsus ja kahjulik mõju sadamates ja tiheda laevaliiklusega rannikulähedastel aladel kordades suurem.

Globaalsest atmosfääri emiteeritava NO_x kogusest moodustavad emissioonid laevadelt 13% (Hellén, Göran 2003). 2007. aastal hinnati nende kogust 25,8 miljonile tonnile (Ship's emission...2008).

Rahvusvaheline Merendusorganisatsioon (IMO) on rahvusvaheline merendusorganisatsioon Ühinenud Rahvusvaheline Organisatsiooni (ÜRO) juures, mis tegeleb rahvusvahelise koostööga nii valitsuste tasandil kui ka koostöös tööstusharu esindajatega, et edendada meresõidu ohutust ja vältida merereostust. Merereostuse vältimise reeglid on koondatud rahvusvahelisse konventsiooni merereostuse vältimiseks laevadelt ning tuntud kui MARPOL 73/78 (MARPOL). Konventsioon võeti vastu 1973. aastal ja seda täiendati protokolliga 1978. aastal. 1997. aastal kinnitati MARPOLi konventsioonile lisa VI, mis käsitleb õhusaastet laevadelt ning seab piirangud laevade NO_x ja SO_x emissioonidele ja keelab osoonikihti kahandavate ainete tahtliku õhku paiskamise.



MARPOLi lisa VI kehtestab emissiooni ja kütuse kvaliteedinõuded ühelt poolt globaalselt ning teiselt poolt karmimad nõuded heitkoguste kontrollaladele (Emission Control Areas - ECA) (vt joonis 1.18). Heitkoguste kontrollala võib kehtestada SO_x ja PM või NO_x või kõigi kolme emissioonitüübi osas.



Joonis 1.18. Olemasolevad ja plaanitavad heitkoguste kontrollalad (Allikas: Du Pont 2015, kohandatud autori poolt)

Enne 2010. aastat sätestas MARPOLi lisa VI piirmäärad kütuse väävlisisaldusele 1,5% massi järgi ning kehtestas SO_x heitkoguste piirangualad (SECA), millest kõige esimene SECA piirkond oli alates 19. maist 2006 Läänemeri. Põhjameri ja Inglise kanal kehtestati SECA piirkonnaks alates 22. november 2007. (Exhaust Gas...2008)

Alltoodud tabelis 1.1 on toodud IMO kavandatud meetmed SO_x emissioonide vähendamiseks laevadelt nii SECA aladel kui globaalselt. Kui 1. jaanuarist 2015 kehtestatud laevakütuste väävlisisalduse piirang 0,1% (või sellega võrdväärsete SO_x vähendamist tagavate tehniliste meetmete rakendamine) SECA aladel puudutab vaid piiratud hulka laevu, siis 2020. aastast kavandatav laevakütuste väävlisisalduse piiramine globaalselt 0,5% peaks kaasa tooma võimsa stiimuli LNG kiiremaks kasutuselevõtmiseks. Selle peamiseks põhjuseks on nõudluse



mitmekordne suurenemine madala väävlisisaldusega vedelkütuste järele, mis on probleemiks kütusetootjatele ja millega kaasneb paratamatu vedelkütuste hinnatõus.

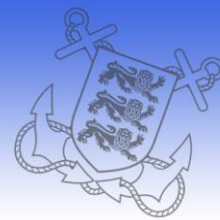
Tabel 1.1. IMO poolt kehtestatud laevakütuste väävlisisalduse piirnormid (Exhaust Gas...2008, kohandatud autorite poolt).

Rakendusaeg	SECA alad	Globaalselt	Skruuberid
Enne 01.03.2010	1,5%	4,5%	Ainult SECA-des
01.03.2010	1.0%		3,5%
2012			
2015	0.1%	Läbivaatus vastavalt 2020. a kütuseolukorrale	
2018			
2020			
2025		0,5%, HFO lubatud	

SECA moodustab 0.3% kogu maailma veelast ning ei hõlma endas teisi Euroopa tiheda laevaliiklusega veelastid nagu Iiri meri, Vahemeri, Norra meri ja Must meri. Seetõttu on vastavalt MARPOLi lisadele III ja VI plaanis tulevikus kehtestada SECA uusi piirkondasid juhitudes kindlatest kriteeriumitest ja protseduuridest.

IMO MARPOL lisa VI sätteid toetab Euroopa Liidu direktiiv 2012/33/EU, mis on direktiivi 1999/32/EC täiendus ning mis seab piirangud kütuste väävlisisaldusele sarnaselt eelpool toodule. Direktiivi artikkel 4c võimaldab liikmesriikidel lubada laevadel alternatiivse lahendusena kasutada heakskiidetud heitkoguste vähendamise tehnoloogiaid, eeldusel et need laevad:

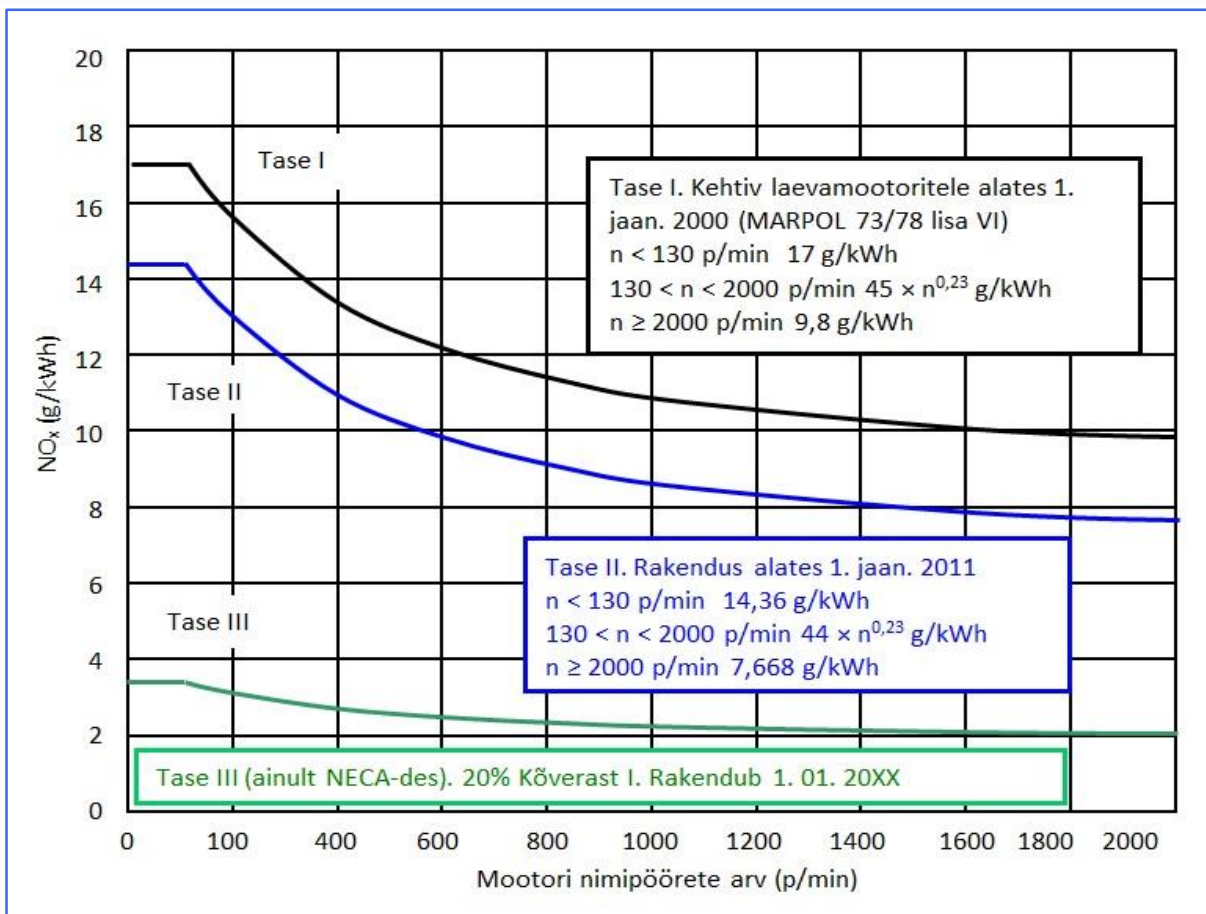
- jätkuvalt saavutavad heitkoguste vähendamise, mis oleks vähemalt võrdväärne heitkoguste vähendamisega, mis saavutatakse direktiiviga kehtestatud kütuste väävlisisalduse piirmäärade abil;
- omavad heitmete pideva jälgimise seadmeid ja
- dokumenteerivad põhjalikult kõik suletud sadamates ja jõgede suudmetes välja lastavad jäätmevood vastavalt sadamariikide võimude poolt kehtestatud ja IMO-le teatatud kriteeriumitele, mis peavad vältima jäätmete mõju ökosüsteemidele.



Tuleb silmas pidada, et väävel esineb vedelkütustes põhiliselt vaba väävlina. Kuna väävel on põlevaine, põleb see paratamatult koos kütuse teiste põlevkomponentidega, moodustades vääveloksiide (95% neist SO₂) (Hellén, Göran 2003). Nende sisaldus väljalaskegaasides on võrdeline kütuse väävlisisaldusega ja kütusekogusega ajaühikus ning mitte mingisugused mootori tööprotsessi modifitseerimise meetodid vääveloksiidide sisaldust väljalaskegaasides ei mõjuta. Seega ainsad võimalused tagada väävlidirektiivi nõuete täitmist on kas kasutada madala väävlisisaldusega kütuseid (MGO 0,1% S, LNG 0%S) või jätkata väävlirikaste raskekütuste kasutamist koos väljalaskegaaside järelpuhastamisega skruuberite abil.

IMO NO_x emissioonide piirmäärad on jagatud kolmeks tasemeks – tase I, tase II ja tase III. Taseme I standardid kehtestati 1997 aasta MARPOL lisas VI ja tase II/III kinnitati IMO Merekeskkonnakaitse Komitee poolt oktoobris 2008 (vt joonis 1.19).

NO_x taseme I määramisel võeti aluseks möödunud sajandi lõpukümnenndil tehtud mõõdistamised erinevate peamasinatega laevadel, millelt mõõdetud NO_x tasemetest võeti keskmine, vähendati 30% ja anti saadud kõverale matemaatiline kuju. See rakendus 2005. aastal tagasiulatuvalt peale 1. jaanuari 2000 ehitatud laevade diiselmootoritele võimsusega üle 130 kW. 1. jaanuarist 2011 rakendunud taseme II NO_x piirmäärad on võrreldes tasemega I vähendatud keskmiselt 20% ja lähitulevikus ainult eritsoonides rakenduva taseme III piirmäärad keskmiselt 80%. Taseme III rakendumisaeg ja eritsoonid on hetkel veel täpsustamisel, kuid ilmselt satuvad eritsoonidesse ka praegused SECA alad. Kui tasemed I ja II on saavutatavad põlemisprotsessi mõjutamise teel erinevate meetoditega, siis taseme III saavutamine diiselmootoritel on teadaolevatest tehnoloogiatest võimalik ainult väljalaskegaaside järelpuhastamise teel nn. selektiivsete katalüsaatoritega (SCR). (Exhaust Gas...2008)



Joonis 1.19. NO_x lubatud piirsisaldus laevadiislite väljalaskegaasides (Kohandatud autorite poolt) (Exhaust Gas...2008)

Atmosfäärireostus lämmastikoksiididega (NO_x) on diiselmootorite tööprotsessi iseloomulik ja paratamatu kaasnähtus. NO_x tekkeallikas on kütuse põletamiseks vajaliku õhu koostisest ligi 80 mahuprotsenti moodustav lämmastik N₂. N₂ on praktiliselt inertne keemiline ühend temperatuurini 1700 K. Diiselmootorit iseloomustavad kõrged tööprotsessi parameetrid, sh maksimaalne temperatuur silindris (2000...2300 K), mis tagab küll mootori ökonoomsuse, kuid muudab lämmastikoksiidide tekkimise paratamatuks kahjulikuks kaasnähtuseks. Uuringud näitavad, et temperatuuri tõusuga üle 1700 K suureneb õhulämmastiku arvel tekkiva NO_x sisaldus väljalaskegaasides eksponentsiaalselt, näiteks temperatuuride 1700 K, 2000 K ja 2500 K mõjumisel 1 ms jooksul moodustuva NO_x hulgad on vastavalt 0,1; 20 ja 10 000 ppm (Kilppinen 2003). „Rusikareegli“ järgi mõjutab diiselmootori tööprotsessi maksimaalsete temperatuuride piirkonnas temperatuuri muutumine iga 100 °C võrra NO_x sisaldust u 3 korda.



NO_x sisalduse sõltuvus on ligikaudu võrdeline kõrge temperatuuri toimeajaga. Et põlemisprotsessi ajaline kestus silindris sõltub mootori pöörete arvust, on muude tingimuste samadel väärtustel väljalaskegaaside NO_x sisaldus suurim aeglase pööretega (60...120 p/min) peamasinatel ja vähim kiirekäigulistel (1500...2000 p/min) pea- ja abimasinatel (*ibid.*)

Lisaks eelnevalt kehtestatud SECA piirkondadele võtsid MARPOL konventsiooni osapooled IMO Merekeskkonnakaitse Komitee 62. kohtumisel 11.-15. juulil 2011 Londonis vastu ülemaailmselt siduva meetme vähendada rahvusvahelise meretranspordi poolt tekitavat CO₂ emissiooni ning täiustada uute laevade energiatõhusust. Selleks hakatakse uutele laevadele kohaldama Energia Tõhususe Disaini Indeksit (Energy Efficiency Design Index – EEDI). MARPOL konventsiooni protokollis lisa VI, mis käsitleb õhusaastet laevadelt, täiendati uue peatükiga 4. (IMO 2011)

EEDI muutub kohustuslikuks alates 2015. aastast. EEDI seab tehnilise standardi kindla kategooriaga uute laevade energiatõhususe täiustamiseks, mis vähendab aastaks 2030 CO₂ kogust umbes 25-30% võrra. Indeksit kohaldatakse suuremale osale maailma kaubalaevastikust, mis oodatavalt katab 70% uute laevade emissioonist. (IMO 2011)

Eesti liitus MARPOL 73/78 konventsiooni ja selle lisadega I-V 1992. aastal ja lisaga VI 2007. aastal (Veeteede Amet 2015b).

1.4.2 Laevandust mõjutavad riiklikud tegurid ja arengubarjäärid

Arvestades Eesti soodsat geograafilist asukohta ja ajaloolist tausta on olemas kõik eeldused, et olla kõrge kvaliteediga merendusriik. Juhindudes Eesti merenduspoliitikast 2012 – 2020 sõltub Eesti laevanduse konkurentsivõime kahest aspektist: üksikute laevandusettevõtete konkurentsivõimest ning Eesti laevaregistri konkurentsivõimest.

Laevanduse arengu puhul ei peaks keskenduma üksikute ettevõtete edu saavutamisele, vaid tuleks laevandust vaadelda laiema tervikuna ning arendada selliselt, et merenduse alamklastrite areng moodustaks ühtsema terviku ning toetaks laevanduse alamklastri arengut ning vastupidi - laevanduse alamklastri areng toetaks muude merenduse



alamklastrite arengut. Üldiselt võib nimetada laevandust merenduse arengu käimapanevaks jõuks, mille ümber koonduvad muud tegevused nagu sadamad, merendusala teenindus, turism jne.

Laevandust mõjutavad mitmed kaudsed tegurid nagu globaalne majandus ja merekeskkonnakaitse nõuded, mille osas riik otseselt sekkuda ei saa, kuid on mitmeid riiklike tegureid, mille läbimõeldud kasutamisel on võimalik laevanduse jätkuvat arengut toetada. **Olulisematest riiklikest teguritest, mis mõjutavad laevandust võib välja tuua järgmist:**

- merenduspoliitika ning selle rakendamine;
- maksusüsteem;
- laevaregistri konkurentsivõime ja töökorraldus;
- laevandusettevõtete (sh. tööjõukulude) maksustamine.

Tegureid, mis mõjutavad laevanduse arenguid on mitmeid ning tuginedes erinevatele laevanduse arengut käsitletavatele magistritöödele (Dmitrijeva 2012, Naaber 2014), Eesti merenduspoliitikale (2012) ja autorite hinnangule võib välja tuua järgmised **riiklikud arengubarjäärid:**

- ühtse ja tugeva merendusklasteri puudumine;
- merenduspoliitika sihipärase ja süsteemse rakendamise vähene efektiivsus;
- riikliku ja erasektori ebapiisav omavahelise koostöö merendussektori arendamisel;
- Eesti laevaregistri vähene konkurentsivõime, mis ei motiveeri laevaomanikke tooma laevu Eesti lipu alla.



Läänemere ning Eesti sadamaid külastavad kõige sagedamini erinevate laevatüüpide lõikes järgmiste kogumahutavustega laevad:

- reisilaevad 5000 – 5999;
- reisilaevad (30 000 – 39 999);
- tankerid 10 000 – 19 999;
- puistlastilaevad 2000 – 2999;
- konteinerlaevad 10 000 – 19 999.

Laevanduse peamised arengusuunad

Peamiseks arengusuunaks laevanduses nii globaalselt kui Eestis on kujunenud keskkonda säästvate lahenduste kasutamine lähtuvalt nii otseselt kahjulike atmosfääriemissioonide (SO_x, NO_x, PM) kui ka globaalseid kliimamuutusi mõjutavate kasvuhoonegaaside (CO₂) koguste otsustava piiramise vajadustest.

Laevandustegevuse arengut enim mõjutavad tegurid ja arengubarjäärid

Globaalsed tegurid:

- kooskõlastamata eeskirjad ja normid globaalsel tasandil, mis annab ühe piirkonna laevandusele suuremad eelised kui teisele;
- erinevad riigid ja vedajad ei järgi eeskirju ühtviisi, mida aitaks parandada sadamariigi kontrollsüsteem ja erinevad õigusaktid;
- üleilmsed ebavõrdsed veotingimused ning suletud turud, kuid olukorra parandamiseks on WTO võtnud eesmärgiks sõlmida ülemaailmne kokkulepe;
- karmistunud merekeskkonnakaitse nõuded;
- hindade määramatus kütuseturul.

Riiklikud tegurid:

- merenduspoliitika ning selle rakendamine;
- maksusüsteem;
- laevaregistri konkurentsivõime ja töökorraldus;
- laevandusettevõtete (sh. tööjõukulude) maksustamine.

Riiklikud arengubarjäärid:

- ühtse ja tugeva merendusklatri puudumine;
- merenduspoliitika sihipärase ja süsteemse rakendamise vähene efektiivsus;
- riikliku ja erasektori ebapiisav omavahelise koostöö merendussektori arendamisel;
- Eesti laevaregistri vähene konkurentsivõime, mis ei motiveeri laevaomanikke tooma laevu Eesti lipu alla.



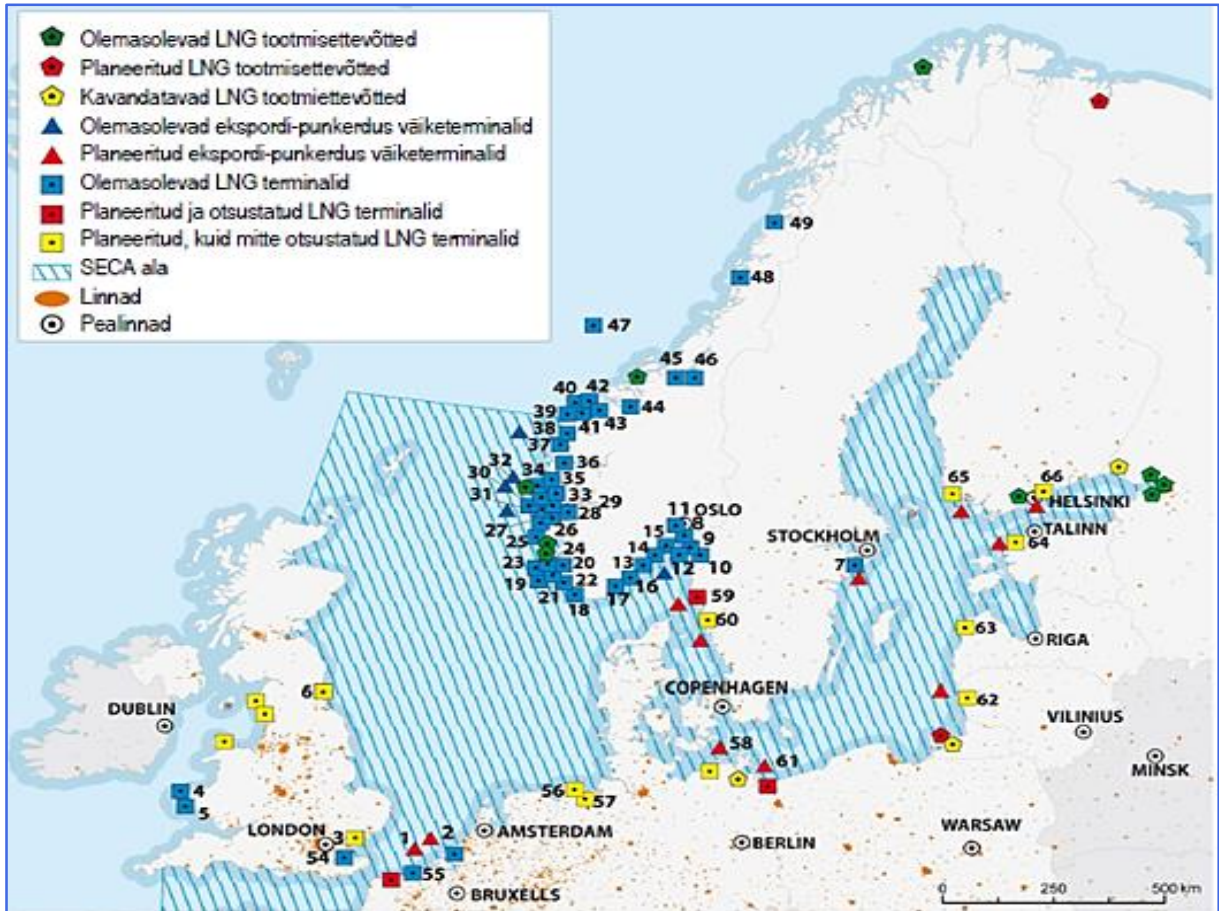
2. LNG LAEVAKÜTUSENA KASUTUSELEVÖTU POTENTIAALI HINDAMINE

LNG laevakütuse kasutamine on globaalselt ning Läänemere regioonis uus arengusuund, millele on tõuke andnud kehtestatud karmimad merekeskkonnakaitse nõuded. Käesolevas peatükis antakse ülevaade LNG laiemast kasutuse olukorrast Läänemere piirkonnas, LNG laevakütuse kasutamise tehnilistest aspektidest, selle eelistest ja puudustest ning analüüsitakse olemasolevate laevade moderniseerimise majanduslikku teostavust. Lõpetuseks käsitletakse Eesti LNG infrastruktuuri hetkeseisu ja arenguplaane, maagaasi kasutuse olukorda ning lähiplaane LNG infrastruktuuri arengutes.

2.1 LNG terminalide arengust Läänemere piirkonnas

1.01.2015 IMO ja EL poolt rakendatud piirangud SECA aladel vääveloksiidide emissiooni vähendamiseks laevadelt sunnivad laevaomanikke ja –operaatoreid rakendama meetmeid nende nõuete täitmiseks. Tugevalt mõjutas seda 01.03.2010 kehtestatud kütuste väävlisalduse vähendamine SECA-des 1,5%-li 1%-ni. Kui näiteks 2008. a paisati Läänemerel laevadelt atmosfääri 135 000 t vääveloksiide (Danish Maritime Authority 2012), siis 2013. aastal oli laevadelt lähtuv SO_x emissioon Läänemeres võrreldes 2008 aastaga vähenenud u. 40% ehk 80 200 tonnini (Jalkanen, Johansson 2014)

Radikaalne meede seatud eesmärkide tagamiseks on üleminek maagaasi kui kõige puhtama fossiilkütuse kasutamisele, kuid selle meetme praktilise rakendamise vältimatu eeldus on vajaliku infrastruktuuri – LNG terminalide ja punkerdamisjaamade võrgustiku väljaarendamine SECA regioonis, sh Läänemere sadamates. Euroopa Komisjoni poolt juba 1996. aastal käivitatud ja pidevalt uuendatud Üleeuroopalise Transpordivõrgustiku TEN-T meretransporti hõlmav osa näeb ette ka LNG infrastruktuuri väljaarendamist (Danish Maritime Authority 2012).



Joonis 2.1. LNG infrastruktuuri üksuste paiknemine Põhja-Euroopas (Danish Maritime Authority 2012, kohandatud autorite poolt)

Joonisel 2.1 on olemasolevate, planeeritud ja kavandatavate LNG infrastruktuuri üksuste paiknemine Põhja-Euroopas seisuga 2012.a. 2015. aastaks pole eriti midagi muutunud, v.a. 2014. a. lisandunud Klaipeda LNG ujuvterminal, millele lisaks tegutseb Läänemeres siiani vaid üks väiketerminal ja punkerdusjaam Rootsis Stockholmi lähedal. Hetkel on Läänemeres LNG terminale piiratud arv, kuid lähiajal on mitmed arendajad plaaninud LNG terminalide ja punkerdusjaamade arendamist.

2.1.1 LNG tootmine

Enamik maailma LNG tootmisvõimsustest paikneb väljaspool Euroopat ja LNG transporditakse Põhja-Euroopa suurtesse importterminalidesse Belgias, Hollandis, Ühendkuningriigis, Rootsis ja Norras suurte LNG tankeritega. Põhja-Euroopas on hetkel 9



maagaasi veeldamistehast aastase tootmismahuga kokku 4,8 mln t, neist viis Norras, üks Soomes ja kolm Venemaal St. Peterburi lähedal. Välja arvatud Melköya Norras tootmisvõimsusega 4,3 mln t/aastas, on ülejäänud väikesed veeldamisjaamad aastatoodanguga vahemikus 2500 kuni 300 000 t. Aastaks 2020 prognoositakse LNG tootmismahu suurenemist Põhja-Euroopas 13,5 mln t aastas pärast Euroopa suurima, Gazprom'i poolt Štokman-Teriberkas Murmanski lähedal kavandatava LNG veeldamistehase (7,5 mln t/a) ja veel paari väikese ja keskmise toodanguga veeldamisjaama käikuandmist Viiburis ja Kaliningradis. Nende plaanide peamine eesmärk on laevandussektori varustamine LNG-ga. (Danish Maritime Authority 2012)

2.1.2 LNG importterminalid

Olemasoleva ja enamiku lähiperspektiivis kavandatavate LNG importterminalide paigutus on tugevalt seotud maagaasi jaotusvõrgustikuga, sest LNG importterminalide peaülesanne on gaasivõrkude varustamine maagaasiga, et tagada võimalused Euroopa riikide gaasinõudluse rahuldamiseks juhtudel, kui regiooni enda gaasiresursid vähenevad, et parandada varustuskindlust maagaasiga ja mitmekesistada hankeallikate valikuid. Eriti prioriteetne on see Läänemere idakalda riikide, sh. Eesti jaoks, mis kõik sõltuvad täna ainult ühest gaasitarbijast. Importterminalid on seetõttu suured, statsionaarsete mahutitega kogumahutavusega reeglina $>100\,000\text{ m}^3$ ning nende täitmine toimub suurte LNG tankerite ($100\,000\text{...}270\,000\text{ m}^3$) abil. (*Ibid*)

2.1.3 Vaheterminalid

Kuna suuri LNG importterminale on vaid piiratud arvul ja need saavad olla ainult üksikutes suurtes sadamates, nõuab LNG tarneahel importterminalist lõpptarbijani, sh. laevani reeglina mitut vaheastet (*Ibid*).

Neist tähtsaimad on LNG vaheterminalid, mis on hädavajalikud juhtudel, kui importterminali kaugus punkerdamiskohast ületab majandusliku otstarbekuse piiri LNG transportimiseks tehtavate kulutuste järgi. LNG punkerlaevade jaoks peetakse selleks piiriks kuni 100



meremiili, tankerautode jaoks 350...600 km. Vaheterminalid laevade punkerdamiseks LNG-ga on üldjuhul keskmiste (10 000...100 000 m³) või väikeste (<10 000 m³) mahutavustega. Vaheterminalide suurus võib seega varieeruda laiades piirides. Suurtes sadamates, kus punkerdatavate laevade suurus, arv ja LNG käitlemismahud on suured, võivad vaheterminalid olla mahutavusega isegi kuni 100 000 m³. Samas, kui väikesi kalalaevu või sadamapuksereid teenindavate terminalide vajalik mahutavus võib piirduda nt. vaid 50 m³-ga. Suuremates vaheterminalides kasutatakse LNG hoidmiseks sageli statsionaarseid LNG tanke, kuid kasutamist leiavad ka nt LNG konteinerid ja standardsed, nt C3 tüüpi krüogeensed mahutid. Kuid lisaks statsionaarsetele, kaldal paiknevatele vaheterminalidele, võib vaheterminalidena kasutada ka ujumahuteid – laevu või pargaseid. Ujuvterminalide eelisteks on madalamad investeeringukulud, lihtsamad võimalused sobiva asukoha leidmiseks ja võimalus vajadusel ümber paigutada mujale, mis annab neile suurema paindlikkuse. (*Ibid*)

2.1.4 Väikesed ja keskmised LNG tankerid

Väikesi ja keskmisi LNG tankereid kasutatakse LNG transportimiseks suurtest importterminalidest vaheterminalidesse ja laevade punkerdamiseks. Neid laevu liigitatakse jaotustankeriteks (LNG feeder vessel) ja punkerlaevadeks ning LNG-d saab transportida kas iseliikuvate või pukseeritavate pargastega. (*Ibid*)

Jaotustankerite peamine otstarve on LNG regionaalne jaotamine importterminalidest tarbijateni, sh vaheterminalide varustamine, kuid neid on otstarbekas kasutada suurte LNG-l töötavate laevade punkerdamiseks. Jaotustankerite mõõtmed ja mahutavus sõltuvad turunõudlusest ning sadamate ja punkerdamiskohtade füüsilistest piirangutest (süvis, kai mõõtmed jpm). Tüüpiline LNG jaotustankerite lastimahutavus on 7 000...20 000 m³. (*Ibid*)

Punkerlaevad on jaotustankeritest väiksemad ja kergemini manööverdatavad sadamates, mahutavustega 1 000...10 000 m³. Neid kasutatakse LNG-d kütusena kasutatavate laevade punkerdamiseks sadamates või väljaspool. Punkerlaevade arv on hetkel väike, kuid vastavalt LNG kasutuselevõtule meretranspordis on oodata nende arvu kiiret suurenemist. (*Ibid*)



2.1.5 LNG tankautod

Spetsiaalseid krüogeensete LNG mahutitega varustatud veoautosid kasutatakse LNG regionaalseks jaotamiseks nt. importterminalide naabruses paiknevate tööstusettevõtete ja lähisadamate varustamiseks kui ka sadamasiseste LNG vedude tegemiseks ning laevade punkerdamiseks. Tankautosid kasutatakse ka gaasijaotusvõrkudega mitteühendatud tarbijate varustamiseks LNG-ga importterminalidest või maagaasi veeldamisjaamadest. Laialdaselt kasutatakse LNG transportimist LNG tankautodega Norras, Rootsis, Soomes, Belgias, Saksamaal, Hollandis, Poolas, Hispaanias ja Venemaal. LNG tankautode mahutavus on 40...80 m³. (*Ibid*)

Vastavalt Majandus- ja Kommunikatsiooniministeriumi määrusele nr. 42 13.06. 2011. a. Lisa 1 „Mootorsõiduki ja selle haagise tehnonõuded ning nõuded varustusele“ kehtestatud piirangutele on Eesti teedel lubatud sõita veokitel veosega kuni 20 t (normatiividega lubatud maksimaalne teljekoormus 10 tonni, mis vastab 53-56 m³ LNG tankautole). Tankauto tühjendamise aeg ei ole märkimisväärne, ca 0,5-1 tundi, ning sõltuvalt tarnitavast kogusest saab veokit tühjendada ka osaliselt ja mahuti täitmise ajal on gaasi tarbimine lubatud (Siirde et al. 2012).

2.2 LNG kütuse kasutamise hetkeolukord Eestis ja teistes Läänemere äärsetes riikides

Märtsis 2014 jõuti LNG kui laevakütuse kasutamisel juubelihõngulise numbrini - sõlmiti sajas leping LNG-d põhikütusena kasutava laeva ehitamiseks. Selleks hetkeks oli neist maailmas eksploatatsioonis 48 laeva (90% Norras) ja 52 projekteerimisel või ehitamisel, millest 20 pidid valmima 2014. Aastal. Nende hulka pole arvatud LNG tankerid, mida on ligi 400 ja mis on aastakümned kasutanud põhikütusena veetava lasti aurumisel tekkivat maagaasi (We have reached ... 2014). Seega on põhjust arvata, et praegusel hetkel on maailmas lisaks LNG tankeritele üle 60 opereeriva LNG-laeva, mis maailma kaubalaevastiku ligikaudu 110 000 laevast Lloyd's Register of Ships andmetel 2014. a. seisuga (Lloyd's Register of Ships 2014) moodustab vaid 0,06%.



LNG kasutamine on Eestis seni praktiliselt olematu. Ehkki elektri- ja soojatootmises on maagaasi osakaal suurim, moodustades ligi 40%, on tegemist valdavalt nn torugaasiga, mis tähendab püsiühendust statsionaarse gaasijaotusvõrguga (Siirde et al. 2012). Esimesena Balti maades hakkas alates 2014. a. juunist LNG-d katlakütusena kasutama Saaremaa Piimatööstus (Kalmus 2014)

Eesti ja Eesti vetes sõitvad välisriikide laevad töötavad praegu eranditult naftast toodetud vedelkütustel. Selles osas sarnaneb Eesti teiste Euroopa riikidega. Globaalselt on erandiks Norra, kus on oma maagaasitööstus alates gaasi tootmisest avamere puurimisplatvormidel, mitu maagaasi veeldamistehast (sh. Euroopa suurim), arenenud väike- ja keskmiste jaotusterminalide võrk ning 90% kõigist maailmas käigusolevatest LNG-l töötavatest laevadest. Läänemerel igal hetkel teelolevast u. 2 000 laevast on vaid üks regulaarseid reise sooritav LNG-laev – Viking Line reisiparvlaev „Viking Grace“ Soome lipu all, mis sõidab Turku – Stockholm liinil alates jaanuarist 2013 (Future marine...2015). Aeg-ajalt viibib Läänemerel veel ka Rootsi keemiatanker „Bit Viking“, mis on esimene tavapärasest vedelkütusel töötavast mootorlaevast LNG-le ümber ehitatud laev (Karlsson *et al.* 2012). Klaipeda sadamas baseerub Leedu 170 000 m³ mahutavusega LNG tanker „Independence“, mis on mõeldud kasutamiseks LNG ujuvmahutina (Independence LNG...2014). Seega on Läänemerel hetkel vaid mõni üksik LNG-laevadest.

Lähiaastatel on oodata olemasolevatele LNG-laevadele lisa. Nii Tallink kui Rootsi firma Rederi AB Gotland on sõlminud või sõlmimas lepingud kumbki ühe uue LNG-d kütusena kasutava laeva ehitamiseks (Tallink 2015; World Maritime...2015) ning ka AS Tallinna Sadama poolt on tellinud Saaremaad ja Hiiumaad mandriga ühendavatele laevaliinidele 4 uut LNG valmidusega reisiparvlaeva (Kiil 2015a). Tõenäoline on, et ka Soome, Saksa, Taani ja teiste Läänemere äärsete riikide laevakompaniid tegutsevad selles suunas. **Siiski väga kiiret LNG-laevade arvu suurenemist lähiaastatel oodata ei saa. Selle peamiseks põhjusteks on:**

- laevade LNG-ga varustamise võimalused sadamates kõikjal, v.a. Norra, on kas olematud või piiratud. Näiteks Läänemerel on vaid üks Stockholmi lähedal tegutsev terminal. LNG-laevade varustamiseks vajaliku taristu väljaehitamine nõuab aega ning investeeringuid ja saab toimuda vaid järk-järgult vastavalt LNG-laevade arvu kasvuga.



See on aegavõttev protsess, näiteks täielik üleminek söeküttega aurulaevadelt vedelkütusel töötavatele mootorlaevadele võttis aega 40 aastat, tinglikult ajavahemik 1910 – 1950;

- LNG kasutamisel laevakütusena tuleb arvesse võtta selle kütuseliigi spetsiifilisi omadusi, mis nõuavad sama võimsusega diiselmootoriga võrreldes kuni 40% kallimaid kahekütuselisi mootoreid (Taljegard 2012), eriehitusega ja efektiivse termoisolatsiooniga mahuteid ning LNG taasgaasistamise süsteeme. Samaväärse vedelkütuse kogusega võrreldes nõuab LNG 3...4 korda suuremat ruumi ning on koos mahutitega ligi kaks korda suurema massiga, mis eriti kaubalaevadel vähendab nii laeva kasulikku kandevõimet kui lastiruumide kasulikku mahtu;
- tugev mõju LNG kasutamisele võtmisel on kütuste hindadel. DNV raport Shipping 2020 (2012) lähtub oma prognoosides laevade hulgast, mis seilavad SECA aladel ja võimalikest arengustsenaariumidest. DNV hinnangul tuleks kõne alla üleminek LNG-le vaid laevadel, mis opereerivad SECA piirkonnas rohkem kui 30% kogujast. Neid laevu on 7% maailma kaubalaevade koguarvust. Neist 25%-l pole probleeme kütuse maksumusega ning 70%-l on ranged investeeringute piirangud. Seetõttu olemasolevate laevade arv, mille puhul võib kaalutlusele tulla skruuberite paigaldamine või ümberkonverteerimine LNG-le, piirdub mõnesaja laevaga, vähemalt kuni globaalse 0,5% väävlisisalduse nõude kehtestamiseni.

DNV prognoosib globaalselt LNG laevade kasutusele võtmist kuni aastani 2020 alljärgnevalt (DNV 2012):

1. kui LNG hind on 30% madalam HFO hinnast, ehitatakse uusi LNG-laevu 10...15% uutest ehitatavatest laevadest ehk kokku u 1000 laeva ja kuni 500 olemasolevat laeva ehitatakse ümber LNG-le,
2. kui LNG hind on 10% kõrgem HFO hinnast, ehitatakse uusi LNG-laevu 6...7% uutest ehitatavatest laevadest ehk kokku u 600...700 laeva ja kuni 100 olemasolevat laeva ehitatakse ümber LNG-le,



3. kui LNG hind on 70% madalam HFO hinnast, ehitatakse uusi LNG-laevu 50% uutest ehitatavatest laevadest ehk kokku kuni 5000 laeva ja kuni 1000 olemasolevat laeva ehitatakse ümber LNG-le.

Tuleb arvesse võtta, et uuring avaldati 2012. aastal, kui nafta ja naftakütuste hinnad olid kõrged ning 2014. aasta lõpu ja 2015. aasta alguse toornafta ja naftakütuste hinnalangust ei osanud keegi ette näha. Seepärast on aastal 2015 laevaomanike aktiivsus prognoositust märksa madalam ja oodatavaid LNG-laevade arve tuleb kärpida hinnanguliselt kaks korda.

Teiseks, DNV uuring hõlmab kõiki SECA piirkondi nii Euroopas kui Põhja-Ameerikas. Kui eeldada Läänemere osatähtsust laevade arvu järgi 10%-le ja jätta DNV viimane stsenaarium (3) kui äärmiselt vähetõenäolise välja, saaksime prognoosi Läänemere jaoks aastaks 2020. a.:

- 30...50 uut LNG-laeva ja
- 5...25 LNG-le ümberehitatud laeva.

IHS CERA prognoosib (Abadie *et al.* 2011) (vt tabel 2.1) tulevikus kaubalaevastiku osas (v.a. LNG tankerid) globaalselt LNG-laevu järgmiselt (protsentides laevade koguarvust 55 000 laeva, laevade arv ja neist Läänemerel 10% (sulgudes), kokku 2025. aastaks 2200 laeva.

Tabel 2.1. LNG laevade arv aastatel 2015-2030 (Abadie *et al.* 2011)

	2015		2020		2025		2030	
	%	Laevu, tk	%	Laevu, tk	%	Laevu, tk	%	Laevu, tk
Kokku, sh:	0,2	110	1,1	600 (60)	4,0	2200 (220)	11	6050 (605)
Uued	0,1	55	0,4	250 (25)	2,7	1485 (150)	8,5	4650 (465)
Ümber ehitatud	0,1	55	0,6	350 (35)	1,3	715 (70)	2,5	1400 (140)

IHS CERA (Abadie *et al.* 2011) uuring ei käsitle erinevaid stsenaariume, kuid prognoos aastaks 2020 ei erine oluliselt DNV uuringust ja autorite poolsest hinnangust. Arvame, et prognoosid aastateks 2025 ja 2030 on autoritele kättesaadavate andmete alusel realistlikud.

Selge on, et kiiret ja laiaulatuslikku üleminekut LNG-le meretranspordis toimuma ei hakka. Ajahorisondini 2030 jääb põhiliseks kütuseliigiks vedelkütus MGO või HFO sõltuvalt MGO hinnast ja kättesaadavusest.



2.3 LNG kasutuselevõtu tehnilised aspektid meretranspordis

LNG kui laevakütus erineb radikaalselt traditsioonilistest naftast (või nt. põlevkivist) toodetud vedelkütustest või biovedelkütustest nii omaduste kui säilitamise, käitlemise ja mootorites kasutamise poolest. Seetõttu pole LNG-d võimalik olemasolevatel vedelkütusel töötavatel laevadel kasutada ilma töömahukate ja kulukate ümberehitusteta ning teisest küljest ei vasta aastakümnete jooksul väljaarendatud sadamate infrastruktuurid LNG hoidmise, käitlemise ja punkerdamise tingimustele. Seetõttu on laevanduses üleminek vedelkütustelt maagaasile paratamatult pikaajaline protsess ja vähemalt lähema 20...30 aasta jooksul jäävad laevanduses dominantseteks kütuseliikideks traditsioonilised vedelkütused – seda vaatamata kõigile eelistele, mida LNG kasutamine pakub.

2.3.1 Maagaasi koostis ja füüsikalised omadused

Maagaas on gaasiline põlev maavara, mis on tekkinud maakoos organiliste ainete biokeemilisel lagunemisel ja muundumisel geokeemiliste tegurite mõjul miljonite aastate jooksul. Maagaasi keemiline koostis sõltub leiukohast ning samast leiukohast saadav gaas on püsiva koostisega, sisaldades põhikomponendina 75...98% metaani CH₄, vähestes kogustes raskemaid süsivesinikke nagu etaan C₂H₆, propaan C₃H₈ ja butaan C₄H₁₀ ning süsivesinikühendite kõrval väikestes kogustes süsinikdioksiidi CO₂, lämmastikku N₂, mõnes leiukohas ka vesinikku H₂ või vesiniksulfiide (vt tabel 2.2) (Poobus 2015).

Tabel 2.2. Maagaasi keemiline koostis (Poobus 2015)

Leiukoht	Metaan CH ₄	Etaan C ₂ H ₆	Propaan C ₃ H ₈	Butaan C ₄ H ₁₀	Pentaan C ₅ H ₁₂	Süsinik- dioksiid CO ₂	Lämmas- tik N ₂
Urengoi (Venemaa)	98	0,1	-	-	-	0,3	1,6
Dašava (Ukraina)	98	0,4	0,2	0,1	0,1	0,2	1,0
Troll (Norra)	93,2	3,7	0,4	0,5	-	0,6	1,6
Ekofisk (Norra)	85,5	8,3	2,8	1,2	-	1,5	0,4
Groningen (Holland)	81,3	2,8	0,4	0,4	-	0,9	14,2
Eestis kasutatav	98	0,67	0,2	0,07	0,02	0,03	0,95



Normaaltingimustel on maagaas õhust kergem, tihedusega keskmiselt $0,75 \text{ kg/nm}^3$ ja keskmise kütteväärtusega $48,6 \text{ MJ/kg}$, mis tänu kõrgemale vesinik-süsiniku suhtele on u. 20% kõrgem võrreldes meretranspordis üldkasutatavate raskekütustega (Boundy *et al.* 2011)

LNG saadakse maagaasi jahutamisel atmosfäärirõhul veeldumistemperatuurini $-162 \text{ }^\circ\text{C}$. Maagaasi veeldumisel selle erimaht väheneb u. 600 korda, tiheduseni $0,75 \times 600 = 450 \text{ kg/m}^3$, mis on suurim võimalik tihedus hoidmiseks ja transpordiks. (Boundy *et al.* 2011)

Väiksemate kütusekoguste korral on transpordivahenditel võimalik maagaasi kasutada ja surugaasina (CNG – *Compressed Natural Gas*) mahutites normaaltemperatuuril surve all kuni 200 bar. Sellel surveel on gaasi tihedus u. 200 kg/m^3 (Eesti Gaas 2015).

Võrreldes naftast toodetud vedelkütustega sisaldavad maagaasi põlemisprotsessi tulemusena tekkivad põlemisgaasid oluliselt väiksemates kogustes kahjulikke atmosfääriemissioone, sh vääveloksiidide ja tahkete osakeste (PM) sisaldus on praktiliselt 0, lämmastikoksiide 90...95% vähem ning CO_2 sisaldus 25...30% väiksem (Boundy *et al.* 2011).

Seoses laevandust puudutavate keskkonnakaitse nõuete karmistumisega on huvi maagaasi kui fossiilkütustest puhtaima kütuse kasutamiseks laevakütusena täna aktuaalsem, kui kunagi varem.

2.3.2 LNG laevakütuse eelised ja probleemid

Põhieelised maagaasi kasuks laevakütusena on alljärgnevad:

- kahjulikest atmosfääriemissioonidest väljalaskegaasides SO_x ja PM praktiliselt puuduvad ja NO_x sisaldus 4-taktiliste Otto ringprotsessiga lahjal küttesegul töötavate mootorite puhul on 90...95% väiksem vedelkütustel töötavate diiselmootoriga võrreldes, millega on tagatud kõigi kehtivate ning lähitulevikus kehtestatavate keskkonnakaitse nõuete täitmine ilma vajamata selleks lisaseadmeid gaaside järelpuhastamiseks (skruuberid, SCR katalüsaatorid) (Wärtsilä Corporation 2007).
- kõrgemast kütteväärtusest tingitud 20...25% väiksem kütusekulu võrreldes naftast toodetud vedelkütustega ja põlemisprotsessis tekkiva CO_2 kuni 30% väiksem kogus



sama energiatootlikkuse juures (Boundy *et al.* 2011). Samas peab silmas pidama, et ehkki CO₂ emissioonid vähenevad kuni 25...30%, ei kaasne sellega kasvuhoonegaaside samaväärne vähenemine. Põhjuseks on neljataktiliste Otto ringprotsessiga töötavate kahekütuseliste mootorite eripära, milles osa (kuni 1,5%) mootoris antavast gaasist, nn. „metaanisaba“ (*methane slip*), läheb läbi mootori ja satub atmosfääri ilma põlemata. Kuna metaan on kasvuhoonegaasina võrreldes CO₂-ga u. 20 korda tugevama toimega, kahandab see CO₂ vähenemisest saadavat efekti kuni 50% (Wuersig *et al.* 2014). Antud uuringus on kasutatud NILU poolt soovitatud CH₄ saaste määrana 8,5 g/kWh, mille puhul on kasvuhoonegaaside vähenemine efekt negatiivne.

- LNG hind, mis pikemas perspektiivis on eeldatavasti samas suurusjärgus raskekütuste hinnaga või 20...30% sellest madalam ja tunduvalt madalam madala väävlisisaldusega (< 0,1%) destilleeritud diislikütuste MGO hinnast (DNV 2012)
- mootorite hooldus- ja remonditööde mahu vähenemine puhta põlemisprotsessi tõttu.

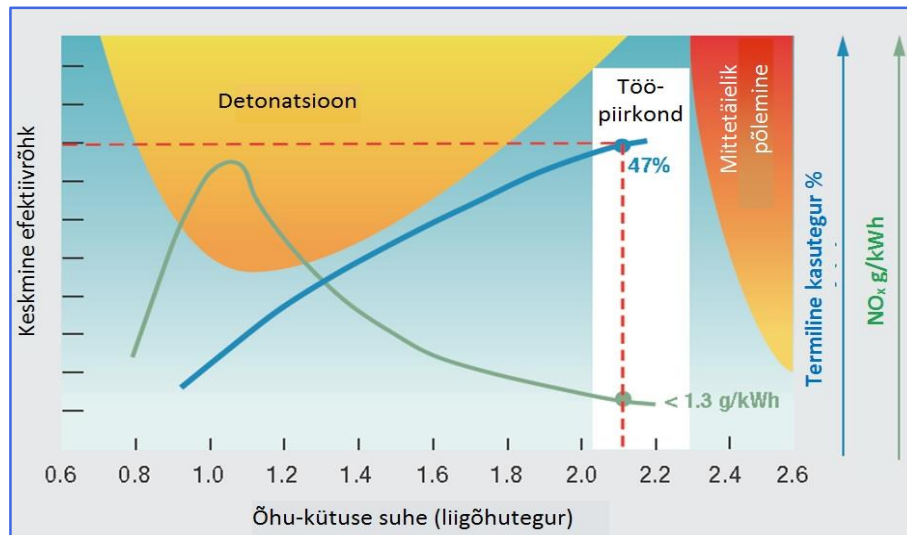
Tehnilisi probleeme seoses LNG kasutuselevõtmisega laevadel on neli:

- laevadel tuleb paigaldada spetsiaalsed, kas ainult gaasil või gaasil ja/või vedelkütusel töötavad mootorid koos LNG taasgaasistamise ning gaasi etteandesüsteemidega. Kui olemasolevatel laevadel on need diiselmootorite tüübid, mille baasil on välja töötatud ka kahekütuselised mootorid, saab neid kohapeal ümber ehitada. Kui olemasolevate laevade diiselmootoritele pole kahekütuselise versiooni, peab need välja vahetama;
- laevadel tuleb leida moodus ja koht normaalseks opereerimiseks vajaliku gaasikoguse hoidmiseks ja käitlemiseks;
- laeval tuleb kindlasti arvestada kõrgendatud tuleohuga ning laevapere liikmete ja punkerdajate eri väljaõppe vajadusega;
- ülimadala temperatuuri tõttu on LNG ülimalt ohtlik käitlemisel, katmata kehaosade vähimigi kokkupuude LNG-ga toob kaasa kudede pöördumatud kahjustused, mistõttu erilist tähtsust omab seda käitleva personali ohutusalane väljaõpe ja kaitsevahendite tingimusteta ja õige kasutamine.



2.3.3 Gaasil või gaasil ja/või vedelkütusel töötavad laevamootorid. Tööpõhimõtte ja maksumus

Laevadel üldkasutatavad vedelkütustel töötavad nelja- ja kahetaktilised diiselmootorid ei sobi ilma ümberehitusteta töötamiseks maagaasiga. Väiksematel ja keskmistel laevadel ja kõigil Ro-Ro laevadel kasutatavate neljataktiliste maagaasil töötavate mootorite eripära on selles, et gaaskütusel ei tööta need mitte diisel-, vaid Otto mootorina, st. kütus antakse silindrisse koos õhuga enne komprimeerimist ning süüdatakse õigel hetkel kas süüteküünla (nagu tavalised bensiinimootorid) või nn. pilootkütuse sissepihustamise abil, mis süttides süütab kokkusurutud õhu ja küttegaasi segu. Pilootkütusena kasutatakse kas raskekütust või destilleeritud diislikütust ning pilootkütuse hulk gaasirežiimil moodustab 1...5% kütuse koguhulgast (Wärtsilä Corporation 2007). Tähtis seejuures on õhu ja gaasi vahetegur küttesegus, mida peab hoidma liigõhutegur kitsas vahemikus 2,0...2,3. (Liigõhutegur näitab, mitu korda on õhu kogus suurem kütuse täielikuks põlemiseks vajalikust). Väikestel liigõhuteguri väärtustel suureneb detonatsioonioht, NO_x sisaldus väljalaskegaasides ning väheneb kasutegur. Suurematel väärtustel muutub mootori töö ebastabiilseks ja suureneb seiskumisoht (vt. joon. 2.2).



Joonis 2.2. Neljataktilise LNG mootori töö parameetrite sõltuvus liigõhutegurist (Wärtsilä Corporation 2007)



Parimaid võimalusi pakuvad nn. kahekütuselised mootorid. Neid mootoreid tuleb käivitada vedelkütusel ja gaasirežiimile saab sujuvalt üle viia koormustel üle 25%, võimaldavad töötada ka segarežiimidel gaasi ja vedelkütuse erinevate vahekordadega ning tõrgete ilmnemisel gaasisüsteemis läheb mootor automaatselt tavapärasele diiselmootori režiimile MGO-I.

Suurte laevamootorite valmistajate tootekataloogides on juba aastaid ning peamiselt LNG tankeritele ja maismaa energiajaamadesse paigaldatud sadu kahekütuselisi mootoreid, nagu MAN Dieseli mootorid L-V51/60DF, L 35/44DF (MAN Diesel & Turbo 2012) või Wärtsilä mootoritüübid L20DF, L-V34DF, L-V46DF, L-V50DF (DF – Dual Fuel) (Wärtsilä Corporation 2014), millel on kolm eraldi kütusesüsteemi. See tagab suure paindlikkuse kütuseliigi valikul ning jätab võimaluse töötada LNG tarnehäirete puhul probleemideta vedelkütusel.

Kahekütuselised mootorid on tavapärase naftakütustel töötavate diiselmootoritega võrreldes 40...45% kallimad. Kui diiselmootorite hinnad on 500...700 USD/kW, siis LNG-l töötavad maksavad 725...1100 USD/kW (Taljegard 2012). Ülalkirjeldatud kahekütuselised mootorid on projekteeritud seeriaviisiliselt toodetavate diiselmootorite baasil, mistõttu on võimalik olemasolevate mootorite ümberehitamine kahekütuseliseks mootoriteks.

2.3.4 LNG hoiustamine ja käitlemine laeval. Tööpõhimõte ja maksumus

LNG on umbes kaks korda väiksema tihedusega võrreldes naftakütustega, mistõttu sama massi mahutamine nõuaks teoreetiliselt vastavalt kaks korda rohkem ruumi. Probleemi teeb keerukamaks vajadus hoida LNG spetsiaalsetes vaakumisolatsioonisega (kahekordse seinaga) ülimaldalt madalaid temperatuure taluvatest erisulamist sisekestaga mahutites. Enamikul LNG-laevadest hoitakse LNG-d nn. C-tüüpi silindrilistes mahutites kuni 5 bar ülerõhu all, mis ei tohi olla vahetus kokkupuutes laeva kerekonstruktsioonidega ja mille kaugus laeva pardast peab olema vähemalt 1/5 laeva laiuselt (Pagonis, Dimitrellou 2014). Need mahutid võivad paikneda kas avatekil või laeva sees, viimasel juhul hermeetilistes ventileeritavates, gaasilekke detektorite ja gaasi etteande automaatse sulgemise süsteemidega varustatud



ruumides (vt joonis 2.3). Kokku tähendab see vähemalt 3...4 korda suuremat mahtu võrreldes naftakütuste hoiustamisega laevas.



Joonis 2.3. Laeva sees paikneva LNG mahutiga laev (Paschoa 2013)

Avatekile paigutatud mahutite puhul (vt joonis 2.4-2.6) pole eraldi ventileeritavat ruumi vaja.



Joonis 2.4. Laeva tekil paikneva LNG mahutiga puistlastilaev (New LNG-fuelled...2012)



Joonis 2.5. Laeva tekil paikneva LNG mahutiga reisilaev „Viking Grace“ (Future marine...2015)



Joonis 2.6. Laeva tekil paikneva LNG mahutiga tanker „Bit Viking“ (Karlsson *et al.* 2012)

Lisaks LNG hoiustamisele spetsiaalsetes krüogeensetes mahutites tuleb see enne mootoritesse suunamist aurustada ja soojendada temperatuurini üle 0 °C. Aurustatud ja ettesoojendatud gaas suunatakse mootorisse läbi rõhuregulaatori, mis hoiab ja reguleerib gaasi rõhku automaatselt vastavalt koormusrežiimile ja ülelaadimisõhu rõhule. Seadmed



gaasi eelkäitlemiseks paiknevad kas eraldi LNG mahutite ruumis või mahutiga ühendatud hermeetilises ventileeritavas boksis.

Tabelis 2.3 (Karlsson, Sonzio 2010) on valik Wärtsilä poolt pakutavad C3 tüüpi LNG mahuteid seeriast LNGPac netomahutavuste vahemikus 95 kuni 474 m³. Tabelist 2.3 selgub, et tanki enda tühimass moodustab ligikaudu 40% täidetud tanki kogumassist, mistõttu tuleb arvesse võtta ka kasuliku kandevõime ja lastiruumide mahu vähenemist nii vajaliku lisaruumala kui tankide tühimassi tõttu.

Kasuliku kandevõime vähenemine summaarselt arvestades nii masinate koguvõimsust kui LNG vajaliku koguse mahutamist on hinnanguliselt 0,09 t/MWh (Argyros *et al.* 2014)

Tabel 2.3. Wärtsilä poolt pakutavad C3 tüüpi LNG mahutid seeriast LNGPac (Karlsson, Sonzio 2010, kohandatud autorite poolt)

	Miõtühik	LNGPac 105	LNGPac 145	LNGPac 194	LNGPac 239	LNGPac 284	LNGPac 280	LNGPac 308	LNGPac 339	LNGPac 402	LNGPac 440	LNGPac 465	LNGPac 520	LNGPac 527
Geom. maht	[m ³]	105	145	194	239	284	280	308	339	402	440	465	520	527
Netomaht (90%)	[m ³]	95	131	175	215	256	252	277	305	362	396	419	468	474
Läbimõõt	[m]	3,5	4,0	4,3	4,3	4,3	4,8	4,8	5,0	5,0	5,6	5,0	5,6	5,0
Tanki pikkus	[m]	16,7	16,9	19,1	23,1	27,1	21,3	23,4	23,5	27,5	23,8	31,5	27,8	35,5
Lisaseadmete ruum	[m]	2,5	2,5	2,7	2,7	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5
Kogupikkus	[m]	19,2	19,4	21,8	15,8	30,1	24,3	26,4	26,5	30,5	26,8	35,0	31,3	39,0
Tanki tühikaal	[t]	47	62	72	90	104	195	113	119	135	142	152	162	168
Tanki täiskaal	[t]	92	125	162	195	228	229	248	267	312	336	357	392	401
Max. kaal	[t]	94	127	164	198	231	233	252	271	316	340	362	397	406
Teor. max. autonoomsus	MWh	244	318	427	525	625	626	677	745	884	967	1022	1143	1159



Erinevad allikad annavad erinevaid hinnanguid LNG-l töötavate laevade seadmete maksumuste kohta. LNG mahutite orienteeruvad hinnad on vahemikus 300 USD/GJ (mahutile 550 m³) kuni 770 USD/GJ (mahutile 40 m³) (Taljegard 2012).

Maagaasi kütteväärtust 48,6 MJ/kg ja LNG tihedust 450 kg/m³ arvestades vastab energiahulgale 1 GJ maagaasi koguse 20,6 kg (0,046 m³ LNG) täielikul põlemisel vabanev soojusenergia. Seega võime LNG mahutite maksumust hinnata ka mahu järgi, jagades hinna USD/GJ kohta 0,046-ga, nii saame hinnavaheks 6520...16740 USD/m³. **Võrreldes naftast toodetud vedelkütuste mahutite maksumusega (22,5...30 USD/GJ) on LNG mahutid seega 15...25 korda kallimad. (Ibid.)**

2.4 LNG laevakütuste kasutamine ja atmosfäärisaaste

Atmosfäärisaaste Läänemere vetes seilavatelt tüüpilistelt laevadelt eeltoodud valikuvariantide korral grammides kilovati võimsuse kohta tunnis (g/kWh) on toodud tabelis

2.4. Saastemäärade arvutamisel on aluseks võetud järgmised eeldused:

- peamasinate koormuseks on arvestatud 75% nende nimivõimsusest;
- SO_x sisaldus LNG-le on arvestatud pilootkütuse (MGO 0,1% S) koguse järgi, mis on orienteeruvalt 1% kütuse kogukulust massi järgi (Wärtsilä Corporation 2007);
- NO_x sisaldus HFO-le ja MGO-le 10 g/kWh diiselmootorite jaoks nimipööretega 750 p/min vastab MARPOL 73/78 lisa VI piirnormidele. LNG puhul eeldame kahekütuselist neljataktilist, Otto ringprotsessi põhimõttel lahjal küttesegul töötavat sisepõlemismootorit, mille väljalaskegaaside NO_x sisaldus on u. 10 korda väiksem (Exhaust Gas...2008);
- CO₂ kogused arvutatud naftakütuste HFO ja MGO keskmise süsinikusisalduse 86% järgi kütuse erikulu väärtusel 0,18 kg/kWh (Wärtsilä Corporation 2014); skruuberi kasutamise korral lisatud 2% täiendavat kütusekulu ja LNG puhul arvestatud 25% väiksema CO₂ emissiooniga (Boundy *et al.* 2011);
- skruuberi kasutamisel on ka NO_x ja PM saastemäärade ja –koguste arvutustes arvesse võetud kütuse lisakulu 2% analoogiliselt CO₂-ga;



- PM (tahked osakesed) – võetud kütuste standardiga ISO 8216-1:2110(E) lubatud tuhasisalduse (HFO – 0,2%, MGO 0,01% massi järgi) alusel; maagaasi tuhasisaldus on 0. PM sisaldus väljalaskegaasides on u. 2 korda suurem tuhasisaldusest (Hellén, Göran 2003);
- NO_x, SO_x, PM ja CH₄ saastemäärad LNG kasutamisel on võetud vastavalt NILU soovitudele (Lopez-Aparicio, Tønnesen 2015).

Tabel 2.4. Atmosfääri saastemäärad (g/kWh) (Koostatud autorite poolt vastavalt eeltoodud tingimustele)

Saasteliik	HFO 1% S	HFO + skruuber	MGO 0,1 % S	LNG
SO _x	3,6	0,36	0,36	0,0051
NO _x	10	10,2	10	2,15
CO ₂	568	579	568	426
PM	0,72	0,073	0,036	0,02
CH ₄	-	-	-	8,5

Võttes aluseks tabeli 2.4 saastemäärad saab arvutada tüüpiliste laevade poolt atmosfääri emiteeritavate saasteainete kogused ajaühikus (kg/tunnis) erinevate kütuseliikide kasutamise korral (vt. tabel 2.5).

Tabel 2.5. Emiteeritavate saasteainete kogused ajaühikus (kilogramm tunnis), (autorite arvutused tabel 2.4 põhjal)

Laev	Saasteliik	HFO 1% S kg/h	HFO + skruuber kg/h	MGO 0,1% S kg/h	LNG kg/h
1	2	3	4	5	6
Tanker 17 757 GT Peamasin 8 775 kW DG 1200 kW	SO _x	35,91	3,59	3,59	0,0051
	NO _x	99,75	101,75	99,75	2,15
	CO ₂	5666	5776	5666	4249
	PM	7,18	0,73	0,36	0,20
	CH ₄	-	-	-	84,79
Puistelasti laev 1 999 GT	SO _x	4,32	0,43	0,43	0,0061



Peamasin 975 kW DG 225 kW	NO _x	12,00	12,24	12,00	2,58
	CO ₂	681,60	694,80	681,60	511,20
	PM	0,864	0,088	0,043	0,024
	CH ₄	-	-	-	10,2
Konteinerilaev 17 000GT Peamasin 10890 kW DG 1500 kW	SO _x	44,60	4,46	4,46	0,063
	NO _x	123,90	126,34	123,90	26,64
	CO ₂	7038	7174	7038	5278
	PM	8,92	0,904	0,45	0,248
	CH ₄	-	-	-	105,32
Reisiparvlaev „Superstar“ 36 277 GT Peamasinad 40 000 kW DG 2 000 kW	SO _x	151,2	15,12	15,12	0,214
	NO _x	420,00	428,40	420,00	90,3
	CO ₂	23856	24318	23856	17892
	PM	30,24	3,066	1,51	0,840
	CH ₄	-	-	-	357,0
Reisiparvlaev „Hiiumaa“ 5 233 GT PDG 1 400 kW	SO _x	5,04	0,504	0,504	0,0071
	NO _x	14,00	14,28	14,00	3,010
	CO ₂	795,2	810,6	795,2	596,4
	PM	1,008	0,102	0,050	0,028
	CH ₄	-	-	-	11,90

Tabelis 2.6 on välja toodud laevamootorite väljalaskegaaside kahjulike lisandite sisalduste prognoositav muutus ±% erinevate kütusevalikute korral võrreldes kuni väävlidirektiivi rakendamiseni kasutatud 1% väävlisisaldusega raskekütusega, mille õhusaaste kg/kWh on võetud võrdluse aluseks (võrdsustatud 100%-ga).

Tabel 2.6. Laevamootorite väljalaskegaaside kahjulike lisandite prognoositav muutus (autorite koostatud tabelite 2.4 ja 2.5 alusel)

Õhusaaste	HFO 1% S	HFO + skruuber	MGO 0,1% S	LNG
SO _x	100%	- 90%	- 90%	- 99,9%
NO _x	100%	+ 2%	0%	- 78,5%
CO ₂	100%	+ 2%	0%	- 25%
PM	100%	- 90%	- 95%	- 97,2%



Tabel 2.6 näitab selgelt LNG eeliseid teiste alternatiividega võrreldes kõigi tabeli ridades toodud saasteliikide vähendamise osas, olles kokkuvõttes kolmest pakutud variandist kõige keskkonnasäästlikum.

Tabelis 2.7 toodud laevadelt lähtuvad aastased saastekogused (veerud 6 - 10) on arvestatud valitud konkreetsete laevatüüpide järgi vastavalt nende pea- ja abimasinate koormustele (tabel 2.5) ja saastemääradele (tabel 2.4).

Tabelis 2.7 veerg 5 „Ühe reisi sõiduaeg Eesti vetes“ on ühe reisi sõiduajad ja summaarne sõiduaeg arvestatud tabelis 2.5 toodud laevatüüpidest ja sadamatest lähtudes. Reisilaeva (GT 5000 – 5999) ühe reisi sõiduaeg on võetud Saarte Liinide sõiduplaanidest, reisid on lühikesed ja toimuvad täielikult Eesti vetes. Summaarse tundide arvu saame kummagi liini (Heltermaa - Rohuküla, ühe reisi kestvusega 1,25 h (Tuule laevad 2015) ja Virtsu – Kuivastu, ühe reisi kestvusega 0,28 h (Tuule laevad 2015) sõitvate laevade sõiduaegade summana aastas $2 \times 2453 \times 1,25 + 2 \times 7908 \times 0,28 = 13\,566$ h. Reisilaeva (GT 30 000 – 39 999) sõiduaeg Eesti territoriaalvetes sisenemisel Tallinna Sadamasse ja väljumisel on võetud keskmiselt 1,5 h¹, tankeril ja konteinerlaeval 2 h¹, puistelasti laevadel Tallinna, Kunda ja Sillamäe sadamate osas samuti 2 h¹, kuid Pärnu sadama juhul 10 h¹, sest sõidu pikkus Pärnust kuni väljumiseni Irbeni väinast on u 100 miili.

¹ Sõiduaegade hindamisel on konsulteeritud TTÜ Eesti Mereakadeemia eriala spetsialistidega



Tabel 2.7. Eesti sadamaid enim külastatavate laevatüüpide saasteainete kogused aastas

Laeva tüüp	2013 külastuste arv (1 suund)	Ühe reisi sõiduaeg Eesti vetes, (h)	Saaste- teelik	HFO 1% S (kg)	HFO + skruuber (kg)	MGO 0,1% S (kg)	(Tinglikult) LNG (kg)
1	3	5	6	7	8	9	10
Reisilaev GT 5000 – 5999	Kokku 20 722 Heltermaa 2453 Rohuküla 2453 Kuivastu 7908 Virtsu 7908	Heltermaa – Rohuküla 1,25 Virtsu – Kuivastu 0,47 Kokku 13 566	SO _x	68372,74	6837,2	6837,2	96,32
			NO _x	189 924	193 723	189 924	40 834
			CO ₂	10 787 683	11 003 383	10 787 683	8 090 762
			PM	13 675	1 397	678	379,8
			CH ₄	-	-	-	161 435
Reisilaev GT 30 000 – 39 999	Kokku 3511 Tallinna Sadam 3511	Eesti vetes viibimise keskm. aeg 1,5 1,5 x 2 x 3511 = 10 533	SO _x	1 592 590	159 259	159 259	2254
			NO _x	4 423 860	4 512 337	4 423 860	951130
			CO ₂	251 275 248	256 299 489	251 275 248	188 456 436
			PM	318 518	31 852	15 905	8848
			CH ₄	-	-	-	3 760 281
Tanker GT 10 000 – 19 999	Kokku 129 Tallinna Sadam 84 Sillamäe 29 Vene-Balti 16	Eesti vetes viibimise aeg 2 2 x 2 x 129 = 516	SO _x	18 530	1 853	1 853	26,3
			NO _x	51 471	52 503	51 471	11 068
			CO ₂	2 923 656	2 980 416	2 923 656	2 192 484
			PM	3704,9	376,7	185,8	103,2
			CH ₄	-	-	-	43 808
Puistlasti- laev GT 2000 – 2999	Kokku 356 Kunda 154 Pärnu 141 Sillamäe 47 Tallinn 14	Kunda 2 h, Pärnu - 10 h, Sillamäe - 2, Tallinn - 2 , kokku 1840 2 x 1840= 3680 h	SO _x	15 898	1590	1590	22,45
			NO _x	44 160	45 043	44 160	9494
			CO ₂	2 508 288	2 556 864	2 508 288	1 881 216
			PM	3 180	323,8	158,2	88,32
			CH ₄	-	-	-	37 536
Konteiner laev GT 10 000 – 19 999	Kokku 208 Tallinna Sadam 208	Eesti vetes viibimise aeg 2 2 x 2 x 208 = 832	SO _x	37 107	3 710,7	3 710,7	52,42
			NO _x	103 085	105 115	103 085	22 164
			CO ₂	5 854 784	5 968 768	5 854 784	4 391 296
			PM	7 421	752,1	374,4	206,34
			CH ₄	-	-	-	87 626

Allikas: koostatud tabeli 2.5 ning Eesti vetes viibimise aja järgi



Tabelis 2.7 toodud laevade sõidul **Eesti vetes atmosfääri paisatavate saasteainete aastakogused on summaarselt järgmised:**

- töötamisel 1% väävlisisaldusega raskekütusel (ümardatud 0,5 tonnini) järgmised: CO₂ – 273 350 t, SO_x – 1732,5 t, NO_x – 4 812,5 t ja PM – 346,5t;
- töötamisel raskekütuse ja skruuberiga väheneksid atmosfääri sattuv SO_x kogus 1559t võrra ja PM kogus 311 t võrra, kuid suureneksid CO₂ kogus 5467 t ja NO_x kogus 96 t;
- töötamisel MGO-ga jäävad CO₂ ja NO_x kogused raskekütusega samale tasemele, vähenevad SO_x kogus 1559 t ja PM kogus 329 t võrra;
- töötamisel LNG-ga vähenevad SO_x kogus 1730 t, NO_x kogus 3778 t, CO₂ kogus 68 337 t ja PM kogus ligi 337 t võrra;
- uue saasteliigina, mis vedelkütuste puhul praktiliselt puudub, kaasneb neljataktiliste Otto ringprotsessiga töötavate gaasi- või kahekütuseliste mootorite tööga CH₄ saaste - metaanisaba ehk mootorist läbi käiv, kuid mittepõlenud gaas, mis lõppkokkuvõttes satub paratamatult atmosfääri. Selle saasteliigi koguste määramisel on autorid aluseks võtnud NILU soovitus 8,5 g/kWh (tabel 2.4), mis annab saaste summaarseks koguseks 4 090,5 t. Et CH₄ potentsiaal kasvahoonegaasina ületab CO₂ umbes 20-kordselt, vastab sellele CH₄ kogusele CO₂ ekvivalentne kogus 4090,5 x 20 = 81 810 t. Seega antud tingimustel ületab emiteeritava CH₄ kogusele vastav CO₂ ekvivalent LNG kõrgemast kütteväärtusest ning koostisest tingitud CO₂ koguse vähenemise (68 337 t) ja summaarne kasvahoonegaaside (GHG) saaste suureneb 13 473 t võrra. Põhjuseks peavad autorid antud saasteliigile aluseks võetud saastemäära 8,5 g/kWh, mis tundub liiga kõrgena. Allikas (Wuersig *et al.* 2014) pakub CH₄ saaste koguseks neljataktilistel kahekütuselistel mootoritel 1,5% kütusekulust. Antud uuringus on aluseks võetud vedelkütuse erikulu 180 g/kWh, millele vastab LNG erikulu 180 x 0,8 = 144 g/kWh ja sellest 1,5% on 144 x 1,5/100 = 2,16 g/kWh. Lihtne arvutus näitab, et CH₄ (metaanisaba) saastemääradel üle 6 g/kWh on kasvahoonegaaside summaarsed kogused antud tingimustel paratamatult suuremad, kui töötamisel vedelkütustega.



2.5 LNG hetkehind ja selle kujunemise trendid

Autorite poolt läbi viidud erinevate allikate analüüsi tulemusena võib väita, et LNG hind turul ei kõigu nii tugevasti kui toornafta oma ja Euroopas püsib LNG turuhind stabiilselt kõrge, millest saab järeldada, et nõudlus LNG järele on püsiv. 2015. aasta jaanuarikuu seisuga on MGO odavam kui LNG ja see iseloomustab läbivalt 2015 aastat. (Bunkerworld 2015; LHV...2015; Platts...2015)

Majandusanalüütikute arvates muutub LNG hind MGO-st soodsamaks aastal 2017 seoses toornafta hinna tõusuga tasemele 75-80 USD/t. Lähiaastateks prognoositakse naftatoodetele madalaid hindu, mille tõttu võib 10-15 aasta planeeringutes võtta aluseks 2010-2014 aasta keskmised näitajad ja Euroopa LNG hinna stabiilse tõusutrendi. LNG laevakütusena kasutamise majanduslik tasuvus ilmneb vaid MGO-st stabiilselt 30% madalama hinnataseme korral, mida lähiaastatel ei nähtu. (Bunkerworld 2015; EIA 2015; LHV Tader 2015; Platts...2015; World...2014; Global LNG 2014; Commodity... 2014; Cleanship 2014)

Tasuvusanalüüsiks hinnaprognooši tegemisel HFO-le, MGO-le ja LNG-le kasutasid autorid uurimistööde ja kütusetootjate prognoose, võttes aluseks keskmise tulemuse (vt tabel 2.8).

Tabel 2.8. Kütuseliikide keskmine hind aastal 2024 (USD/t)

Allikas	HFO	MGO	LNG
2012 a prognoos (DNV 2012 lk 24-55)	805	1225	680
Germaniche Lloyd (Costs... 2013)	975	925	665
2014 a prognoos (Bunkerworld 2015)	820	1290	680
Keskmine hind USD/t	867	1147	675
Arvutuste aluseks olev kütusehind (EUR)	714	945	556

Allikas: (DNV 2012; Costs...2013; Bunkerworld 2015, autorite koostatud)

Eestis on kehtivaks rahaühikuks euro ja seetõttu teostatakse tasuvusanalüüsi arvustused eurodes. Dollari kurss on olnud viimastel aastatel läbivas muutuses, kuid analüüsi



läbiviimiseks on valitud dollari kurss 31.12.2014 seisuga, kus 1 EUR = 1,2141 USD (Eesti Pank, 2014). Ilmestamaks dollari kursi muutusi võib näitena tuua järgmised näitajad: 31.12.2013 1 EUR = 1,3791 USD; 31.05.2014 1 EUR = 1,3607 USD; 31.10.2014 1 EUR = 1,2524 USD; 31.01.2015 1 EUR = 1,1305 USD; 28.02.2015 1 EUR = 1,240 USD, 24.03.2015 1 EUR = 1,0950 USD (Eesti Pank 2015).

2.6 Tasuvusanalüüs ning LNG kasutuselevõtu majanduslik aspekt

Alates 1. jaanuar 2015 peavad Läänemeres sõitvad laevad kasutama kütuseid väävlisisaldusega <0.1% või varustama need puhastusseadmetega, mis tagavad väljalaskegaaside SO_x sisalduse vähendamise nõutud määraneni (IMO 2005). Tulenevalt karmistunud keskkonnakaitse nõuetest on laevaomanikel võimalik **valida olemasolevatel laevadel kolme erineva variandi vahel:**

- kasutada kõrgekvaliteedilist diislikütust MGO-d;
- kasutada odavat raskekütust HFO-d, lisades olemasolevatele laevadele väljalaskegaaside puhastusseadmed, milleks on erinevat tüüpi märgfiltrid ehk skruuberid;
- moderniseerida laevad selliselt, et saab kasutada kütusena LNG-d.

LNG kasutuselevõtu majandusliku aspekti välja selgitamiseks on koostatud tasuvusuuring Eesti sadamaid enim külastatavatele laevatüüpidele kogumahutavuse alusel (vt joonis 1.8-1.11):

- tanker (10 000 - 19 999);
- reisilaev (5000 -5999);
- reisilaev (30 000 - 39 999);
- puistlastilaev (2 000 - 2 999);
- konteinerlaev (10 000 – 19 999).



2.6.1 Tasuvusanalüüsi meetoodika

Tasuvusanalüüsi läbiviimiseks on aluseks võetud järgmised variandid:

1. HFO kasutamisel kuni 31.12.2014;
2. HFO asendamine MGO-ga;
3. HFO kasutamine koos skruuberitega;
4. LNG kasutamine.

Tasuvusanalüüsis teostatakse arvutused kõikide eelnevalt loetletud variantide (1-4) korral, sest olemasolevad laevad on ehitatud kasutamaks raskekütust ning arvutustes lähtutakse kütuste erisustest.

Tasuvusanalüüsi läbiviimisel ei hinnata arvestuslikku tulu vaid rahavoogusid, kuna arvestuslikes laekumistes kajastatakse sageli viitlaekumisi. Rahavoogude arvestamisel tuleb arvutada esialgne kulu (puhasinvesteering ehk olemasoleva laeva moderniseerimise maksumus), millele lisanduvad juurdekasvulised rahavood, mis kaasnevad vaid uuendusega - st arvestatakse vaid seda, mis muudab rahavoogu (Investeeringuarvutus 1999, 50-51; Teearu 2005, 77-81).

Analüüsis on puhasinvesteeringuks ehk esialgseks kuluks olemasoleva laevatüübi moderniseerimisega lisanduv soetusmaksumus. Soetusmaksumuseks on vara moderniseerimisel tehtud rahaline kulutus (RTJ 5, 3) ehk olemasolevate laevade moderniseerimise maksumus (puhasinvesteering).

Juurdekasvuliseks rahavooks aastast on kütuse maksumuse ja laeva amortisatsiooni erisus. Autorite hinnangul ei kaasne kütuseliigi vahetusega olulisi muutusi tööjõu- ja üldkulus.

Amortisatsioon on vara amortiseeritava osa kandmine kuluks vara kasuliku eluea (perioodi, mille jooksul vara tõenäoliselt kasutatakse) jooksul (Ibid). Laevaliikide keskmine kasutusiga on 30 aastat, ajalooliseks peetakse reisilaeva, mille vanus ületab 35 aastat ja teisi laevu, mille vanus ületab 40 aastat (Meresõiduohutuse seadus, § 2 p 25).



Autorite hinnangul on mõistlik moderniseerida laevu, mis ei ole vanemad, kui kümme aastat (soovituslikult viis aastat kasutusel olnud laevu). Analüüsis lähtutakse sellest, et peale moderniseerimist saab laevu kasutada renoveerimata veel 25 aastat.

Amortisatsiooni arvestamise enamkasutatavaks meetodiks on lineaarne amortisatsioonimeetod, mille eeliseks on arvestuse lihtsus. Lineaarset amortisatsioonimeetodit eelistatakse nende põhivarade puhul, mida kasutatakse ühtlaselt kogu kasutusaja jooksul (Tikk 2003, 112). Amortiseeritav osa arvestatakse põhivara soetusmaksumuse ja lõppväärtuse vahena ning kantakse perioodiliselt võrdsete osadena kuluks kasutusaja jooksul (Karu 2008, 195).

Autorid lähtuvad eeldusest, et peale kasutusea lõppu on laeva turustamine raskendatud ning hindavad lõppväärtuseks ehk **likvideerimisväärtuseks 5% esialgsest laeva soetusmaksumusest**. Lähtuvalt algsest soetusmaksumusest arvutatakse likvideerimisväärtus ja amortisatsioon. Moderniseerimisega suureneb jääkväärtus ning muutub aastane amortisatsioonikulu.

Tasuvusanalüüsis arvutatakse lähtudes juurdekasvulisest rahavoost (olemasolevate erinevate laevatüüpide moderniseerimise maksukusest) olemasolevate erinevate laevatüüpide moderniseerimise tasuvusaeg, praegune puhasväärtus (edaspidi tekstis vaid moderniseerimise nüüdisväärtus) ja kasumiindeks, mis on põhinäitajad hindamaks, kas analüüsi aluseks võetud laevade moderniseerimine on majanduslikust aspektist lähtuvalt teostatav.

Tasuvusanalüüsi põhinäitajad laevatüüpide moderniseerimisel on järgmised (Kõomägi 2006, 191-201; Teearu 2005, 81-85):

- **tasuvusaeg** - aastate arv, mis kulub moderniseerimismaksumuse (moderniseerimise kulu) ehk puhasinvesteeringu tagasisaamiseks:

$$Tasuvusaeg = \text{puhasinvesteering} \div \text{juurdekasvu rahavood aastas} \quad (2.1)$$

kus

hindamiskriteerium - aastate arv, millal moderniseerimine end tasub.



- **praegune puhasväärtus (moderniseerimise nüüdisväärtus)** - tulevikus saadava rahavoo väärtus moderniseerimise hetkel - st toimub oodatava rahavoo nüüdisväärtuse võrdlus esialgse investeeringuga ehk moderniseerimise maksumusega:

Praegune puhasväärtus

$(NPV) = \text{tulevaste nüüdisväärtuste summad} - \text{puhasinvesteering (2.2) kus}$

NPV väärtuse hindamiskriteeriumid on:

NPV > 0, võib vastu võtta;

NPV < 0, tuleb rakendada täiendavaid analüüsimeetodeid;

NPV = 0; tuleb tagasi lükata.

- **kasumiindeks** - moderniseerimise nüüdisväärtus iga investeeritud rahaühiku kohta, mis näitab kui palju tulu saadakse iga kulutatud euro kohta:

$\text{Kasumiindeks (PI)} = \text{tulevaste rahavoogude nüüdisväärtuste summad} \div \text{esialgne kulu}$
(2.3)

kus

PI hindamiskriteeriumid on järgmised:

PI > 1, võib vastu võtta

PI < 1, tuleb rakendada täiendavaid analüüsimeetodeid;

PI = 1, tuleb tagasi lükata.

2.6.2 Tasuvusanalüüsi arvnäitajad

Tasuvusanalüüsi ja vajalike algandmete arvutamisel on võetud aluseks iga laevatüübi konkreetse laeva tehnilised näitajad ja soetusmaksumus.

Mootori arvestusliku võimsuse ja sõidupäevade (tühi- ja täislastis) alusel arvutatakse kütusekulu aastas. Algandmete saamiseks on arvutatud olemasolevate erinevate laevatüüpide HFO kütusekulu, millest lähtuvalt arvutatakse konkreetse laevatüübi moderniseerimise kütusekulu.



Wärtsilä tootekataloogi „Wärtsilä Solutions for Marine and Oil&Gas markets 2014“ andmetel on raskekütuse HFO erikulu tehniliselt korras uuele mootorile tüüp Wärtsilä 46F ISO standardijärgsetes tingimustes statsionaarsel töörežiimil 170 g/kWh (Wärtsilä, 2014). Eksploatatsioonis erinevad tingimused standardsetest, töörežiimid pole ilmastikutingimuste ja lainetuse tõttu ühtlased, vaid võivad kõikuda ning mootori tehnilised näitajad halvnevad vastavalt kulumisele. Seetõttu on kütuse erikulu hinnanguliseks väärtuseks valitud 180 g/kWh (0,18 kg/kWh).

$$\text{Ööpäevane HFO kütusekulu} = EK * 24 \quad (2.4)$$

kus

EK - kütuse erikulu 0,18 kg/kWh mootorivõimsuse kohta tunnis
24 - tundide arv ööpäevas.

Lähtudes valemist 2.4 on ööpäevane **HFO kütusekulu mootori iga kW võimsuse kohta 4,32 kg/kWpäev.**

Puhastusseadme skruuberi lisamisel laevale suureneb aastas kütusekulu võrreldes HFO-ga süsteemikasutuse tõttu 2...3% (Hombravella *et al.*2011) ning arvutuste **aluseks võetakse 3% kütusekulu suurenemist aastas. LNG kasutuselevõtu korral väheneb kütusekulu võrreldes HFO-ga 20%** (Higher ...2011).

Tabelis 2.9 on välja toodud arvutuste aluseks võetud konkreetsete laevade tehnilised näitajad, laevade soetusmaksumus, sõidupäevade arv ning HFO kütusekulu. Laevadel „Bit Viking“, „Derk“ ja konteinerlaev 1400 TEU on HFO kütusekulu arvutuste aluseks võetud sõidupäevade arv ning laeva mootorivõimsus tühi- ja täislastis sõidul. Laeva „Hiiumaa“ puhul tuginevad aastase HFO kütusekulu näitajad ettevõtete poolsetel andmetel. Laeva „Superstar“ HFO kütusekulu näitaja on töö koostajate arvatud aastas toimuvate reise alusel.



Tabel 2.9. Laevatüüpide tehnilised näitajad, soetusmaksumus, sõidupäevad

Näitaja	Tanker „Bit Viking“	Reisiparv-laev „Hiiumaa“	Reisiparvlaev „Superstar“	Puistelasti-laev „Derk“	Konteiner-laev 1400TEU
Kogumahutavus	17 757	5 233	36 277	2 056	15 820
Mootorivõimsus (kW)	13 300	4 000	54 400	1 600	16 600
Arvestuslik mootorivõimsus täislastis (kW)	9975	x	x	1 200	12 450
Arvestuslik mootorivõimsus tühisõidul (kW)	3420	x	x	600	6000
Sõidupäevade arv (sulgudes täislastis sõidul)	300 (180)	x	x	250 (150)	200 (160)
HFO kütusekulu (t/aastas)	9529	1 086 *	25 704 **	1037	9642
Algne soetusmaksumus (EUR)	24 709 661	32 000 000	120 000 000	16 000 000	32 122 560

Allikas: arvatud ja koostatud lisa 1 andmete alusel

x - arvutused konkreetse kütusekulu alusel

* kolme laeva keskmine kütusekulu 2014. aastal liinil Virtsu-Kuivastu

** aastane kütusekulu liinil Tallinn-Helsingi (Superstar) autorite arvutuste kohaselt

Moderniseerimisega kaasnevate kulude ehk puhasinvesteeringu (moderniseerimise maksumuse) arvutamisel lähtusid autorid pea- ja abimasinat võimsusest. Mootorite võimsuse abil arvutatava puhasinvesteeringu tulemuste usaldusväärsust võrdlesid autorid Green Ship Technology Conference 2012 aasta uurimistööga (Vessel...2012) ning võtsid **moderniseerimismaksumuse arvutamise aluseks** järgmised näitajad:

- laevade moderniseerimisel skruuberiga:
 - skruuberi orienteeruv maksumus koos paigaldusega 210 USD/kW = 173 EUR/kW (Abadie *et al.* 2011);
 - projekteerimiskulu autorite arvutuste kohaselt lähtuvalt mootorivõimsusest 34 EUR/kW (Vessel...2012, Tarbit... 2015);



- sõidukatkestuse ühe päeva maksumus autorite arvutuste kohaselt 0,52 €/GT (Vessel...2012; Tarbit... 2015).
- LNG laevadeks ümberehitamisel:
 - pea- ja abimasinate mootorite ümberehitamise maksumus 240 USD/kW = 198 EUR/kW (Taljegard 2012);
 - LNG mahutite maksumus 6000 USD/m³ = 4942 EUR/m³ (Taljegard 2012)
 - projekteerimiskulu autorite arvutuste kohaselt lähtuvalt mootorivõimsusest 34 EUR/kW (Vessel...2012; Tarbit... 2015);
 - sõidukatkestuse ühe päeva maksumus autorite arvutuste kohaselt 0,52 €/GT (Vessel...2012; Tarbit... 2015).

Oodatava tulumäära leidmise aluseks on valitud laevanduse alamklastrisse kuuluvate ettevõtete müügitulude jaotuses suurima osa moodustunud laevandusettevõtete majandusaasta aruannetes välja toodud majandusnäitajad (RIK, 2015). Arvestades analüüsitud ettevõtete müügitulude üldist rentaablusi valiti tasuvusanalüüsi arvestuslikuks tulumääraks 10%

Tasuvusanalüüsi arvutused on teostatud lähtudes eeldusest, et sõidu- ja veotariifide hinnad jäävad muutumatuks.

2.6.3 Moderniseerimismaksumus skruuberitele ja LNG-le üleminekul. Maksumuste võrdlus

Olemasolevate laevade moderniseerimiseks on kaks võimalust. Moderniseerida laevad puhastusseadme (skruuber) paigaldamisega või ehitada süsteemid (sh mahutite asukoha valik) ja mootorid ümber, et hakata kasutama LNG-d. Tabelis 2.10 on välja toodud erinevate laevatüüpide moderniseerimismaksumused skruuberite kasutuselevõtul.



Tabel 2.10. Olemasolevate laevatüüpide moderniseerimismaksumus (puhasinvesteering) skruuberite kasutuselevõtul (EUR)

	Tanker GT 17 757	Reisilaev GT 5233	Reisilaev GT 36 277	Puistelasti- laev GT 2056	Konteinerlaev GT 15 820
Skruuberi maksumus koos paigaldusega	2 300 900	692 000	9 411 200	276 800	2 871 800
Projekteerimiskulu	452 200	136 000	1 849 600	54 400	564 400
Sõidukatkestuse kulu (20 päeva)	182 780	54 423	377 281	21 382	164 528
Puhasinvesteering (EUR)	2 935 880	882 423	11 638 081	352 582	3 600 728

Allikas: arvatud punkti 2.6.2 ja lisa 2-6 andmete alusel

Tabelist 2.10 nähtub, et odavam on moderniseerimine puhastusseadmetega (skruuber) kogumahutavusega 2056 ja kallim reisilaeval kogumahutavusega 36 277. Tankeri ja konteinerlaeva, mille kogumahutavused on võrreldavad, moderniseerimismaksumuse erisus on ligikaudu 22% (664 848 eurot), tankeri moderniseerimine on odavam vaatamata sellele, et kogumahutavus on suurem kui konteinerlaeval.

Tabel 2.11. Olemasolevate laevatüüpide LNG-le ülemineku moderniseerimismaksumus (puhasinvesteering) (EUR)

	Tanker GT 17 757	Reisilaev GT 5233	Reisilaev GT 36 277	Puistelasti- laev GT 2056	Konteiner- laev GT 15 820
Pea- ja abimasinate mootorite ümberehitamise maksumus	2 633 400	792 000	10 771 200	316 800	3 286 800
Mahutite maksumus	2 471 000 2 mahutit 250 m ³ /tk	494 200 1 mahuti 100m ³	2 471 000 2 mahutit 250 m ³ /tk	494 200 1 mahuti 100m ³	2 471 000 2 mahutit 250 m ³ /tk
Projekteerimismaksumus	452 200	136 000	1 849 600	54 400	564 400
Sõidukatkestuse kulu (40 päeva)	365 560	108 846	754 562	42 765	329 056
Puhasinvesteering (EUR)	5 922 160	1 531 046	15 846 362	908 165	6 651 256

Allikas: arvatud punkti 2.6.2 ja lisa 2-6 andmete alusel



Tabelist 2.11 nähtub, et odavam on moderniseerimine LNG-le üleminekul puistlastilaeval kogumahutavusega 2056 ja kallim reisilaeval kogumahutavusega 36 277. Tankeri ja konteinerlaeva, mille kogumahutavused on võrreldavad, moderniseerimismaksumuse erisus on ligikaudu 12% (729 096 eurot), tankeri moderniseerimine on odavam vaatamata sellele, et kogumahutavus on suurem kui konteinerlaeval.

Skrubberitele ja LNG-le ülemineku moderniseerimise maksumuse ehk puhasinvesteeringute võrdlus on toodud tabelis 2.12, millest nähtub, et **olemasolevate laevatüüpide moderniseerimise maksumus skruuberiga on odavam, kui moderniseerimine LNG-le üleminekuks 1,36 kuni 2,58 korda.**

Tabel 2.12. Olemasolevate laevade moderniseerimismaksumus ehk puhasinvesteering (EUR)

Laevatüüp	Moderniseerimine puhastusseadmega skruuber (EUR)	Moderniseerimine LNG kasutamisele võtuks (EUR)	Skruuberiga moderniseerimise erisus LNG ülemineku moderniseerimisest (korda)
Tanker (GT 10000 – 19999)	2 935 880	5 922 160	2,02
Reisilaev (GT 5000 – 5999)	882 423	1 531 046	1,74
Reisilaev (GT 30000 – 39999)	11 638 081	15 846 362	1,36
Puistlastilaev (GT 2000–2999)	352 582	908 165	2,58
Konteinerlaev (GT 10 000 – 19999)	3 600 728	6 651 256	1,85

Allikas: koostatud tabelite 2.9 ja 2.10 alusel

Moderniseerimisel LNG kasutusele võtul on maksumus kallim seetõttu, et lisanduvad LNG mahutid ning sõidukatkestus on pikem. Moderniseerimisel puhastusseadme skruuber kasutuselevõtuks on sõidukatkestuse aeg 20 päeva, LNG kasutusele võtul 40 päeva (vt tabel 2.10, 2.11).



2.6.4 Tasuvusanalüüs

Tasuvusanalüüs teostati aastani 2024 moderniseerimise nüüdisväärtuse ja kasumiindeksi osas nii olemasolevate laevade moderniseerimisel skruuberitega kui ka LNG-le üleminekul. **Tasuvusaja, praeguse puhasväärtuse ja kasumiindeksi arvutustes eeldatakse, et sõidu- ja veotariifide hinnad jäävad muutumatuks.**

Laevade üleminekul MGO kütuse kasutamisele ei kaasne olulisel määral täiendavaid rahalisi kulutusi (vt lisa 2-6), mille tõttu ei arvatud antud variandi tasuvusaega, praegust puhasväärtust ning kasumiindeksit. Kütuse MGO kasutamisel aastased kütuse kogused laevatüübiti ei muutu, kuid arvestades MGO kallimat hinda võrreldes HFO ja LNG-ga, suureneb kulutus kütusele, millega võib kaasneda kasumi langus juhul kui ei hakata pakkuma lisateenuseid, vähendama tühisõite või ei tõsteta olemasolevaid tariife.

Tabelis 2.13 on välja toodud tasuvusanalüüsi olulisemad majandusnäitajad, mille põhjal on võimalik hinnata erinevate laevatüüpide majanduslikku teostatavust olemasolevate laevade moderniseerimisel.

Lähtudes hindamiskriteeriumitest on moderniseerimine otstarbekas teostada siis, kui moderniseerimise nüüdisväärtus on > 0 ja kasumiindeks > 1 , mis arvestades tasuvusanalüüsi tulemusi on olemasolevate laevade moderniseerimisel teostatav LNG kasutuselevõtul (vt tabel 2.13). Ainukene erand on reisilaev kogumahutavusega 5000-5999, mille puhul on oluline teostada täiendavaid analüüse kasutades erinevaid analüüsimeetodeid, kuna moderniseerimise nüüdisväärtus < 0 ja kasumiindeks < 1 .

Moderniseerimise nüüdisväärtusega selgitatakse välja, kas moderniseerimine olemasolevate tariifide samaks jäämisel on tasuv. Kui tulemus on negatiivne, siis on kaks võimalust: 1) tõsta tariife või 2) vähendada oodatavat tulumäära.

Olemasolevate laevatüüpide moderniseerimisel skruuberiga suureneb aastane rahaline väljaminek amortisatsiooni ja kütuse maksumuse suurenemisega, kuna HFO maksumus on kõrgem kui LNG maksumus ning HFO kütusekulu on suurem 20% kui LNG kütusekulu.



Seetõttu on skruuberiga moderniseerimisel moderniseerimise nüüdisväärtus ja kasumiindeks negatiivne (vt lisa 2-6). **Negatiivsetest näitajatest nähtub, et aastaks 2024 ei ole skruuberiga moderniseerimine kasumlik sõidu- ja veotariifide muutumatuks jäädes.**

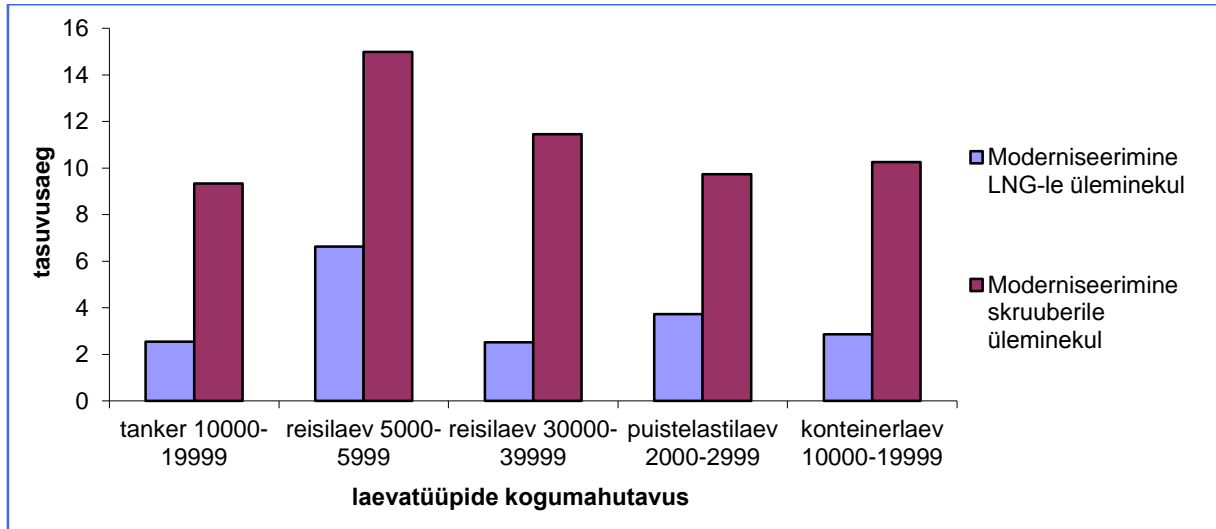
Tabel 2.13 Skruuberitega ja LNG-ga moderniseerimise tasuvusaeg, LNG moderniseerimise nüüdisväärtus ja kasumiindeks

Laevatüüp	Tasuvusaeg (aasta)		Nüüdisväärtus (EUR)	Kasumiindeks
	Skruuber	LNG	LNG	LNG
Tanker (GT 10000-19999)	9,13	2,54	8 381 704	2,42
Reisilaev (GT 5000-5999)	14,99	6,63	-111 655	0,93
Reisilaev (GT 30000-39999)	11,45	2,52	22 777 202	2,44
Puistelastilaev (GT 2000-2999)	9,73	3,73	586 001	1,65
Konteinerlaev (GT 10000-19999)	10,26	2,86	7 661 691	2,15

Allikas: arvutused lisa 2-6 andmete alusel

Tabelis 2.13 ei kajastata skruuberiga moderniseerimise nüüdisväärtust ja kasumiindeksit, kuna kõikidel olemasolevatel laevadel arvestusliku 10. aastase perioodi kohta on tulemused negatiivsed (vt lisa 2-6), mis tähendab, et nende puhul on positiivsed tulemused võimalikud pikemas ajaperspektiivis või siis tuleb positiivse tulemuse saavutamiseks olemasolevaid sõidu- ja veotariife tõsta.

Skruuberiga moderniseerimise tasuvusaeg on sama või pikem, kui analüüsiperiood (vt joonis 2.7).

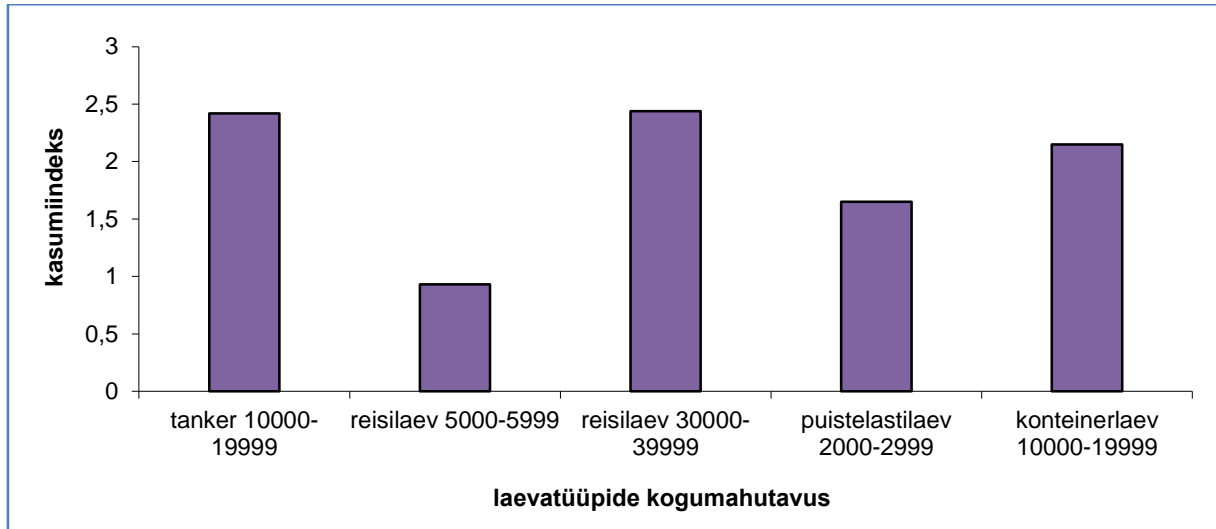


Joonis 2.7. Moderniseerimise tasuvusaeg aastates (koostatud tabel 2.13 alusel)

Jooniselt 2.7 nähtub, et moderniseerimisel LNG-le üleminekul on praktiliselt ühesed tasuvusajad (2,5 aastat) tankeril (GT 10 000- 19 999) ja reisilaeval (GT 30 000 – 39 999).

Analüüsist nähtub, et kõiki olemasolevaid laevatüüpe tasub LNG-le üleminekuks moderniseerida. Skruuberiga moderniseerimisel tasub moderniseerimine end 9,13 kuni 15 aastaga. Moderniseerimise järgselt on hinnatud laeva kasutuseaks 25 aastat ning puhastusseadmega (skruuber) moderniseeritud laevad teenivad kasumit laeva kasutusea jooksul u 10 aastat. Seega olemasolevate sõidu- ja veotariifide samaks jäädes skruuberiga moderniseeritud laevade kasumlikkus nähtub laevade kasuliku eluea viimases kümnendikus. Muutes ettevõtte turundusstrateegiat võib skruuberiga moderniseeritud laevade kasumlikkust saavutada varem.

Kasumiindeks näitab kui palju tulu saadakse iga kulutatud euro kohta - näiteks reisilaev kogumahutavusega 5000-5999 toodab iga kulutatud euro kohta kahjumit 0,07 senti. Teiste laevade moderniseerimisel saadakse tulu iga kulutatud euro kohta 0,67 kuni 1,44 (vt lisa 2-6, tabel 2.13, joonis 2.8). **Eelisjärjekorras tasub moderniseerida neid laevatüüpe, mille kasumiindeks on kõrgem, sest moderniseerimise maksumus (kulu) toodab end kiiremini tasa.**



Joonis 2.8. LNG-le ülemineku moderniseerimise kasumiindeks aastani 2024 (koostatud tabel 2.13 põhjal)

Joonisel 2.8 nähtub, et kõikide olemasolevate laevade (va kogumahutavusega 5000 – 5999) kasumiindeks on positiivne, mis tähendab, et antud laevade üleviimine LNG-le on majanduslikult tasuv.

Olemasolevate laevade moderniseerimisel puhastusseadme skruuberiga:

- saab jätkuvalt kasutada raskekütust (HFO);
- kütusekulu seoses süsteemikasutuse muutusega suureneb 3%.
- kütuse maksumus võrreldes kütust MGO kasutades väheneb 24,44% (vt lisa 2-6).
- moderniseerimise kiireim tasuvusaeg (9,13 aastat) on tankeril (GT 10000-19999), aeglasem (14,99 aastat) reisislaeval (GT 5000-5999) (tabel 2.13, joonis 2.7).
- moderniseerimine puhastusseadmega skruuber on odavam LNG kasutusele võtuga seotud moderniseerimiskuludest keskmiselt 1,91 korda (vt tabel 2.12).

Olemasolevate laevade moderniseerimisel veeldatud maagaasi (LNG) kasutuselevõtuks:

- saab kasutada veeldatud maagaasi (LNG);
- kütuse kogused vähenevad võrreldes HFO kogusega 20%;
- kütuse maksumus võrreldes kütust MGO kasutades väheneb 41,16% (vt lisa 2-6);



- moderniseerimise kiireim tasuvusaeg (2,52 aastat) on reisilaeval (GT 30000-39999), aeglaseim (6,63 aastat) reisilaeval (GT 5000-5999) (vt tabel 2.13, joonis 2.7);
- moderniseerimine LNG-le üleminekuks on kallim võrreldes moderniseerimisel puhastusseadme skruuberiga keskmiselt 1,91 korda (vt tabel 2.12).

Olemasolevate laevade moderniseerimine 10 aasta perspektiivis LNG-le üleminekuks on tasuvam kui puhastusseadme skruuberi paigaldamisel moderniseerimine, sest LNG kulu ja maksumus aastas on tunduvalt väiksem kui HFO kulu ja maksumus. Samas pikemas perspektiivis on moderniseerimine puhastusseadme skruuber kasutuselevõtul samuti kasumlik, kuna tasuvusaeg ei ole pikem kui 15 aastat ja olemasolevaid laevu saab peale moderniseerimist kasutada 25 aastat. Samas on puhasinvesteering (moderniseerimise maksumus) LNG-le üleminekul kallim, kuid tegemist on ühekordse investeeringuga, mis pikemas perspektiivis on kasumlik.

Olemasolevate laevade moderniseerimisotsuse vastuvõtmise kohta kütuse üleminekuks veeldatud maagaasile LNG selgus (vt tabel 2.13), et:

- moderniseerimine on majanduslikult aspektist teostatav, sest ühegi laevaliigi andmete analüüsist ei nähtunud, et võimalus moderniseerida tuleb tagasi lükata (moderniseerimise nüüdisväärtus = 0 ja kasumiindeks = 1);
- hindamiskriteeriumitele vastavad kõik laevatüübid va reisilaev mahutavusega 5000-5999, mille moderniseerimise otsuse vastu võtmiseks tuleb teostada täiendavaid analüüse kasutades erinevaid analüüsimeetodeid, kuna moderniseerimise nüüdisväärtus on väiksem kui 0 ja kasumiindeks on väiksem kui 1;
- moderniseerimine LNG-le üleminekuks on kallim võrreldes puhastusseadmega skruuberi seotud moderniseerimiskuludest keskmiselt 1,91 korda (vt tabel 2.12).



2.7 Eesti sadamate olemasoleva taristu sobivus LNG kasutuselevõtuks

Käesolevas peatükis antakse ülevaade ühelt poolt erinevatest laevade punkerdamise võimalustest, Eesti võimekusest nii täna kui ka lähituleviku plaanidest LNG punkerdamise võimaluste rajamisel ning viimasena kirjeldatakse maismaa gaasiturgu, mis selgitaks LNG võimalikku tarneahelat ning LNG kasutuselevõttu lähtudes laiapõhjalisemast vajadusest.

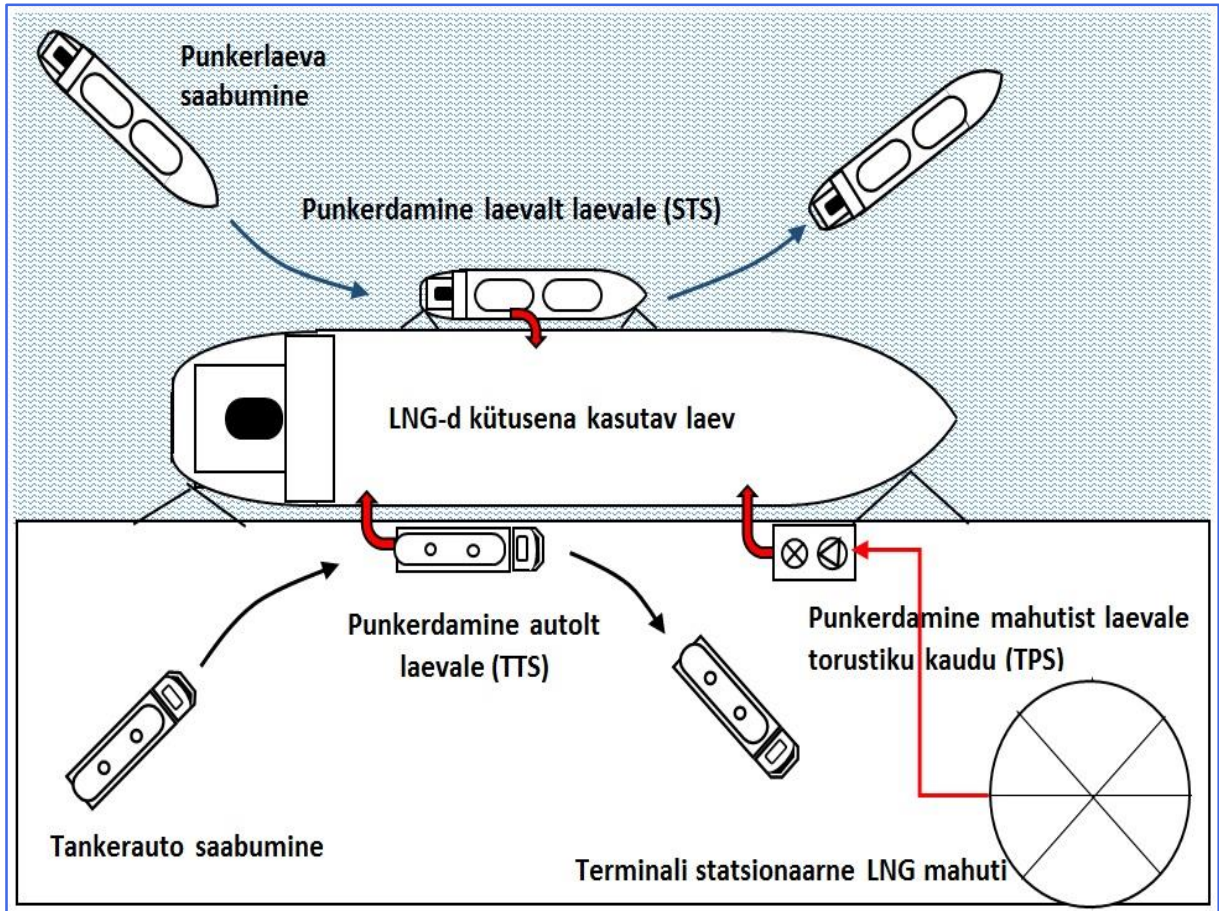
2.7.1 Ülevaade LNG laevade punkerdamisviisidest

Laevade LNG-ga punkerdamine on võimalik nii autodelt (truck to ship), LNG punkerlaevadelt (ship to ship) või kaldal asetsevatest LNG mahutitest (shore to ship). Lisaks sellele on veel üks vähem teatud meetod – LNG konteinerid laaditud laevale (containers loaded on board and used as fuel), milles olevat LNG-d kasutatakse kütusena. LNG punkerdamisviisi valik sõltub punkerdatavatest kogustest, nõutavast punkerdamiskiirusest ning kohapealsest LNG tarneahela ülesehitusest. Tihtipeale rajatakse punkerdamise tarneahel dubleerituna selleks, et ühe lüli tööst väljalangemine ei seaks ohtu laeva kütusega varustatust. Suure tõenäosusega on aastaks 2020 kõigisse Läänemere-äärsetesse suurematesse sadamatesse rajatud LNG-ga punkerdamise taristu. Kõige kiiremini rajatakse see ilmselt reisiparvlaevaliikluse sadamatesse.

Põhilisi punkerdamisviise (vt joonis 2.9) on kolm:

- Laevalt laevale (*Ship-to-ship, STS*), kas kai ääres või merel;
- Tankautolt laevale (*Tank truck-to-ship, TTS*)
- Vaheterminali mahutist laevale torustiku kaudu (*Terminal-to-ship via pipeline, TPS*).

Kaks viimast punkerdamismoodust on võimalikud ainult kai ääres.



Joonis 2.9. Erinevad LNG laevade punkerdamisviisid (Danish Maritime Authority 2012, kohandatud autorite poolt)

2.7.1.1 Laevalt laevale

Seda LNG punkerdamisviisi peetakse tulevikus peamiseks laevadele punkrimahuga 100 m³ ja enam (Ibid.) Peamiste põhjustena saab välja tuua:

- paindlikkuse, mis võimaldab punkerdada kõiki laevu kas kai ääres või merel;
- punkerdamiskiiruse;
- suure punkerdamiskoguse.

Loomulikult võivad punkerdamisvõimalusi merel piirata (ja sageli piiravadki) rasked ilmastikutingimused – tugev tuul, kõrge lainetus, halb nähtavus, jää, hoovused, tõus-mõõn jne. Määrava tähtsusega merel punkerdamisel on laevade omavaheline kinnitamine, korras



kinnitusotsad, vendrid ning punkerdamissüsteemi korrasolek, mis peab olema elastne, võimaldades laevade piisavat ja ohutut omavahelist liikumist.

Oluline on teada, et punkerdamisel laevalt laevale ei saa punkerdatavad LNG kogused olla liiga väikesed, vaid peavad olema vähemalt 100 m³ või enam (Ibid.).

2.7.1.2 Tankautolt laevale

Võrreldes muude alternatiividega on tankautod **investeeringuna kordades odavamad** ning võimaldavad paindlikult punkerdada laevu väikeste LNG kogustega. **Tankautodega punkerdamine on sobivaim LNG koguste jaoks kuni 100...200 m³**. Suuremad kogused, mis nõuavad 3...4 tankautotäit (40 m³ üks tankauto täis), on võimalikud vaid tingimusel, et punkerdamiseks on olemas piisav ajalimiit. (Ibid.)

2.7.1.3 Terminalist torustiku kaudu laevale

Punkerdamine terminalist laevale torustiku kaudu võimaldab suurimaid punkerdamiskiirusi ja koguseid, mis tähendab minimaalset punkerdamisele kuluvat aega. Punkerdamine torustiku kaudu on sobivaim lahendus spetsiaalsetel juhtudel nagu suure sagedusega ja lühikeste seisuaegadega liinivedude teenindamine või sagedased väikeste koguste punkerdamised nt. sadamalaevastiku laevadele või kalalaevadele. Oluline faktor punkerdamisel torustiku kaudu on kaugus punkerduskoha ja terminali mahuti vahel, mis tähendab, et mahuti peab paiknema punkerdamiskoha vahetus läheduses. Samuti piirab punkerdamisoperatsioonide paindlikkust seotus kindla fikseeritud punkerdamiskohaga, kuid kombineeritult teiste punkerdamisviisidega saab seda puudust leevendada.

Punkerdamine torustiku kaudu laevadele ei ole alati ja kõikjal võimalik seoses piiratud ruumiliste võimaluste, ohutusmeetmete või sadama muude jooksvate tegevustega. (Ibid.)

2.7.2 Laevade punkerdamine Eesti sadamates

Eesti ettevõtjate võimekus ning suundumus LNG kasutuselevõtuks aastaks 2024 on olemas, mida tõendab asjaolu, et plaanis on kahe LNG terminali rajamine, kuid see, kas need



mõlemad ka rajatakse, sõltub paljuski äriiselt tasuvatest otsustest ning riigi- ja EL poolsest toetusest antud valdkonna arendamisel. Lisaks LNG terminalide arendamisele on Eesti punkerdajatel juba 2015. aastal võimekus punkerdada üksikuid LNG laevu, kasutades selleks tankautosid, kuid oluline on siinjuures asjaolu, et pakkumaks Läänemerel konkurentsi LNG laevade punkerdamiseks ning turusegmenndis osalemiseks, on vajalik jätkuvalt arendada LNG punkerdamisvõimekuse infrastruktuuri ja ning laiemat LNG tarnesüsteemi.

Eesti sadamatel on mitmeid eeliseid, et arendada LNG punkerdamise võimekust ning LNG terminalide rajamist. **Eesti soodstate eeltingimustena võib välja tuua järgmist:**

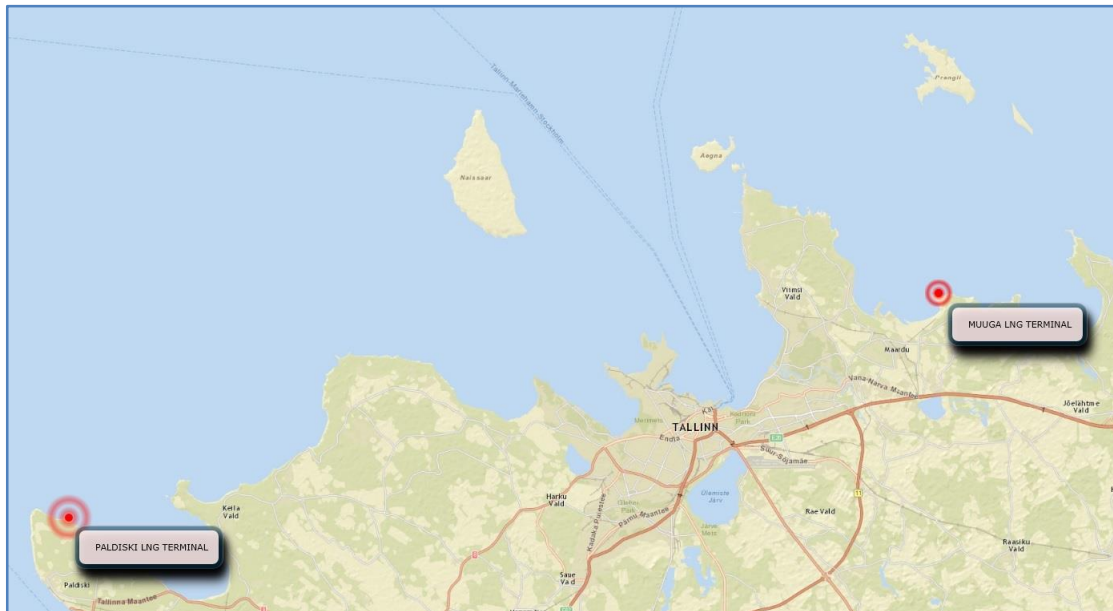
- väikesed vahemaad, mis soodustab autoga LNG vedu;
- mitmed kütuseterminalid, mis asuvad laevateede läheduses;
- võimekad punkerdusfirmad;
- reididel transiitpunkerdamise kogemus;
- soodne käibemaksusüsteem rahvusvahelises meresõidus olevatele laevadele punkerdamisteenuse osutamisel (käibemaksuga 0%) (Käibemaksuseadus § 15 punkt 3 lg 3);
- asjakohane õigussüsteem, mis võimaldab kiiresti teha vajalikke õigusmuudatusi;
- rahvusvaheline raamistik ja selged nõuded LNG terminalide ehituseks, mida on võimalik aluseks võtta planeerimise ning ehituse etapis.

Eeliste kõrval on ka **mitmeid puudusi**, mida on välja toonud nii terminalide arendajad kui ka arvamusküsitlusele vastajad:

- selgelt väljendatud poliitilise tahte puudumine LNG infrastruktuuri arendamiseks;
- mittepiisav teavitustöö LNG kasutamise eelistest ja miinustest;
- seadusandluse puudumine seoses LNG-ga opereerimisel (sh. punkerdamisel);
- maagaasi aktsiisipoliitika, mis ei soodusta maagaasi kui kütelliigi kasutamist;
- puuduvad toetusmeetmed laevade LNG-kasutuselevõtu soodustamiseks;
- laevaomanike suhteliselt väikene investeerimisvõimekus;
- vähene kogemus LNG laevakütuse kasutamisel.



Eestis on planeerimisel kaks LNG terminali – Alexela Group OÜ tütarettevõtte **Balti Gaas OÜ** eestvedamisel on plaanis ehitada Pakri poolsaarele (joonis 2.10) LNG terminal kogumahutavusega 160 000 m³ ning hinnangulise maksumusega 280 miljonit eurot (Hääl, Kaareste 2015).



Joonis 2.10. Plaanitavate Paldiski ja Muuga LNG terminalide asukohad (autorite koostatud kasutades BaltSeaPlan Web-i)

Paldiski LNG terminali arendamine on ehitusloa taotlemise etapis ning antud etapp lõpeb 2015 II kvartalis. Lisaks on välja töötatud terminali rajamiseks vajalik hankedokumentatsioon, mis ootab järgmise etapina väljakuulutamist ning ehitaja leidmist. LNG terminali ehitamise finantseerimiseks on plaanis taotleda osalist rahastamist EL vahenditest ning esimest EL poolset tagasisidet ning konkreetset seisukohta LNG terminali rajamiseks Eestisse oodatakse 2015 aasta teises pooles. (Hääl, Kaareste 2015)

Esimeses rakendusetapis rajatavas Paldiski terminali kompleksis on ette nähtud (joonis 2.11) (E-Konsult 2012, Kaareste 2015):

- kai koos väljalaadimise seadmetega LNG vastuvõtmiseks tankeritest;
- 1 LNG mahuti mahutavusega 160 000 m³. Teises etapis ning vastavalt nõudluse kasvule on plaanis ehitada teine LNG mahuti suurusega 160 000 m³;



- LNG aurustamise kompleks tootlikkusega 167 000 nm³/h. Vastavalt vajadusele on plaanitud teises etapis tagada LNG aurustamise kompleks tootlikkusega 500 000 nm³/h;
- soojuse ja elektri koostootmisjaam;
- lämmastiku- ja suruõhu kompleks;
- väljastatava maagaasi mõõtesõlm;
- gaasitorustik maagaasi magistraalvõrku - kompressorjaama;
- elektrialajaamad;
- tuletõrje seadmed;
- puurkaev;
- administratiiv-olmehoone;
- töökoda-laokompleks;
- jääkgaaside põletamise seade.



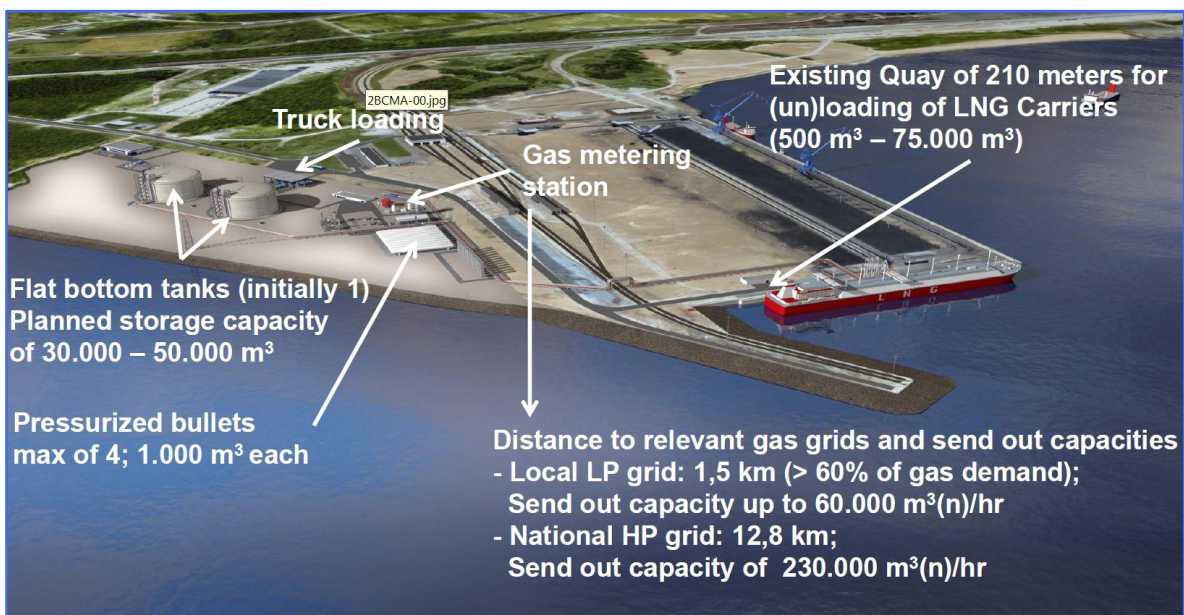
Joonis 2.11. Paldiski LNG terminali kuvand (Balti Gaas 2015)

Vopak LNG planeerib rajada LNG terminali Muuga sadama idapoolsele alale (joonis 2.10) jagades arenduse kahte etappi – **esimeses etapis on plaanis pakkuda esmasest turunõudlusest lähtuvalt punkerdamisteenust** (Vopak 2015, Lugtmeijer 2015). Edasi on



võimalik suurendada terminali mahte gaasiturule arengutele vastavalt, arvestades nii Eesti maagaasi turvavaru (SoS) hoiustamise, kui ka võimaliku regionaalse terminali vajadustega. Selleks plaanib **Vopak LNG terminali laiendada (teine etapp) rajades LNG mahuti kogumahutavusega 30 000 – 50 000 m³**, mis pakuks lisaks punkerdamise teenusele SoS maagaasi varu ning oleks ühendatud nii põhivõrgu ja võimalusel ka jaotusvõrguga (joonis 2.12). Põhivõrgu kaudu tagatakse tulevikus ühendus ka planeeritava Soome ja Eesti vahelise Balticconnector torustikuga, peale selle eeldatavat valmimist 2019 aastal või hiljem. Vajadusel on võimalik terminali täiendavate mahutite rajamise tulemusena laiendada regionaalse vedelgaasiterminali mahule vastavaks.

Esimese etapi plaanitav valmimise aeg on 2016 aastal, mis on 18 – 20 kuud peale esmase finantseerimisotsuse tegemist ning teise etapi valmimine on plaanitud aastal 2017 (Vopak 2015) ning edasised arengud sõltuvad vajadustest.



Joonis 2.12. Muuga LNG terminali kuvand (Vopak 2015)

Mõlemad arendajad on plaaninud ühendada LNG terminalid riiklikusse gaasi põhivõrku, mis tekitaks konkurentsi Eesti gaasiturul ehk võimaldaks osta gaasi mujalt kui ainult Venemaalt ja Leedust. Muuga LNG terminali puhul asub madalsurve gaasitrass (jaotusvõrk) 1,5 km kaugusel ning kõrgsurve trass (põhivõrk) 12,8 km kaugusel (Vopak 2015). Plaanitavast



Paldiski LNG terminalist on perspektiiv liituda Balticconnector raames arendatava gaasitrassiga, mille vahemaa olenevalt Balticconnector maale suundumise kohast on 0 – 7 km (Kaareste 2015b). Balticconnector liitumine maismaa gaasitrassiga on plaanitud Kiilis, mille vahemaa maabumiskohast on umbes 50 km. Maismaa gaasitoru (kompressorjaamast kuni Kiili gaasivõrguni) projektid ning Kersalu kompressorjaama rajamine viiakse ellu Eesti arendajate poolt ning need ei kuulu Balticconnector projekti koosseisu (Ramboll 2014).

Tuginedes LNG terminali arendajate plaanidele võib järeldada, et aastal 2024 on Eestis vähemalt üks suur LNG terminal ning võib-olla üks väiksem punkerdamisterminal, kuid kuna muutuvaid asjaolusid (poliitilised, EL toetused, maagaasi tarbimine, Balticconnector jt), mis ei ole otseses sõltuvuses terminalide arendajatest, on mitmeid, siis täpset hinnangut, kui suured või millised on valmivad terminalid, ei ole võimalik määrata. Võttes arvesse plaanitavate LNG terminalide asukohtasid ning üldiseid LNG laevade ehitamise/moderniseerimise suundumusi esmalt reisilaevanduses, mis Eestis külastavad peamiselt Vanasadamat, on oluline valmis olla ka laevalt-laevale punkerdamise teenuse osutamiseks.

2.7.3 Ülevaade Eesti maismaa gaasiühenduse tarneahelast

Kõige parema ülevaate Eesti gaasiturust annab Konkurentsiameti poolt koostatud aruanne elektri- ja gaasiturust (2014), mille kohaselt Eestil on maagaasi võrguühendused Venemaa ning Lätiga, kes kõik soetavad maagaasi Venemaalt.

Lähtudes Konkurentsiameti aruandest (2014) on AS EG Võrguteenus omanduses Eesti ülekandevõrk 885 km, sh 37 gaasijaotusjaama (GJJ) ja 3 gaasimõõtejaama (GMJ) (vt joonis 2.13). AS EG Võrguteenus on maagaasiseaduse mõistes alates 01.08.2013 ainult ülekandesüsteemi operaator (varemalt ka jaotusteenuse osutaja) ja gaasisüsteemi süsteemihaldur. AS EG Võrguteenus rendib lepingu alusel transiidiühenduse varasid Misso kandis AS-lt Eesti Gaas. Enne süsteemihalduri sertifitseerimist peab AS EG Võrguteenus saama ka transiiditorude omanikuks (maagaasiseaduse 10.04.2014 muudatus). Eesti gaasi ülekandesüsteem on välja kasvanud endise Nõukogude Liidu gaasivõrgust ning on seetõttu



ühendatud Venemaa ja Läti gaasisüsteemidega. Eesti gaasisüsteemil puudub oma kompressorjaam ning gaasi ülekandeks vajalik rõhk tagatakse kas Venemaa ülekandesüsteemis asuvate kompressorjaamadega või Lätis asuvast Inčukalnsi maa-alusest gaasihoidlast. (Konkurentsiamet 2014)



Joonis 2.13. Eesti gaasisüsteemi ülekandevõrk (Allikas: AS EG Võrguteenus, 8.01.2015)

Vaadeldes maagaasi rahvusvahelisemat võrku (joonis 2.14), võib järeldada, et Eesti gaasi ülekandevõrgu ühendusi on plaanitud ühendada lisaks olemasolevatele ülekandevõrkudele Soome gaasituruga Balticconnector'i kaudu. Balticconnector'i projekti KMH programmi (2014) kohaselt tagaks Soome ja Eesti gaasitaristu ühendamine tulevikus ühtsema ja mitmekesisema maagaasi võrgustiku Läänemere piirkonnas ning sellest lähtuvalt parandab maagaasi tarne turvalisust Euroopa Ühenduse kirdeosa liikmesriikidele. Avamere gaasitoru võimaldaks maagaasi vahetust Soome ja Eesti vahel ning samal ajal pakuks võimaluse ära kasutada Läti maa-aluse gaasihoidla rajatise. Kavandatav gaasitoru suudaks opereerida mõlemas suunas, võimaldades edastada gaasi läbi Soome Eestisse ja vastupidi.



Joonis 2.14. Soome lahe piirkonna gaasitrassid (olemasolevad ja kavandatavad) (Ramboll 2014)

Vastava Balticconnectori projekti KMH programmi dokumendi (2014) kohaselt hõlmab projekt:

- avamere gaasitoru Inkoost (Soome) Paldiskisse (Eesti);
- maagaasi vastuvõtijaamu (nii Soomes kui Eestis);
- maismaa gaasitorusid merre suubumiskohast kuni kompressorjaamani Soomes ja maagaasi vastuvõtijaamani Paldiskis Kersalus;
- kompressorjaama Inkoos.

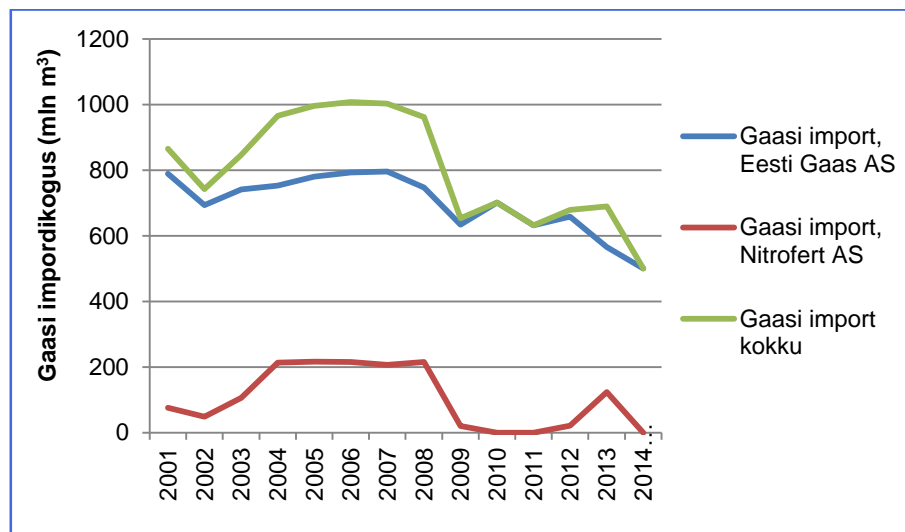
Balticconnector projekti arendaja on Gasum Oy, kes soovib gaasitoru ehitust alustada 2019.

a. Gaasitoru kasutuselevõtu ettevalmistustööd toimuks 2021. a jooksul (Ramboll 2014).



2.7.4 Maagaasi tarbimisest Eestis

Eesti maagaasiturul toimus 2013. aastal teist aastat järjest imporditud ja müüdud maagaasi koguste suurenemine (2011 – 627 mln m³, 2012 – 679 mln m³ aastas, 2013 – 689 mln m³ aastas) (vt joonis 2.15), mille põhjustas keemiatööstuse AS Nitrofert tootmise taaskäivitamine 2012. aasta detsembris. Augustikuus 2013 peatati tehas plaaniliseks remondiks. Konkurentsiameti poolt aruande koostamise ajaks 2014 aastal pole keemiatööstus uuesti tootmist alustanud ja seda ei plaanita teha ka lähiajal. Muu Eesti maagaasi tarbimine 2013. aastal vähenes 14% (2012 – 658 mln m³, 2013 – 566 mln m³). (Konkurentsiamet 2014)



Joonis 2.15. Eesti gaasi import (koostatud Konkurentsiameti elektri- ja gaasituru aruande põhjal, 2014)

Peamiseks maagaasi kasutusala on soojusenergia tootmine (kaugküte 32% ning äritarbivate küte 9% tarbitavast gaasist) ja tööstuslikud protsessid (18% väetisetööstus ja 22% muud tööstuslikud protsessid). Maagaasi suhteliselt kõrge hind viimaste aastate jooksul on kaasa toonud kaugkütteks maagaasi kasutatavate soojuse tootjate siirdumise teiste kütuste juurde (peamiselt kohalikud taastuvad kütused). (Konkurentsiamet 2014)

Gaasi päritolumaaks on Venemaa ning hetkel tegutseb turul vaid üks hulгимүүja – AS Eesti Gaas. Impordiluba on väljastatud ka ettevõtjale AS Nitrofert, kes tarnib gaasi vaid tootmiseks



ning Baltic Energy Partners OÜ-le, kes reaalseid tarneid teinud ei ole. Sarnaselt hulgiturule on ka jaeturu osas AS Eesti Gaas turgu valitsevas seisundis. 2013. aastal oli AS-i Eesti Gaas osakaal jaeturul kasvanud 89,2%-ni. Ülejäänud 10,8% jaeturul müüdavast gaasist ostetakse võrguettevõtjate ja gaasimüüjate poolt edasimüügiks AS-lt Eesti Gaas. (Konkurentsiamet 2014) 2015. aasta veebruarikuu seisuga tegutseb gaasiturul 25 gaasi jaemüüjat (RIK 2015).

Konkurentsiameti hinnangul (2014) on Eestis nõudlusele vastav gaasi pakkumine täidetud ka lähiaastatel. Eesti gaasituru arengu võtmeküsimuseks on infrastruktuuri investeeringute tegemisega (regionaalne LNG terminal Eestisse ja/või Soome koos vajalike ühendustega) uute tarnijate turule meelitamine ja gaasi kasutamise langustrendi peatamine. Lisaks LNG terminali loomise vajadusele on Konkurentsiameti seisukohalt oluline Balti riikide gaasivõrgu ühendamine Euroopa gaasivõrkudega.

Esimene samm maagaasi turul konkurentsi tekkimiseks on Leedu LNG terminal, mis loob lisaks OAO-ga Gazprom-lt imporditavale maagaasile, võimaluse osta gaasi Leedu gaasibörsilt GET. Esimene tehing leidis aset detsembrikuu alguses 2014 vahetustehinguna, kus Läti Incukalnsi gaasihoidlast saadeti Eesti suunas 100 000 m³ gaasi vastutasuks Leedu suunalt tuleva tarne eest (Postimees majandus, 9. detsember 2014).

Läänemere LNG terminalide areng

LNG terminalide areng Läänemeres ja Põhja-Euroopas (v.a. Norra) on seni olnud oodatust (Danish Maritime Authority 2012, DNV 2012) aeglasem.

Eesti poolel on selgelt tunda operaatorite huvi ning võimekust ja on tehtud ulatuslikke ettevalmistustöid.

Peamised eelised LNG terminalide rajamiseks Eestis:

- väikesed vahemaad, mis soodustab autoga LNG vedu;
- mitmed kütuseterminalid, mis asuvad laevateede läheduses;
- võimekad punkerdusfirmad;
- soodne käibemaksusüsteem rahvusvahelises meresõidus olevatele laevadele punkerdamisteenuse osutamisel (käibemaks 0%);
- asjakohane õigussüsteem, mis võimaldab kiiresti teha vajalikke õigusmuudatusi;
- rahvusvaheline raamistik ja nõuded LNG terminalide ehituseks, mida on võimalik aluseks võtta.



Peamised probleemid LNG terminalide rajamiseks Eestis:

- selgelt väljendatud poliitilise tahte puudumine LNG infrastruktuuri arendamiseks;
- mittepiisav teavitustöö LNG kasutamise eelistest ja miinustest;
- seadusandluse puudumine seoses LNG-ga opereerimisel (sh. punkerdamisel);
- aktsiisipoliitika, mis ei soodusta maagaasi kui kütteliigi kasutamist;
- puuduvad toetusmeetmed laevade LNG-kasutuselevõtu soodustamiseks;
- laevaomanike suhteliselt väikene investeerimisvõimekus;
- vähene kogemus LNG laevakütuse kasutamisel.

Kõik tehnilised probleemid LNG punkerdamise ja terminalide osas on lahendatavad, põhiküsimuseks on poliitiline tahe ja riigipoolne tõhusam toetus.

Olulised LNG kasutuselevõtu tehnilised aspektid

LNG kasutuselevõtu tehnilised aspektid laevadel on seotud eeskätt selle omadustega võrreldes traditsiooniliste vedelkütustega.

LNG laevakütuse põhieelised on:

- kahjulike atmosfääriemissioonide vähenemine, sh. SO_x ja PM osas praktiliselt täielikult, NO_x osas 90...95%;
- 20...25% väiksem kütusekulu massi järgi ja CO₂ emissiooni kuni 30% vähenemine;
- LNG hind, mis on prognoositavalt samas suurusjärgus HFO hinnaga või 20% madalam ning tunduvalt madalam MGO hinnast;
- LNG-l töötavate mootorite parem tehniline seisukord võrreldes traditsioonilistel vedelkütustel töötavate mootoritega tänu puhtale põlemisprotsessile ja sellest tulenev remondi- ja hooldustööde mahtude vähenemine.

Puudused ja probleemid LNG kasutuselevõtul laevadel:

- tuleb paigaldada spetsiaalsed, kas ainult gaasil või gaasil ja/või vedelkütusel töötavad mootorid, mis on u. 40% kallimad diiselmootoritest;
- vajalik leida moodus ja koht vajaliku gaasikoguse hoidmiseks ja käitlemiseks koos LNG taasgaasistamise ning gaasi etteandesüsteemidega;
- peab arvestama kõrgendatud tuleohuga ning laevapere liikmete ja punkerdajate eriväljaõppe vajadusega krüogeensetel temperatuuridel LNG ohutuks käitlemiseks.

Oluline teave LNG hoiustamisest

- LNG säilitamine laeval nõuab efektiivse soojaisolatsiooniga erimahuteid, mille maksumus on 20...25 korda kallim ning on täidetult umbes 2 korda raskemad tavapärase vedelkütuste mahutitega võrreldes, mis vähendab vastavalt kasulikku kandevõimet.



- LNG mahutid võivad paikneda kas avatekil või laeva sees, viimasel juhul hermeetilistes ventileeritavates, gaasilekke detektorite ja gaasi etteande automaatse sulgemise süsteemidega varustatud ruumides. Kokku tähendab see vähemalt 3...4 korda suuremat ruumi võrreldes naftakütuste hoiustamisega laevas.
- LNG mahutite paigutus laeval on piiratud minimaalse lubatud kaugusega laeva parrastest (1/5 laeva laiuusest) vigastuste ohu vähendamiseks laevaõnnetuste korral.

Tasuvusanalüüsi tulemustest olulisem

- Majanduslikult aspektist lähtuvalt on otstarbekas olemasolevad laevad sõidu- ja veotariifide muutumatuks jäädes moderniseerida LNG kasutuselevõtuks, mitte moderniseerida puhastusseadmele skruuber üleminekuks.
- Kõrgem tulevane kasumitootlus on reisilaeva kogumahutavusega 30 000 – 39 999 moderniseerimisel LNG-le üleminekuks.
- Reisilaeva kogumahutavusega 5000-5999 LNG-le moderniseerimise otsuse vastuvõtmiseks tuleb teostada täiendavaid analüüse erinevate analüüsimeetoditega.

Eesti sadamate valmisolek LNG laevade teenindamiseks

- Aastal 2015 on olemas võimekus punkerdada väiksemaid üksikuid LNG laevu (nt. mandri ja saarte vahel ühendust pidavaid reisiparvlaevu) kasutades selleks tankautosid
- Planeerimisel 2 LNG terminali: Pakri poolsaarel (Paldiski LNG terminal) ja Muuga sadamas (Muuga LNG terminal)
- Aastal 2024 on suure tõenäosusega Eestis vähemalt üks LNG terminal ning võimekus osutada punkerdamisteenust lisaks terminalile ja tankautodele ka laevalt-laevale.



3. LNG KASUTUSELEVÖTU RISKIDE JA VÕIMALUSTE HINDAMINE

3.1 Tehnilised riskid ja võimalused

Hoolimata asjaolust, et lähiaastatel pole massilist laevade moderniseerimist LNG-le üleminekuks ette näha, on vabariigi laevaremondi ja -ehitusettevõtted eeldatavasti võimelised seda tööd tegema, kuid ka lähipiirkondades (eeskätt Soomes) on piisavalt võimekaid laevaehitusettevõtteid. Projekteerivaid ettevõtjaid tänase päeva seisuga küll napib, kuid tellimuste korral leitakse ka täitjad. Kui alguses vajataksegi väliskonsultantide abi, kasvavad kiiresti ka oma pädevad projekteerijad ning tööde täitmisel ka kvalifitseeritud oskustööjõud. Optimismiks annab lootust praktiline näide väikelaevaehituse kõrgest tehnilisest tasemest ja kiirest arengust vabariigis, eeskätt Saaremaal.

Riskide vähendamise osas ekspuateerimisel on esmajärgulise tähtsusega personali koolitus ja IMO poolt välja töötatava rahvusvahelise koodeksi gaas- ja teiste madala süttimistemperatuuriga kütuste ohutuks kasutamiseks laevadel (IGF Code) ning DNV GL juhiste alusel koostatud protseduurireeglite kehtestamine Eestis LNG ohutuks käitlemiseks nii tava- kui eriolukordades.

Tehniliste võimaluste osas peab silmas pidama, et ehkki CO₂ emissioonid vähenevad kuni 25%, ei kaasne sellega kasvuhoonegaaside samaväärne vähenemine, mis on tingitud LNG-l töötavatele neljataktilistele mootoritele iseloomulikust maagaasi osalisest läbivoolust läbi mootori ilma põlemata. Kuna maagaas on u 20 korda suurema kasvuhoonegaasi potentsiaaliga, kahandab see kokku kasvuhoonegaaside vähendamise efekti.

Kütuse kokkuhoid (20% massi järgi) on seotud maagaasi kõrgema kütteväärtusega.

Mootorite tehniline seisukord sõltub kütuse puhtusest, mille osas maagaasile vedelkütuste hulgas konkurente pole. Maagaasis praktiliselt puuduvad raskekütustele iseloomulikud



lisandid nagu abrasiivne katalüsaatoritolm (cat fines), tuhk, väävel ja kõrgmolekulaarsed raskelt põlevad, vaigu- ja pigilaadsed süsivesinikühendid. Need lisandid põhjustavad põlemiskambri pindade kattumist nõega, klappide ja silindri-kolvigrupi korrosiooni, kolvirõngaste kinnipõlemist ning kütuseaparatuuri ja silindri-kolvigrupi kiiremat kulumist.

LNG-l töötava mootori põhisõlmede tunduvalt parem seisukord võimaldab pikendada hoolduste ja remontide vahelisi intervalle ja seega vähendada nende mahtu.

Tabel 3.1. LNG kasutuselevõtu tehnilised riskid ja võimalused

Tehnilised riskid	Tehnilised võimalused
<ul style="list-style-type: none"> • LNG laevade tootmist/ümberehitamist võib piirata tootmisvõimsuste nappus • Moderniseerimist projekteerivate ettevõtjate vähesus • Moderniseerimist teostavate ettevõtjate oskustööjõu ressursi vähesus • Vähesed kogemused LNG laevade ekspuaterimisel • LNG laevade tehnoloogia uudsus • LNG laevade kõrgendatud tuleohtlikkus ning lekkimised (punkerdamisel, ekspuateratsioonil) 	<ul style="list-style-type: none"> • On tagatud atmosfäärireostuse oluline vähendamine (SO_x, NO_x, PM, CO₂) • Kütuse kokkuhoid • Mootorite parem tehniline seisukord • Väiksemad mootorite remondi – ja hoolduskulud • Puhas masinaruum ja mootor

Autorid on arvamusel, et kuna LNG kasutuselevõtmine laevadel ei toimu massiivselt lühikese ajaperioodi jooksul, vaid järk-järgult koos kaldataristu väljaarendamisega, lahenevad tehnilised probleemid ja riskid loomuliku arengu käigus. Koos LNG laevade tulekuga koolitatakse välja vajalik personal, koostatakse LNG ohutu käitlemise ja protseduurireeglid ning omandatakse vajalikud oskused ja kogemused. Nagu arvutused näitavad, on LNG kasutuselevõtmine majanduslikult tasuv ja tunduva osa reisilaevadest üleminek LNG-le tagab laevadelt tulevate kahjulike atmosfääriemissioonide mõju olulise vähenemise elukeskkonnale.



3.2 Infrastruktuuri arendamise riskid ja võimalused

Punkerdamisteenuse osutamine mõnele üksikule Eesti sadamaid külastavale LNG laevale on juba 2015. aastal võimalik kasutada selleks tankautosid. Siiski on Eesti LNG infrastruktuuri arendamise lähiaja plaanid suuremad ja laiemamahulised, mis omakorda nõuavad suuri investeeringuid - näiteks Paldiski LNG terminali arendamiseks on juba planeerimise etapis 2015. aasta alguseks tehtud investeeringuid 8 miljoni eurot (Kaareste 2015) ning lõplikuks terminali valmimiseks on plaanitud 280 miljonit eurot (Hääl, Kaareste 2015).

LNG infrastruktuuri arendajate seisukohalt võib pidada kõige **suuremaks riskiks majanduslikku mittetasuvust**, mida võib tingida ebapiisav tarbijate hulk nii mere kui ka maismaa poolt.

Teise ohuna võib näha asjaolu, et LNG terminalide planeerimine ning arendus võtavad erinevatel arendajatest mittesõltuvat asjaoludel nii pikalt aega, et **infrastruktuuri arendused aeguvad**.

Lisaks võib eraldi riskina välja tuua aasta-aastalt väheneva maagaasitarbijate hulga, mis võib Konkurentsiameti (2014) andmetel olla tingitud maagaasi suhteliselt kõrgest hinnast viimaste aastate jooksul. See omakorda on kaasa toonud kaugkütteks maagaasi kasutatavate soojuse tootjate siirdumise teiste kütuste juurde (peamiselt kohalikud taastuvad kütused). Kindlasti ei soodusta maagaasi laialdasemat kasutust või kasvutendentsi aasta-aastalt kallinev aktsiisimäär.

Lisaks peamistele riskidele on LNG kasutuselevõtuga seonduva infrastruktuuri arendamiseks mitmeid võimalusi nagu taotleda **EL poolset kaasfinantseerimist LNG infrastruktuuri väljaarendamisel**. Lisaks on Eesti LNG terminalide arendajad siiani teinud ära märkimisväärse ettevalmistava töö, mis võimaldab neil esimesel võimalusel turunõudluse tekkimisel alustada infrastruktuuri järk-järgulist ehitamist ning teenuste osutamist. Suur eeldus ning peamine pikem eesmärk on **LNG terminalide arendamisel nende maismaa gaasivõrku ühendamine**, mis looks täiendava tarnevõimaluse ning laiendaks seeläbi gaasituru praegust peaaegu olematut konkurentsi.



Lisaks LNG terminalide gaasivõrku ühendamisele on võimaluseks LNG **laiem tarbimine muudes maismaa sektorites nagu seda on ühistransport, raudtee- ja autotransport ning eraldiseisvad LNG kütusel põhinevad katlamajad.**

Üheks suurimaks võimaluseks ning samas suureks investeringuriskiks, on arendada LNG terminal enne konkurentide luues seeläbi ajalise konkurentsieelise võrreldes teiste terminali arendajatega.

Tabel 3.2. LNG-ga seonduva infrastruktuuri arendamise riskid ja võimalused

Infrastruktuuri arendamise riskid	Infrastruktuuri arendamise võimalused
<ul style="list-style-type: none"> • LNG terminalide planeerimise ning ehitamise pikk protsess, mille tõttu võivad infrastruktuuri arendused aeguda. • Majanduslik risk, et LNG infrastruktuuri arendamine ei ole majanduslikult tasuv • Vähene LNG ja maagaasitarbijate hulk ehk vähene nõudlus 	<ul style="list-style-type: none"> • Kasutada EL erinevate fondide finantse • Arendada infrastruktuuri vastavalt nõudlusele • Võimalus ühendada arendatav(ad) terminal(id) maismaa gaasivõrku • Arendada maismaal LNG laiemat tarbimist • Arendada terminali enne konkurentide, mis annaks ajalise konkurentsieelise võrreldes teiste riikidega

LNG infrastruktuuri arendamiseks Eestis on soodsad eeltingimused olemas, kuid see ei välista siiski võimalikke tekkivaid riske (tabel 3.2.), millest peamiseks võib nimetada majanduslikku mittetasuvust ning vajalikku kriitilise määra tarbijate tekkimist. Tabelis 3.2. nimetatud võimalusi on praegused Eesti LNG terminalide arendajad kui ka riiklik sektor järgemööda kasutamas ning rakendamas.

3.3 Majanduslikud riskid ja võimalused

Olemasolevate laevade moderniseerimine LNG kasutuselevõtuks majanduslikust aspektist lähtuvalt tasub ka siis, kui kehtivad veotariifid jäävad muutumatuks. Moderniseerimine on aegavõttev tegevus, milleks eelnevalt tuleb koostada projekt ning sõlmida lepingud teostajatega. Lisaks tuleb arvestada sõidukatkestusega ning leida alternatiivseid võimalusi klientide teenindamiseks.



Majanduslikeks riskideks (vt tabel 3.3) võib autorite hinnangul olla laevaomanike vähene huvi olemasolevate laevade moderniseerimiseks, laevaomanikud võivad pigem otsustada uute laevade tellimise kasuks. Moderniseerimise takistuseks võib saada likviidse vara vähesus ning pikaajaliste finantsinvesteeringute soovimatus või siis finantsasutuste ja riskikapitalistide vähene huvi. Takistuseks võivad kujuneda olemasolevate laevade turustamisvõimalused, eriti SECA piirkonnas, sest kasutades vaid HFO kütust, ei ole nendega võimalik teenust Läänemere piirkonnas pakkuda.

Tabel 3.3 LNG kasutuselevõtu majanduslikud riskid ja võimalused (autorite koostatud)

Majanduslikud riskid	Majanduslikud võimalused
<ul style="list-style-type: none"> • Laevaomanike likviidse vara vähesus • Olemasoleva laeva moderniseerimiseks pangalt raha mitte saamine • Olemasolevate laevade raskendatud müügivõimalused 	<ul style="list-style-type: none"> • Omanike investeering omakapitali • Võõr- ja riskikapitali kaasamine • Maksusoodustuste taotlemine • EL toetused

Majanduslikeks võimalusteks (vt tabel 3.3) on autorite hinnangul esmajärjekorras Eesti riigi maksusoodustuste kehtestamine ja EL pooled toetusmeetmed olemasolevate laevade moderniseerimiseks. Üheks võimaluseks on laevaomanikel suurendada aktsiaportfelli ja kaasata võõrkapitali sh riskikapitaliste.



4. LNG KASUTAMISELE ÜLEMINEKU PROGNOOS JA STSENAARIUMID AASTANI 2024 JA NENDE MAKSUMUS

LNG laevade kasutuselevõtu prognoosi ja stsenaariumite koostamisel aastaks 2024 on tuginetud käesolevas uuringus käsitletud laevandustegevuse trendide määramisele ning LNG laevakütuse kasutuselevõtu potentsiaali hindamisele. Stsenaariumite koostamisel on arvesse võetud erinevaid käimapanevaid faktoreid, mis mõjutavad LNG laevade turule tulekut.

Oluline on siinjuures täheldada, et LNG laevakütuse ning laevade turule tulek ei sõltu ainult laevaomanike investeeringutest, vaid ka muudest käimapanevatest faktoritest nagu LNG kütusehind võrreldes MGO ja HFO hinnaga, LNG infrastruktuuri ja punkerdamisvõrgustiku arendamine, laialdasema LNG ja maagaasi tarbimise soodustamine (maismaa tarbimine), EL ja Eesti riigi poolsete soodsate tingimuste loomine LNG kasutuselevõtuks.

Lisaks väljatoodud faktoritele on oluline arvesse võtta, et uue LNG laeva kasutuselevõtu protsess kestab umbes 3 aastat ning soetusmaksumus on 25 - 30% kallim võrreldes samalaadse vedelkütusel töötava laevaga.

Samas olemasoleva laeva moderniseerimine LNG-le üleminekuks kestab ligikaudu 40 päeva, kuid arvestada tuleb opereeriva laeva sõidult mahavõtmise keerukust, mis on eriti raskendatud reisilaevade puhul. Moderniseerimine LNG-le üleminekuks on otstarbekam uuemate laevade puhul, sest nende kasutusiga peale moderniseerimist on veel 25 aastat.

4.1 Prognoos aastaks 2024

Prognoosi koostamisel on eesmärgiks anda hinnang kõige reaalsemale olukorrale LNG laevade arvu osas, mis opereerivad Eesti vetes aastal 2024. Võttes arvesse majanduslikke ja tehnilisi aspekte, poliitilist olukorda LNG laevakütuse kasutuselevõtul ning erinevaid



rahvusvahelisi prognoose hindavad autorid **2024 aastaks Eesti vetesse LNG laevade arvu järgmiselt:**

- 3...6 uut LNG laeva, millest 2-4 on reisilaevad, 1 tanker ning 1 konteinerlaev
- 1...5 LNG-le ümberehitatud laeva.

Tuginedes olemasolevatele andmetele võib eeldada, et **esmajärjekorras võetakse LNG laevad kasutusele reisilaevanduses, kus laevadel on kindlad sõidugraafikud ning trajektoorid**, mis lihtsustab antud laevade punkerdamist võrreldes näiteks tankerite, puistlasti- ja konteinerlaevade puhul. Lisaks suurematele LNG reisilaevadele kogumahutavusega 45 000 ja enam näevad autorid **suurt potentsiaali LNG laevade kasutuselevõtul mandri ja kahe suurema saare vahel ühendust pidavatel parvlaevadel**. Kindlust selles osas annab ka AS Tallinna Sadama uute mandri ja suurte saarte vahelistele liinidele kavandatud parvlaevade hange, milles on ette nähtud valmisolek üleminekuks LNG-le. Selleks on reserveeritud eraldi ruum LNG mahuti jaoks masinaruumis. Kokku on tellitud 4 laeva, neist 2 ehitatakse Poolas ja 2 Türgis hanke täitmise tähtajaga 2016.a. kolmas kvartal (Kiil 2015a).

Eesti sadamaid külastavate reisilaevade osas arvestame stsenaariumides uute LNG-laevadega ja on olemas võimalus, et olemasolevatest laevadest 1 ehitatakse ka ümber (nt. Viking XPRS). Võttes aluseks IHS CERA prognoosi (Abadie *et al* 2011) LNG-laevade osatähtsuse kohta kogu kaubalaevastikus aastaks 2025 4%, võib LNG-le üleviidud tankerite ja konteinerlaevade külastuste arvuks lugeda keskmiselt 4% nende laevatüüpide poolt Eesti sadamate külastuste koguarvust.

Tasuvusanalüüsist lähtudes laevade LNG-le moderniseerimisel on ühe olemasoleva laeva soetusmaksumus (arvutuse aluseks on võetud konkreetse uuendatava laeva jääkmaksumus enne moderniseerimist, millele arvestati juurde lisanduv moderniseerimismaksumus) järgmine:

- tankeril (GT 10 000 – 19 999) 26 719 450 eurot;
- reisilaeval (GT 5000-5999) 28 464 379 eurot;
- reisilaeval (GT 30 000 – 39 999) 116 846 362 eurot;



- puistelastilaeval (GT 2000 – 2999) 14 374 832 eurot;
- konteinerlaeval (GT 10 000 – 19 999) 33 687 744 eurot.

4.2 Stsenaariumid aastaks 2024

Stsenaariumite koostamisel aastaks 2024 on arvesse võetud, et tegemist on tulevikku suunatud erinevate lahendusvariantidega Eesti sadamaid külastavate LNG laevade arvu osas võttes aluseks kõige iseloomulikuma suurusega laevad erinevate laevatüüpide lõikes. Stsenaariumit võib defineerida kui tulevikus aset leidvat võimalikku lahendust (tulevikunägemus), mis võib tulenevalt erinevatest mõjutavatest teguritest muutuda. Stsenaariumite koostamisel on aluseks võetud erinevad tegurid, mis võivad mõjutada Eesti vetes opereerivate LNG laevade arvu. Infrastruktuuri vajaduse hindamisel erinevates stsenaariumites on eeldatud, et Eesti sadamaid külastavad laevad punkerdavad Eestis.

Stsenaariumite koostamisel on arvesse võetud peamised mõju avaldavad tegurid järgmiselt:

- LNG kütusehind võrreldes HFO-ga;
- majanduslik ja poliitiline olukord;
- EL ja Eesti toetusmeetmed LNG laevade kasutuselevõtuks;
- infrastruktuuri areng ning LNG punkerdamisvõimekuse ja –võrgustiku väljakujunemine Eestis ja Läänemere piirkonnas.

Esimese stsenaariumi puhul on lähtutud hetkeolukorrast, stabiilsest poliitilisest ja majanduslikust situatsioonist, ettevõtete lähituleviku plaanidest ja LNG kütusehinnast, mis on samal tasemel HFO-ga või 10% sellest kallim. **Autorid hindavad, et Eesti vetes opereerib aastal 2024 kaks suuremat LNG reisilaeva, mille kogumahutavus ületab 45 000 laeva kohta ning kaks väiksemat reisilaeva, mis teenindavad Saaremaa või Hiiumaa ja mandrivahelist ühendust. Lisaks reisilaevadele külastab suure tõenäosusega Eestit üks tanker** (tabel 4.1), mille külastuste arvu hindavad autorid aastas 2%-le 2013 aasta keskmise samaväärse tankeri külastuste arvust ehk 3 külastust. Esimese stsenaariumi puhul ei ole vajalik eraldi suuremamahulise infrastruktuuri arendamine punkerdamiseks, vaid piisab ka tankautodega teenindamise võimekusest.



Teise stsenaariumi koostamisel on lähtunud eeldusest, et majanduslik olukord on stabiilne või kerges tõusutrendis ja poliitiline olukord on LNG laevade kasutuselevõttu soosiv, sh toetus ning tahe arendada LNG energiasektorit Eestis laiemalt. Lisaks soodsale majanduslikule ja poliitilisele olukorrale on LNG kütusehind madalam 25% HFO hinnast. **Stsenaarium II kohaselt opereerib Eesti vetes stabiilselt 4 suuremat ja 4 väiksemat reisilaeva, millele lisanduvad 2 tankerit, 1 puistlasti- ja 1 konteinerlaev (tabel 4.1).** Tankerite, puistlasti- ja konteinerilaeva külastuste arvud on autorite hinnangul 4% 2013 aasta keskmiste samaväärsete külastuste arvust ehk 5 tankeri, 14 puistlastilaeva ja 8 konteinerilaeva külastust.

Kolmanda stsenaariumi puhul on lisaks teise stsenaariumi käimapanevatele faktoritele eelduseks, et EL ja Eesti riik panustavad täiendavaid toetusmeetmeid nii laevanduse kui ka infrastruktuuri arendamiseks LNG kütuse kasutuselevõtuks ning LNG hind on madalam HFO hinnast. **Kolmanda stsenaariumi puhul külastab Eesti sadamaid 6 suuremat ja 4 väiksemat reisilaeva, 3 tankerit, 2 puistlasti- ja 2 konteinerilaeva (tabel 4.1).** Tankerite, puistlasti- ja konteinerilaeva külastuste arvud on autorite hinnangul 6% 2013 aasta keskmiste samaväärsete külastuste arvust e. 8 tankeri, 21 puistlastilaeva ja 12 konteinerilaeva külastust.

Teise ja kolmanda stsenaariumi korral on mandri ja saartevahelise (Saaremaa ja Hiiumaa) reisiparvlaeva ühendus täielikult LNG laevade põhine, mida punkerdatakse tankautodega, kuid pikemas perspektiivis võib mandri sadamatesse välja ehitada LNG väiketerminalid umbes 200 – 500 m³ mahutavusega. Stsenaariumite II ja III korral on oluline Eesti efektiivne punkerdamisvõimekus, mis eeldaks ühe väiksema punkerdamisterminali ning -pargase olemasolu, et ilma tõrgeteta teenindada siinseid sadamaid külastavaid laevu. Sellise laevade arvu juures on oluline tagada lisaks põhilisele punkerdamisviisile varuvariant, mida võib eeldada tankautodest.



Tabel 4.1. LNG laevade arvu stsenaariumid aastaks 2024

	Stsenaarium I (LNG laevade arv)	Stsenaarium II (LNG laevade arv)	Stsenaarium III (LNG laevade arv)
Reisilaev GT 30 000 - 39 999	2	4	6
Reisilaev GT 5000 -5999	2	4	4
Tanker GT 10 000 - 19 999	1	2	3
Puistlastilaev GT 2 000 - 2 999	0	1	2
Konteinerlaev GT 10 000 – 19 999	0	1	2

Alljärgnevalt on antud hinnang atmosfäärisaaste vähenemisest (-) või suurenemisest (+) erinevate stsenaariumite korral. Võttes aluseks saastemäärad (tabel 2.4) saab atmosfäärisaaste muutusi hinnata tabeli 2.4 veergude 5 (LNG) ja 2 (HFO 1% S) vahe abil iga saasteliigi kohta g/kWh, mille tulemused on toodud tabelis 4.2.

Tabel 4.2. Atmosfäärisaaste muutused (g/kWh)

Saasteliik	Väärtused tabelis 2.4		Saaste muutus veerg 2 – veerg 3
	LNG	HFO 1% S	
1	2	3	4
SO _x	0,0051	3,6	-3,595
NO _x	2,15	10	-7,85
CO ₂	426	568	-142
PM	0,02	0,72	-0,7
CH ₄	8,5	0	+8,5
GHG			8,5 x 20 – 142 = +28

Stsenaarium 1 puhul on aluseks võetud järgmised andmed:

- 2 uut LNG-laeva (PM 32 000 kW, AM 6000 kW; arvutuslik koormus 75% e. 28500 kW) Tallinn – Stockholmi , kokku 365 edasi-tagasi reisi (Tallink sõiduplaan), sõidutunde 2 x 365 = 730 t,
- 2 väikest reisiparvlaeva Virtsu- Kuivastu. Laevad võtame samased praegustega (1400 kW), sõidutunde kokku 7434 t (tabel 2.7);
- 3 tankeri külastust, sõiduaega 3 x 2 = 6 t.



Tabel 4.3. Atmosfäärisaastete muutused (t/a) stsenaariumi 1 puhul

Laev, arv, arvutuslik võimsus	Sõiduaeg, tunde	Atmosfäärisaaste vähenemine (-) või suurenemine (+), t/a					
		SO _x X/10 ⁶	NO _x X/10 ⁶	PM X/10 ⁶	CO ₂ X/10 ⁶	CH ₄ X/10 ⁶	GHG X/10 ⁶
Reisiparvlaev >40000 GT, 2, 28 500 kW	730	-74,8	-163,33	-14,56	- 2 954,0	+176,8	+582, 5
Reisiparvlaev < 5000 GT, 2, 1 400 kW	7374	-37,1	-81,04	-7,23	-1467,0	+87,8	+289,1
Tanker 1, 9975 kW	6	-0,22	-0,47	-0,04	-8,5	+0,5	+1,7
Kokku		-112,1	-245,8	-21,83	-4429,5	+265,1	+873,3

Stsenaarium 2 puhul on aluseks võetud järgmised andmed:

- 2 suurt Tallinn – Stockholmi liinil (sama stsenaariumiga 1) 736 t;
- 2 reisiparvlaeva Tallinn – Helsingi liinil, võtame „Superstari“ tüüpi ja sõidugraafikuga. Kumbki laev teeb 3 edasi-tagasi reisi päevas, Eesti vetes 1,5 tundi, sõidutunde 1,5 x 2 x 3 x 365 = 3285 t laeva kohta, kokku 2 x 3285 = 6570 t;
- 4 väikest reisiparvlaeva, neist 2 liinil Virtsu- Kuivastu, sõidutunde kokku 7434 t ja 2 liinil Rohuküla – Heltermaa, kokku sõidutunde 6133 t;
- 5 tankeri külastust, sõiduaeg 5 x 2 = 10 t;
- 14 puistlastilaeva külastust, sõiduaeg 14 x 2 = 28 t;
- 8 konteinerilaeva külastust, sõiduaeg 8 x 2 = 16 t.



Tabel 4.4. Atmosfäärisaastete muutused t/a stsenaariumi 2 puhul

Laev, arv, arvutuslik võimsus	Sõiduaeg, tunde	Atmosfäärisaaste vähenemine (-) või suurenemine (+), t/a					
		SO _x X/10 ⁶	NO _x X/10 ⁶	PM X/10 ⁶	CO ₂ X/10 ⁶	CH ₄ X/10 ⁶	GHG X/10 ⁶
Reisiparvlaev >40000 GT, 2, 28 500 kW	730	-74,8	-163,33	-14,56	- 2 954,0	+176,8	+582, 5
Reisiparvlaev <40000 GT, 2, 42 000 kW	6570	-992,0	-2166,1	-193,2	-39 183,5	+2 409,8	+7726,3
Reisiparvlaev < 5000 GT, 2, 1 400 kW	7374 Virtsu - Kuivastu	-37,1	-81,04	-7,23	-1467,0	+87,8	+289,1
Reisiparvlaev < 5000 GT, 2, 1 400 kW	6133 Rohuküla - Heltermaa	-30,87	-67,40	-6,01	-1219,2	+73,0	+240,4
Tanker 2, 9975 kW	10	-0,36	-0,78	-0,07	-14,16	+0,85	+2,8
Puistelastilaev 1, 1200 kW	28	-0,12	-0,26	-0,02	-5,57	+0,29	+0,94
Konteiner- laev, 1, 12390 kW	16	-0,71	-1,56	-0,14	-28,15	+1,69	+5,55
Kokku		-1136,0	-2480,5	-221,2	-44871,6	+2750,2	+8847,6

Stsenaarium 3 puhul on aluseks võetud järgmised andmed:

- 2 suurt Tallinn – Stockholmi liinil (nagu sts. 1 ja 2);
- 4 reisiparvlaeva Tallinn – Helsingi liinil, (võtame „Superstari“ tüüpi ja sõidugraafikuga). Kõik laevad teevad 3 edasi-tagasi reisi päevas, Eesti vetes 1,5 tundi, kokku sõidutunde $4 \times 3285 = 13\,170$ t;
- 4 väikest reisiparvlaeva, neist 2 liinil Virtsu- Kuivastu, sõidutunde kokku 7434 t ja 2 liinil Rohuküla – Heltermaa, kokku sõidutunde 6133 t;
- 8 tankeri külastust, sõiduaeg $8 \times 2 = 16$ t;
- 21 puistelastilaeva külastust, sõiduaeg $21 \times 2 = 42$ t;
- 12 konteinerilaeva külastust, sõiduaeg $12 \times 2 = 24$ t.



Tabel 4.5. Atmosfäärisaastete muutused t/a stsenaariumi 3 puhul

Laev, arv, arvutuslik võimsus	Sõiduaeg, tunde	Atmosfäärisaaste vähenemine (-) või suurenemine (+), t/a					
		SO _x X/10 ⁶	NO _x X/10 ⁶	PM X/10 ⁶	CO ₂ X/10 ⁶	CH ₄ X/10 ⁶	GHG X/10 ⁶
Reisiparvlaev >40000 GT, 2, 28 500 kW	730	-74,8	-163,33	-14,56	- 2 954,0	+176,8	+582, 5
Reisiparvlaev <40000 GT, 4, 42 000 kW	13 170	-1988,5	-4342,1	-387,2	-78545,9	+4 701,7	+15 487,9
Reisiparvlaev < 5000 GT, 2, 1 400 kW	7374 Virtsu - Kuivastu	-37,1	-81,04	-7,23	-1467,0	+87,8	+289,1
Reisiparvlaev < 5000 GT, 2, 1 400 kW	6133 Rohuküla - Heltermaa	-30,87	-67,40	-6,01	-1219,2	+73,0	+240,4
Tanker 2, 9975 kW	16	-0,57	-1,25	-0,11	-22,66	+1,36	+4,47
Puistelastilaev 1, 1200 kW	42	-0,18	-0,46	-0,04	-7,16	+0,43	+1,41
Konteiner- laev, 1, 12390 kW	24	-1,06	-2,33	-0,21	-42,23	+2,52	+8,33
Kokku		-2133,1	-4657,9	-415,4	-84258,1	+5043,6	+16614,1

Tabelitest 4.3 – 4.5 ilmneb oodatavalt, et **suurimad võimalikud atmosfäärisaastete vähendamise reservid on reisilaevadel**, mille saastekogused moodustavad 93 ...99% eelpool analüüsitud laevatüüpide kogusaastest. Kaubalaevade atmosfäärisaaste osatähtsus on väga väike. Suurimad õhusaastajad on suured, kiired tiheda sõidugraafikuga reisiparvlaevad Tallinn – Helsingi liinil, millelt lähtuv atmosfäärisaaste on suurima kahjuliku mõjuga Tallinnas (loomulikult ka Helsingis). Mis puutub hõredama sõidugraafikuga aeglasemate laevade mõju keskkonnale, jääb see mõne protsendi piiresse. Saarte ja mandri vahel ühendust pidavad reisiparvlaevad ei ole küll Läänemere ja ka Eesti mastaapides kuigi suured saasteallikad, kuid nende lokaalne mõju Väinamere rannäärsetele piirkondadele võib olla märkimisväärselt suur. Tabelist ilmneb ka LNG võimalik negatiivne mõju CH₄ emissioonist, mis NILU soovitude



kohaselt on antud töös valitud saastemääruga 8,5 g/kWh ja mille väärtustel üle 6 g/kWh ületab CH₄ kui kasvuhoonegaasi mõju CO₂ vähenemisest saadava efekti.

Stsenaariumite maksumuste määramisel on aluseks võetud antud uuringu käigus välja selgitatud laevade moderniseerimise soetusmaksumused, mis koosnevad olemasolevate laevade moderniseerimiseelsest jääkmaksumusest ja lisanduvast moderniseerimise maksumusest. Uute laevade soetamise puhul on antud hinnang, kui palju on kallim uue LNG laeva soetusmaksumus võrreldes vedelkütusel opereeriva laevaga. Vedelkütusel opereeriv laev on autorite hinnangul umbes 25 - 30% odavam kui LNG-l opereeriv laev ning stsenaariumite maksumuse arvutamisel uute LNG laevade puhul on aluseks võetud tasuvusanalüüsis käsitletud tüüplaevade maksumused. Erandiks siinjuures on suur reisilaev, mille puhul on aluseks võetud AS Tallink Group poolt tellitava uue LNG laeva maksumus 230 miljonit eurot (Tallink 2015). Stsenaariumite maksumused on antud ligikaudu, kuna laevade täpsed soetus- ja moderniseerimismaksumused sõltuvad konkreetse töö iseloomust ning tellija ja tootja vahelistest kokkulepetest.

Tabel 4.2. Stsenaariumite maksumused aastaks 2024 (EUR)

	Stsenaarium I maksumus		Stsenaarium II maksumus		Stsenaarium III maksumus	
	Moderniseerimine	Uus	Moderniseerimine	Uus	Moderniseerimine	Uus
Reisilaev GT 30 000 - 39 999	230 000 000	460 000 000	470 000 000	920 000 000	700 000 000	1 380 000 000
Reisilaev GT 5000 -5999	57 000 000	73 000 000	114 000 000	145 000 000	114 000 000	145 000 000
Tanker GT 10 000 - 19 999	27 000 000	34 000 000	53 000 000	68 000 000	80 000 000	102 000 000
Puistlastilaev GT 2 000 - 2 999	0	0	14 000 000	18 000 000	28 000 000	36 000 000
Konteinerlaev GT 10 000 – 19 999	0	0	34 000 000	43 000 000	68 000 000	86 000 000



Paraku on laevade lõplikud hinnad korrelatsioonis laevaehitusevõtjate koormusest ja erinevused sõltuvad ka riigist või regioonist, kus laev ehitatakse. Kui näiteks saarte ja mandri vahel praegu sõitvate väikeste Norras ehitatud reisiparvlaevade hanked tehti majandusbuumi ajal ja soetusmaksumus oli 32 000 000 EUR (Meremees. BRLT...2008), siis Tallinna Sadama poolt Poolas ja Türgist tellitavate uute, pisut suuremate laevade pakutud hind on 30 000 000 EUR (Kiil 2015b).



KOKKUVÕTE

Globaalselt ning regionaalselt on laevandus muutunud ning muutumas üha enam keskkonnasõbralikumaks transpordiliigiks ja arvestades LNG laevade turule tuleku kasvutendentsi, suundub laevandus veelgi säästvamale lahendusele kui seda näevad ette IMO ja EL kehtestatud piirnormid atmosfäärisaaste vähendamiseks. **LNG laevade kasutuselevõtul väheneb õhkupaisatavate heitgaaside maht võrreldes vedelkütuste kasutamisega:**

- SO_x - 99%;
- NO_x - 90%;
- CO₂ - 25%;
- PM - 99%.

Ehkki CO₂ emissioonid vähenevad kuni 25%, ei kaasne sellega kasvuhoonegaaside samaväärne vähenemine, mis on tingitud LNG-l töötavatele neljataktilistele mootoritele iseloomulikust maagaasi osalisest läbivoolust läbi mootori ilma põlemata. Kuna maagaas on u 20 korda suurema kasvuhoonegaasi potentsiaaliga, kahandab see kokku kasvuhoonegaaside vähendamise efekti.

Lisaks atmosfäärisaaste vähenemisele LNG laevade kasutuselevõtul omab tähtsust ka LNG **kütuse kokkuvõid, mis väheneb võrreldes HFO ja MGO kasutusega 20%.**

Lisaks eelpool kirjeldatud eelistele atmosfäärisaaste seisukohalt, on oluliseks eeliseks tänasel ja lähiproгноosil põhinev **LNG kütuse soodsam hind võrreldes MGO-ga ja HFO-ga.** 10 aasta prognoosidele tuginedes on ennustatud LNG soodsamat kütusehinda MGO hinnast ligikaudu 41% ja HFO hinnast 22 %, kuid LNG kasutuse intensiivistumisel ei ole välistatud nõudluse kasvust tingitud LNG kütusehinna kasv ning MGO ja HFO kütusehinnaga senise seotuse kadumine.



Lähtudes laevamehaanikute tööülesannete eripäradest masinaruumis võib LNG Viking Grace näitel järeldada, et töö laevamootorite hooldusel muutub oluliselt puhtamaks ning väiksemamahuliseks, mis on tingitud puhtamast põlemisprotsessist võrreldes vedelkütustel töötavate laevadega.

Paraku on LNG kasutuselevõtul ka mitmeid tehnilisi puuduseid, kuid arvestades tänapäeva tehnoloogilist arengutaset ning kiiret kohanemisvõimet muutustega, on järgmised puudused kindlasti lahendatavad:

- laevadel tuleb paigaldada spetsiaalsed, kas ainult gaasil või gaasil ja/või vedelkütusel töötavad mootorid koos LNG taasgaasistamise ning gaasi etteandesüsteemidega, mis on tavalistest vedelkütustel töötavate laevade omast ligikaudu 1.4 korda kallimad;
- laevadel on vajalik leida moodus ja koht vajaliku gaasikoguse hoidmiseks ja käitlemiseks, kuna LNG laevakütuse mahutamine võtab vähemalt 2...4 korda suuremat mahtu võrreldes naftakütuste hoiustamisega laevas. Lisaks suuremale ruumivajadusele on vajalik arvestada 15 kuni 25 korda kallimate LNG mahutite hinnaga võrreldes tavaliste vedelkütuste mahutite maksumusega;
- laeval peab kindlasti arvestama kõrgendatud tuleohuga ning laevapere liikmete ja punkerdajate eriväljaõppe vajadusega;
- ülimadala temperatuuri tõttu on LNG ülimalt ohtlik käitlemisel, katmata kehaosade vähimigi kokkupuude LNG-ga toob kaasa kudede pöördumatud kahjustused, mistõttu erilist tähtsust omab seda käitleva personali ohutusalane väljaõpe ja kaitsevahendite tingimusteta ja õige kasutamine

Käesolevas uuringus võeti tasuvusanalüüsi läbiviimise aluseks erinevate laevatüüpide lõikes kõige sagedasemate kogumahutavustega laevad, mis külastavad Eesti sadamaid:

- reisilaevad 5000 – 5999 (mandri ja saartevaheline ühendus);
- reisilaevad 30 000 – 39 999 (peamiselt Eesti ja Soome vaheline reisilaeva ühendus);
- tankerid 10 000 – 19 999;
- puistlastilaevad 2000 – 2999;
- konteinerlaevad 10 000 – 19 999.



Oluline seejuures on, et antud laevatüüpide kõige sagedasemate kogumahutavuste vahemikud on samad ka Läänemere üleselt (Venemaa andmed ei ole kaasatud), mis võimaldab uuringu tulemusi hinnata ka laiemas spektris kui ainult Eesti põhiselt. Lisaks Venemaa andmete puudumisele on EL vajalikud mehhanismid atmosfäärisaaste vähendamisel Venemaa suunal piiratud ning ainsad merekeskkonnakaitse normid, mis Venemaale Läänemere piirkonnas kehtivad, on IMO omad olles samad, mis kõigil teistel SECA aladel opereerivatel laevadel.

Tasuvusanalüüsi läbiviimisel võeti aluseks konkreetsed laevad, millede puhul oli võimalik majanduslike arvutuste tegemisel lähtuda konkreetsetest arvnäitajatest. Uuringu raames oli eesmärgiks välja selgitada, millistel juhtudel on majanduslikult otstarbekas laevu moderniseerida järgmise kümne aasta perspektiivis.

Moderniseerimismaksumuse arvutuste tulemusena selgus, et **skruuberite kasutuselevõtt laevadel on odavam 1,36 kuni 2,58 korda võrreldes LNG kasutuselevõttuga olemasolevatel laevadel**. Peamised põhjused, miks LNG-le üleviimise moderniseerimine on kallim seisnevad LNG mahutite ja mootorite ümberehitamise kalliduses ning pikemas seisuajajas.

Samas kui vaadelda moderniseerimismaksumuste tasuvusaega, selgub, et **hoolimata LNG-le üleviimise esialgsest kulukast investeeringust on tasuvusaeg aastates kõigi erinevate laevade korral oluliselt väiksem kui skruuberitega moderniseerimisel**, kuna LNG laevakütuse maksumus on odavam ning kulu väiksem. Skruuberiga moderniseerimise puhul tasub moderniseerimine end 9 kuni 15 aastaga, samas kui LNG-le ülemineku investeeringu tasuvusaeg on 2,5 kuni 6,6 aastat.

Muude majandusnäitajate hindamiskriteeriumite põhjal saadi kinnitust, et moderniseerimine LNG-le üleminekuks on otstarbekas, kuna:

- ühegi laevaliigi andmete analüüsist ei nähtunud võimalus, et moderniseerimine tuleb tagasi lükata (moderniseerimise nüüdisväärtus = 0 ja kasumiindeks = 1);
- hindamiskriteeriumitele vastasid kõik laevatüübid va reisilaev mahutavusega 5000-5999, mille moderniseerimise otsuse vastuvõtmiseks tuleb teostada täiendavaid



analüüse kasutades erinevaid analüüsimeetodeid, kuna moderniseerimise nüüdisväärtus on väiksem kui 0 ja kasumiindeks on väiksem kui 1.

Olemasolevate laevade moderniseerimine laevaomanikule on suur ettevõtmine nii korralduslikult kui ka tehniliselt, mille tõttu mitmed laevaomanikud, kes soovivad laevastikku uuendada, on läinud uute LNG laevade tellimise teed nagu seda on näiteks teinud Läänemerele Viking Line, AS Tallink Group või Rootsi firma Rederi AB Gotland. **Uute LNG laevade soetamise maksumust on hinnatud 25 – 30% kallimaks tavalistest vedelkütustel töötavate laevade hinnast.**

Laevade punkerdamise infrastruktuuri areng on mitmeetapiline ning sõltub LNG laevade arvust, kes planeerivad Eestis punkerdada. Eesti punkerdusfirmad on juba aastal 2015 valmis pakkuma teenust tankautodelt punkerdamisel, mis on vähese laevade arvu korral täiesti teostatav lahendus. Maagaasi tarbimise turu laienedes ühelt poolt mere suunas (LNG laevad) ja teiselt poolt maismaa suunas, on vajalik valmisolek olemas, et laiendada tulenevalt nõudlusest vastavat infrastruktuuri.

Eestis on planeerimisel kaks suuremat LNG terminali, kuid kas need mõlemad terminalid rajatakse või kui suured need olema saavad, sõltub äriiselt tasuvatest investeerimisotsustest, EL poolsetest suunistest LNG tarnevõrgustiku arendamisel Läänemere regioonis ning riiklikest arengusuundadest nagu gaasi turvavaru, Balticconnectoriga gaasitrassi ühendus ja trajektoor, maagaasi tarbimise soodustamine jmt. Mõlemad arendajad (Balti Gaas OÜ, Vopak E.O.S) on alates finantseerimise otsuse langetamisest valmis paari aastaga LNG terminali ehituse lõpule viima.

Võttes arvesse majandus-tehnilisi aspekte ja poliitilist olukorda LNG laevakütuse kasutuselevõtul ning erinevaid rahvusvahelisi prognoose hindavad autorid **2024 aastaks Eesti vetesse LNG laevade arvu järgmiselt:**

- 3...6 uut LNG laeva, millest 2-4 on reisilaevad, 1 tanker ning 1 konteinerlaev;
- 1...5 LNG-le ümberehitatud laeva.



Stsenaariumite koostamisel lähtusid autorid erinevatest LNG laevade turule tulekut mõjutavatest teguritest nagu LNG kütusehind võrreldes MGO ja HFO-ga, majanduslik ja poliitiline olukord, EL ja Eesti toetusmeetmed LNG laevade kasutuselevõtuks, infrastruktuuri areng ning LNG punkerdamisvõimekuse ja võrgustiku väljakujunemine Eestis ja Läänemere piirkonnas. **Autorite hinnangul on võimalik kolm erinevat stsenaariumit aastaks 2024:**

- **Stsenaarium I** - 5 LNG laeva (2 suuremat ja 2 väiksemat reisilaeva ning 1 tanker)
- **Stsenaarium II** – 12 LNG laeva (4 suuremat ja 4 väiksemat reisilaeva, 2 tankerit, 1 puistlasti- ja 1 konteinerlaev);
- **Stsenaarium III** – 17 LNG laeva (6 suuremat ja 4 väiksemat reisilaeva, 3 tankerit, 2 puistlasti- ja 2 konteinerlaeva).

LNG kasutamiseks on olemas piisav potentsiaal ning vajalik surve turul, et LNG kasutuselevõtt võiks jätkuvalt areneda nii mere kui ka maismaa suunal. Merekeskkonna aspektidest lähtuvalt on LNG kasutamine laevakütusena oluliselt keskkonnasäästlikum kui seda on praegused põhilised Läänemere kasutatavad vedelkütused ning autorite arvates on **LNG laevakütuse kasutuselevõtt oluline meede vähendamaks laevandusest tekkivat atmosfäärisaastet.**

Autorite hinnangul on siinjuures oluline roll EL ja Eesti riigipoolisel toetusel LNG laevakütuse kasutusele võtmisel ning laiemalt maagaasi tarbimise toetamisel, mis omakorda looks soodsad tingimused suuremale LNG tarbimise võrgustiku tekkimisele.



VIIDATUD ALLIKAD

Abadie, O., Moehler, W., Ledesma, D., Stoppard, M. (2011). The Next Bunker Fuel. Private Report. IHS CERA Inc.

Andersen, M-L., Clausen, N-B., Sames, P-C. (2011). Costs and benefits of LNG as ship fuel for container vessels - Key results from a GL and MAN joint study. Germanischer Lloyd and MAN. Hamburg. Germany.

Argyros, D., Sablo, N., Raucci, C., Smith, T. (2014). Global Marine Fuel Trends 2030. Lloyd's Register and University College London 2014 www.lr.org/en/Marine/.../global-marine-fuel-trends-2030.as (19.03.2015)

Balti Gaas. (2015). Paldiski LNG terminali tutvustav video <http://www.baltigaas.eu/et/page/view.html?id=3> (23.03.2015)

BaltSeaPlan Web. (2015). LNG terminalide asukohad Eestis. <http://baltseaplan-web.eu/> (20.03.2015)

Boundy, B., W.Diegel, S., Wright, L., C. Davis, S. (2011) Biomass Energy Data Book. Edition 4. OAK RIDGE National Laboratory

Bunkerworld. (2015). Kütuse hinnad. <http://www.bunkerworld.com/store/stem> (15.01.2015)

CleanShip. Study on European oil and gas, bunker, LNG and electricity markets. Baltic Sea Region Programme 2007-2013. http://www.clean-baltic-sea-shipping.com/uploads/files/Study_on_European_oil_and_gas,_bunker,_LNG_and_electricity_markets_Task_3.31.pdf (19.01.2015)

Commodity Markets Outlook. Global Economic Prospects. World Bank Group. http://www.worldbank.org/content/dam/Worldbank/GEP/GEPcommodities/commodity_markets_outlook_2014_october.pdf (19.01.2015)

Costs and benefits of LNG as ship fuel for container vessels. Key results from a GL and MAN joint study. Germanischer Lloyd SE, Research and Rule development. Brooktorkai 18, 20457 Hamburg, Germany. OE081×2013-06-01



- Pagonis, D.-N., Dimitrellou, S. (2014). Implementation of LNG fuel to an existing Ro-Ro passenger ship – Preliminary design study results. Dpt. of Naval Architecture of TEI of Athens, Greece. LNGCOMSHIP WORKSHOP, Posidonia 2014, Athens, 05/06/2014.
http://195.130.108.28/lngcomship/userfiles/downloads/workshop_presentations/Track_1_TEI_ATHENS.pdf
- Danish Maritime Authority. (2012). Full Report: North European LNG Infrastructure Project. A Feasibility Study for an LNG filling station infrastructure and test of recommendations.
- Dmitrijeva, E. (2012). Eesti riiklike laevanduse toetusmeetmete analüüs ja maksupoliitika muutmine kui üks olukorra parandamise meetmetest. Eesti Mereakadeemia. 94 lk. (Magistritöö)
- DNV GL. LNG Energy of the Future. We have reached 100 LNG fueled ships
<http://blogs.dnvgl.com/lng/2014/03/reached-100-lng-fueled-ships/>
- DNV. (2012). Shipping 2020. DNV report shipping 2020.
- Du Pont. (2015). Is Your Ship Ready for 1 January 2015? <http://www.dupont.com/products-and-services/consulting-services-process-technologies/brands/sustainable-solutions/sub-brands/clean-technologies/products/belco-clean-air/sub-products/belco-marine-systems/belco-marine-regulatory-issues.html> (03.02.2015)
- Eesti Gaas. (2015). Surugaas. <http://www.gaas.ee/surugaas/> (02.02.2015)
- Eesti merenduspoliitika. (2012). Eesti merenduspoliitika 2012 – 2020
- Eesti Pank. (2014). Valuutakursid. Euro päevakurss seisuga 31.12.2014.
<https://www.eestipank.ee/valuutakursid> (01.01.2015)
- Eesti Pank. (2015). Valuutakursid. Euro päevakurss seisuga 28.02.2015; 24.03.2015.
<https://www.eestipank.ee/valuutakursid> (25.03.2015)
- EIA. Natural Gas. U.S. Energy Information Administration.
<http://www.eia.gov/dnav/ng/hist/rngwhhdm.htm> (19.01.2015)
- E-Konsult. (2012). Paldiski LNG terminali teemaplaneeringu keskkonnamõju strateegiline hindamine. (Aruanne)
- EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU DIREKTIIV 2005/33/EÜ <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:32005L0033&from=EN>



Eurostat (2014; 2015). *Eurostati andmebaas*. Kasutamise ajavahemik 27. 11. 2014 – 15. 01. 2015, allikas e-andmebaas:

http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=mar_tf_qm&lang=en

Exhaust Gas Emission Control Today and Tomorrow. MAN Diesel Teglhølmmsgade 41 DK-2450 Copenhagen SV Denmark. 2008

Gerassimov, V. (2015). Parvlaev „Hiiumaa“ tehnilised näitajad, intervjuu.

Global LNG. Will new demand and new supply mean new pricing? EY Building a better working world.

[http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Global_LNG_New_pricing_ahead/\\$FILE/Global_LNG_New_pricing_ahead_DW0240.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Global_LNG_New_pricing_ahead/$FILE/Global_LNG_New_pricing_ahead_DW0240.pdf) (19.01.2015)

Groot Ship Design B.V.

(http://www.grootshipdesign.nl/en/search/search/search_string,groot%20baltic%20feeder%201400) (29.01.2015)

Health risks of shipping pollution have been 'underestimated'

[<http://www.theguardian.com/environment/2009/apr/09/shipping-pollution>]

Hellén, Göran (2003) Guide to diesel exhaust emissions control.//Marine News. 2, p 22–25. Wärtsilä Corporation, May 2003]

Hellén, Göran. 2005. A brief guide to controlling marine diesel exhaust emissions. Marine News No 1 2005. p. 16-20. Wärtsilä Corporation, March 2005

Hombrevella, A., Kihcaslan, A., Péralés, J., Rüß, C. (2011). Study of Exhaust Gas Cleaning Systems for Vessels to fulfill IMO III in 2016. Fachhochschule Kiel. Caterpillar. MaK. Page 53.

Hääl, Maria: Alexela Group äriarendusjuht. Kaareste, Norbert: Alexela Group

kommunikatsioonijuht. Paldiski LNG terminali arenduse ülevaade. Kopti, Madli. Helisalvestis (05.02.2015)

IMO. (2011). Mandatory energy efficiency measures for international shipping adopted at IMO environment meeting. Marine Environment Protection Committee (MEPC) – 62nd session: 11 to 15 July 2011. http://www.imo.org/MediaCentre/PressBriefings/Pages/42-mepc-ghg.aspx#.VQ_dMY6sVMI (03.02.2015)

IMO. (2015). Prevention of Air Pollution from Ships.

<http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Air-Pollution.aspx> (05.01.2015)



Independence LNG Floating Storage Regasification Unit (LNG FSRU), Lithuania. 2014.
<http://www.ship-technology.com/projects/independence-lng-floating-storage-regasification-unit-lng-fsru/>

International prices of imported raw materials. National Institute of Statistics and Economic Studies.
http://www.bdm.insee.fr/bdm2/affichageSeries.action?idbank=001565202&request_locale=en (20.01.2015) (19.01.2015)

Investeeringuarvutus. Kapitalimahutuste eelarvestamise otsustuskriteeriumid. Rahavoogude arvestamine. Riski analüüs. 1999. Kirjastus Külim, lk 143

Jalkanen, J.-P., Johansson, L. (2014). Emissions from Baltic Sea Shipping in 2013. Baltic Sea Environment Fact Sheet 2014. Finnish Meteorological Institute.

Kaareste, N. (2015). Alexela Group kommunikatsioonijuht. Paldiski LNG terminali arenduse ülevaade. Kirjavahetus (31.03.2015)

Kaareste, Norbert. Alexela Group kommunikatsioonijuht. Paldiski LNG terminali arenduse ülevaade. Kopti, Madli. Helisalvestis (05.02.2015)

Kalmus, K. (2014). Piimatööstus tegi ajalugu. Saarte Hääl
<http://www.saartehaal.ee/2014/06/20/piimatoostus-tegi-ajalugu/> (02.02.2015)

Karlsson, S., Jansson, M., Norrgård, E., Häggblom, E. (2012). LNG conversions for marine installations. <http://www.indetailmagazine.com/en/issue/1/2012/#I55> (09.03.2015)

Karlsson, S., Sonzio, L. (2010). Enabling the safe storage of gas onboard the ships with Wärtsilä LNGPac. In Detail. *Wärtsilä technical journal* 01.2010, pp. 52 – 56.

Karu, S. (2008). Kulude juhtimine ja arvestus: Tulemuslikkusele suunatud organisatsioonis I osa. Rafiko Kirjastus OÜ. Lk 333.

Kiil, Allan. (2015a). *LMG 150-DE* kahesuunaline reisiparvlaev. Tallinna Sadam (Ettekanne)

Kiil, Allan. (2015b). AS Tallinna Sadam juhatuse liige. Saaremaa ja Hiiumaa mandrivahelise ühenduse reisiparvlaevade tellimine. Punab, Heino. Telefoniintervjuu (25.03.2015)

Kilppinen, P. NO_x emission formation in marine diesel engines - towards a quantitative understanding. Marine News No. 2 - 2003 Wärtsilä Corporation, May 2003

Konkurentsiamet. (2014). Aruanne elektri- ja gaasiturust Eestis 2014.



Kõomägi, M. (2006). Ärirahandus. Tartu Ülikooli Kirjastus. Lk 276.

Käibemaksuseadus. Vastu võetud Riigikogus 10. detsembril 2003. a - RT I 2003, 82, 554.

LHV Trader. https://ycharts.com/indicators/europe_natural_gas_price (19.01.2015)

Lloyd's Register of Ships 2014 <https://shop.ihs.com/buy/en/ihs/maritime/lloyds-register-of-ships-directory>

Lloyd's Register. Future marine fuel: It's all a matter of priority...

<http://www.lr.org/en/news/articles/future-marine-fuel.aspx> (09.03.2015)

Lopez-Aparicio, S., Tønnesen, D. Pollutant emissions from LNG fuelled ships. Assessment and Recommendations. Scientific Report. NILU, OR./2011, 2015

Lugtmeijer, A. D. Vopak E.O.S Chairman of the Board. Muuga LNG terminali arendamine.

Kopti, Madli. Helisalvestis (10.02.2015)

MAN Diesel & Turbo. 2012. Marine Engine. IMO Tier II. Programme 2nd edition

Meremees. 2008. Nr 2 (260) Laevandussündmused. Uusi laevu. BRLT ehitab Saaremaa laevakompaniile. „Superstar“ käes ja liinil. Lk.15

Meresõiduohutuse seadus. Vastu võetud Riigikogus 12. detsembril 2001. a - RT I 2002, 1, 1.

Mootorsõiduki ja selle haagise tehnonõuded ning nõuded varustusele. Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi määrus 13.06. 2011. A. nr. 42 - RT I, 16.06.2011, 8.

Naaber, E. Eesti laevandussektori konkurentsivõime tugevdamine. TTÜ Eesti Mereakadeemia. 123 lk. (Magistritöö)

New LNG-Fueled Bulk Carrier Design Receives Lloyd's Register Approval in Principle

<http://gcaptain.com/new-lng-fueled-bulk-carrier-design-receives-lloyds-register-approval-in-principle/>

Newbuilding contracts in the Nordic market. Scandinavian Shipping Gazette sept. 2006 p.94

News review. The Motorship. Vol. 9, Issue 1122, January 2015 p 4.

Nõmmela, K. (2012) Eesti merendusklatri hetkeseis ja võimalikud arengud: lõputöö. Eesti Mereakadeemia



Paschoa, C. (2013). The Future of Maritime LNG Propulsion. – *Marine Technology, Blogs*.
<http://www.marinetechologynews.com/blogs/the-future-of-maritime-lng-propulsion-700427>

Platts MC Graw Hill Financial. <http://www.platts.com/news-feature/2015/petrochemicals/pgpi/index>

Poobus, A. (2015). Küttegaasid. Küte- ja ventilatsioon - inseneri ja magistriõpe. Õppematerjalid. Tallinn Tehnikaülikool.
http://www.ttu.ee/public/m/Mehaanikateaduskond/Instituudid/soojustehnika-instituut/oppematerjalid/kyte-ventilatsioon/9._Kuttegaasid.pdf (02.02.2015)

Portsmouth, R., Hunt, T., Terk, E., Nõmmela, K., Hartikainen, A. (2011). Merenduse klasteruuring: Toimetised Nr 12/2011. Tallinn: Eesti Mereakadeemia.

Postimees. (2014). Eesti alustas Leedust gaasi importi.
<http://majandus24.postimees.ee/3020059/eesti-alustas-leedust-gaasi-importi> (27.01.2015)

Ramboll. (2014). Balticconnector projekt: KMH programm

Ramboll. (2010). Comparison of LNG terminal in Paldiski, Muuga and Inkoo. Compiled report.

RIK 2014. Registrite ja Infosüsteemide keskus. E-äriregister. Päring. 01.12.2014

RIK 2015. Registrite ja Infosüsteemide keskus. E-äriregister. Päring. 09.03.2015

Royal Wagenborg. Derk details. <http://www.wagenborg.com/our-equipment/fleetlist/derk> (22.01.2015)

RTJ 5. Materiaalne ja immateriaalne põhivara. EV Raamatupidamise Toimkond.
<http://www.easb.ee/index.php?id=1255> (12.01.2015)

Ship's emission reach crucial stage. (2008). The Naval Architect, March 2008

Siirde, A., Hlebnikov, A., Volkova, A., Krupenski, I. (2012). Tehniline ja majanduslik hinnang vedelkütusel töötavate katlamajade üleviimiseks veeldatud maagaasi kasutamisele. TTÜ Soojustehnika Instituut. 47 lk. (Uurimis-arendustöö aruanne)

Simmo, T. Saaremaa Laevaliinid tehnikadirektor. Laevade tehnilised näitajad. Punab, Heino. Telefoniintervjuu. (19.01.2015)

Taljegard, M. (2012). Cost-effective choices of marine fuel under stringent carbon dioxide targets. Gothenburg University.



Tallink. (2015). Tallink ja Meyer Truku allkirjastasid uue generatsiooni LNG reisilaeva ehituslepingu. <http://www.tallink.com/press-releases#tabs-content-2> (23.03.2015)

Tallink. (2015). Tallinn Helsingi liini sõidugraafikud, <http://www.tallinksilja.com/et/soidugraafik-tallinn-helsingi> (01.02.2015)

Tarbit Shipping AB. (2015). M/T Bit Viking. http://tarbit.se/our_fleet/bit_viking.html (22.01.2015)

Tikk, J. (2009). Finantsarvestus. Tallinn: AS Pakett trükikoda. 394 lk.

Tuule laevad. (2015). Väikese reisilaeva (reisiparvlaev Hiiumaa) sõidugraafikud- ja ajad. http://www.tuulelaevad.ee/index.php?option=com_tuulelaevad&Itemid=33&lang=et (02.03.2015)

Veeteede Amet. (2015a). Eesti laevaregister <http://www.vta.ee/eesti-laevaregistrid-2/> (22.01.2015)

Veeteede Amet. (2015b). Eesti Vabariik on ühinenud järgmiste konventsioonidega <http://www.vta.ee/rahvusvahelised-merenduskonventsioonid-2/> (03.02.2015)

Vessel emission study: comparison of various abatement technologies to meet emission levels for ECA's. 2012. Presentation from 9th annual Green Ship Technology Conference, Copenhagen 2012. Green Ship of the future: <http://www.greenship.org/press/pastarrangements/> (10.12.2014)

Vopak. (2015). Tallinn LNG terminal project overview. (Ettekanne)

World LNG Report – 2014 Edition. International Gas Union. http://www.igu.org/sites/default/files/node-page-field_file/IGU%20-%20World%20LNG%20Report%20-%202014%20Edition.pdf (19.01.2015)

World Maritime News. (2015). Sweden's Rederi AB Gotland has signed a contract with GSI Shipyard in China for a new LNG-powered ro-pax ferry with the capacity to carry 1650 passengers. <http://worldmaritimeneews.com/archives/143330/gotland-orders-swedens-first-lng-ferry/> (20.03.2015)

Wuersig, G.-M., Sell, J., Williksen D. H. (2014). Engines for Gas Fuelled Ships. LNG as ship fuel. The future – today. No. 1 2014 https://www.dnvgl.com/Images/LNG_report_2015-01_web_tcm8-13833.pdf (20.03.2015)

Wärtsilä Corporation. (2007). Wärtsilä 50DF Technology review.



Wärtsilä Corporation. (2014). Wärtsilä Solutions for Marine and Oil & Gas Markets.

Wärtsilä Solutions for Marine and Oil&Gas markets 2014. Wärtsilä tootekataloog.



LISAD

Lisa 1. Tabeli 2.9 näitajate selgitus

Tabelis 2.9 on välja toodud kõige olulisemad näitajad edasiste arvutuste läbiviimiseks, mille selgitused on alljärgnevad:

- tanker „Bit Viking“ GT 17 757, peamasin W6DF50 11 700 kW, abimasin 1600 kW, kokku 13 300 kW (Tarbit... 2015):
 - algne soetusmaksumus 30 000 000 USD ehk 24 709 661 eurot (Newbuilding ... 2006 p.94);
 - pea- ja abimasinate arvutuslik koormus autorite hinnangul on 75% ehk 9975 kW;
 - sõidupäevi aastas 300, millest 60% toimub täislastis - st täislastis sõites kasutatakse mootorivõimsust 9975 kW ja autorite hinnangul kasutatakse tühisõidul mootorivõimsust 3420 kW, millest sõidupäevi täislastis on 180 ja tühisõidul 120;
 - HFO kütusekulu aastas on 9529 tonni (täislastis sõites 7 756 560 kg; tühisõidul sõites 1 772 928 kg; kokku kütusekulu aastas 9 529 488 kg = 9529 t).
- reisiparvlaev „Hiiumaa“ GT 5233, peamasin 2*1200 kW, kokku 2400 kW, abimasinad 2*800 kW, kokku 4000 kW (Gerassimov, 2015):
 - algne soetusmaksumus 32 000 000 eurot (Meremees. BRLT...2008, lk 15);
 - arvestuse aluseks on kolme laeva keskmine aastane kütusekulu liinil Virtsu – Kuivastu. Ühel laeva aastane kütuse kogus 924 tonni, teisel 1027 tonni ja kolmandal 1306 (Simmo, 2015).
 - Lähteandmetena arvestatakse aasta kütusekulu 1086 tonni.
- reisiparvlaev „Superstar“, GT 36 277, peamasin 50 400 kW, abimasinad 4000 kW, kokku 54 400 kW (Meremees. Superstar...2008, lk 15):
 - algne soetusmaksumus 120 000 000 eurot (Meremees. Superstar...2008, lk 15);



- päevas teeb laev 6 reisi a` 2 tundi kokku 12 tundi sõiduaega päevas (Reisilaevade...2015), sh. 6 tundi autorite hinnangul arvutuslikul koormusel 75% ja 6 tundi koormusel 50% (sadamatesse sisenemine ja väljumine, abimasinate töö seisuajal);
- HFO kütusekulu aastas autorite arvutuste kohaselt on 25 704 tonni.
- puistelastilaev „Derk“ GT 2056, peamasin 1300 kW, abimasinad 300 kW, kokku 1600 kW (Royal ... 2015):
 - Algne soetusmaksumus 16 000 000 eurot (tuletatud autorite hinnangul järgmiselt: laeva suurus on võrreldav AS Saare Laevakompanii parvlaevadega, kuid keerukusastet arvestades hinnatakse laeva maksumust poole odavamaks);
 - Autorite hinnangul on pea- ja abimasinate arvutuslik koormus 75% ehk 1200 kW;
 - sõidupäevi aastas on 250, millest 60% toimub täislastis st täislastis sõites kasutatakse mootorivõimsust 1200 kW ja tühisõidul autorite hinnangul 600 kW. Sõidupäevi täislastis 150 ja tühisõidul 100;
 - HFO kütusekulu aastas on 1037 tonni.
- konteinerlaev 1400 TEU, GT 15 820 peamasin 14 600 kW, abimasin 2000 kW, kokku 16 600 kW (Groot Ship Design B.V., 2015):
 - algne soetusmaksumus 39 000 000 USD ehk 32 122 560 eurot (Newbulding... 2006 p.94);
 - Autorite hinnangul on pea- ja abimasinate arvutuslik koormus 75% ehk 12 450 kW;
 - Sõidupäevi aastas on 200, millest 80% toimub täislastis st täislastis sõites kasutatakse mootorivõimsust 12 450 kW ja tühisõidul autorite hinnangul 6000 kW. Sõidupäevi täislastis 160 ja tühisõidul 40;
 - HFO kütusekulu aastas on 9642 tonni.



Lisa 2. Tanker GT 10 000 – 19 999 majanduslikud näitajad

	HFO kasutamine kuni 31.12.2014	MGO kasutamine alates 01.01.2015	HFO kasutamine koos puhastusseadme skruuberiga	Veeldatud maagaasi kasutamine
Algne soetusmaksumus (EUR)	24709661	24709661	24709661	24709661
Likvideerimismaksumus (EUR)	1235483	1235483	1235483	1235483
Algne amortisatsioonikulu aastas (EUR)	782473	782473	782473	782473
Jääkmaksumus (EUR)	20797298	20797298	20797298	20797298
Moderniseerimine (EUR)	0	0	2935880	5922160
Uus jääkmaksumus (EUR)	20797298	20797298	23733178	26719458
Uus amortisatsioonikulu aastas (EUR)	782473	782473	899908	1019359
Aastane kulumi muutus (EUR)	0	0	-117435	-236886
Kütusekulu (tonni/aastas)	9 529	9529	9815	7624
Kütuse maksumus (EUR/tonn)	714	945	714	556
Kütuse maksumus aastas (EUR)	6 803 706	9 004 905	7 007 910	4 238 944
Aastane kütuse muutus (EUR)	0	-2 201 199	-204 204	2 564 762
Aastane rahamuutus kokku (EUR)	0	-2201199	-321639	2327876
Tasuvusaeg (aasta)	ei muutu	ei muutu	9,13	2,54
Moderniseerimise nüüdisväärtus (EUR)	-	-	-4912224	8381704
Kasumiindeks (korda)	-	-	-0,67	2,42

Allikas: (Tarbit ... 2015; Scandinavian ... 2006, autorite arvutused)



Lisa 3. Reisilaev GT 5000 – 5999 majanduslikud näitajad

Näitaja	HFO kasutamine kuni 31.12.2014	MGO kasutamine alates 01.01.2015	HFO kasutamine koos puhastusseadme skruuberiga	Veeldatud maagaasi kasutamine
Algne soetusmaksumus (EUR)	32000000	32000000	32000000	32 000 000
Likvideerimismaksumus (EUR)	1600000	1600000	1600000	1600000
Algne amortisatsioonikulu aastas (EUR)	1013333	1013333	1013333	1013333
Jääkmaksumus (EUR)	26933333	26933333	26933333	26933333
Moderniseerimine (EUR)	0	0	882423	1531046
Uus jääkmaksumus (EUR)	26933333	26933333	27815756	28464379
Uus amortisatsioonikulu aastas (EUR)	1013333	1013333	1048630	1074575
Aastane kulumi muutus (EUR)	0	0	-35297	-61242
Kütusekulu (tonni/aastas)	1 086	1086	1119	869
Kütuse maksumus (EUR/tonn)	714	945	714	556
Kütuse maksumus aastas (EUR)	775 404	1 026 270	798 966	483 164
Aastane kütuse muutus (EUR)	0	-250 866	-23 562	292 240
Aastane rahamuutus kokku (EUR)	0	-250866	-58859	230998
Tasuvusaeg (aasta)	ei muutu	ei muutu	14,99	6,63
Moderniseerimise nüüdisväärtus (EUR)	-	-	-1244088	-111655
Kasumiindeks (korda)	-	-	-0,41	0,93

Allikas: (Gerassimov, 2015; Meremees. BRLT...2008; Simmo 2015; autorite arvutused)



Lisa 4. Reisilaev GT 30 000 – 39 999 majanduslikud näitajad

Näitaja	HFO kasutamine kuni 31.12.2014	MGO kasutamine alates 01.01.2015	HFO kasutamine koos puhastusseadme skruuberiga	Veeldatud maagaasi kasutamine
Algne soetusmaksumus (EUR)	120000000	120000000	120000000	120000000
Likvideerimismaksumus (EUR)	6000000	6000000	6000000	6000000
Algne amortisatsioonikulu aastas (EUR)	3800000	3800000	3800000	3800000
Jääkmaksumus (EUR)	101000000	101000000	101000000	101000000
Moderniseerimine (EUR)	0	0	11638081	15846362
Uus jääkmaksumus (EUR)	101000000	101000000	112638081	116846362
Uus amortisatsioonikulu aastas (EUR)	3800000	3800000	4265523	4433854
Aastane kulumi muutus (EUR)	0	0	-465523	-633854
Kütusekulu (tonni/aastas)	25 704	25704	26475	20563
Kütuse maksumus (EUR/tonn)	714	945	714	556
Kütuse maksumus aastas (EUR)	18 352 656	24 290 280	18 903 150	11 433 028
Aastane kütuse muutus (EUR)	0	-5 937 624	-550 494	6 919 628
Aastane rahamuutus kokku (EUR)	0	-5937624	-1016017	6285774
Tasuvusaeg (aasta)	ei muutu	ei muutu	11,45	2,52
Moderniseerimise nüüdisväärtus (EUR)	-	-	-17881101	22777202
Kasumiindeks (korda)	-	-	-0,54	2,44

Allikas: (Meremees. Superstar...2008, Tallink 2015; autorite arvutused)



Lisa 5. Puistelastilaev GT 2000 – 2999 majanduslikud näitajad

Näitaja	HFO kasutamine kuni 31.12.2014	MGO kasutamine alates 01.01.2015	HFO kasutamine koos puhastusseadme skruuberiga	Veeldatud maagaasi kasutamine
Algne soetusmaksumus (EUR)	16 000 000	16000000	16000000	16000000
Likvideerimismaksumus (EUR)	800000	800000	800000	800000
Algne amortisatsioonikulu aastas (EUR)	506667	506667	506667	506667
Jääkmaksumus (EUR)	13466667	13466667	13466667	13466667
Moderniseerimine (EUR)	0	0	352582	908165
Uus jääkmaksumus (EUR)	13466667	13466667	13819249	14374832
Uus amortisatsioonikulu aastas (EUR)	506667	506667	520770	542993
Aastane kulumi muutus (EUR)	0	0	-14103	-36327
Kütusekulu (tonni/aastas)	1 037	1037	1068	829
Kütuse maksumus (EUR/tonn)	714	945	714	556
Kütuse maksumus aastas (EUR)	740 418	979 965	762 552	460 924
Aastane kütuse muutus (EUR)	0	-239 547	-22 134	279 494
Aastane rahamuutus kokku (EUR)	0	-239547	-36237	243167
Tasuvusaeg (aasta)	ei muutu	ei muutu	9,73	3,73
Moderniseerimise nüüdisväärtus (EUR)	-	-	-575246	586001
Kasumiindeks (korda)	-	-	-0,63	1,65

Allikas: (Royal ... 2015; autorite arvutused)



Lisa 6. Konteinerlaev GT 10 000 – 19 999 majanduslikud näitajad

Näitaja	HFO kasutamine kuni 31.12.2014	MGO kasutamine alates 01.01.2015	HFO kasutamine koos puhastusseadme skruuberiga	Veeldatud maagaasi kasutamine
Algne soetusmaksumus (EUR)	32122560	32122560	32122560	32122560
Likvideerimismaksumus (EUR)	1606128	1606128	1606128	1606128
Algne amortisatsioonikulu aastas (EUR)	1017214	1017214	1017214	1017214
Jääkmaksumus (EUR)	27036488	27036488	27036488	27036488
Moderniseerimine (EUR)	0	0	3600728	6651256
Uus jääkmaksumus (EUR)	27036488	27036488	30637216	33687744
Uus amortisatsioonikulu aastas (EUR)	1017214	1017214	1161244	1283265
Aastane kulumi muutus (EUR)	0	0	-144029	-266050
Kütusekulu (tonni/aastas)	9 642	9642	9932	7714
Kütuse maksumus (EUR/tonn)	714	945	714	556
Kütuse maksumus aastas (EUR)	6 884 388	9 111 690	7 091 448	4 288 984
Aastane kütuse muutus (EUR)	0	-2 227 302	-207 060	2 595 404
Aastane rahamuutus kokku (EUR)	0	-2227302	-351089	2329354
Tasuvusaeg (aasta)	ei muutu	ei muutu	10,26	2,86
Moderniseerimise nüüdisväärtus (EUR)			-5758030	7661691
Kasumiindeks (korda)			-0,60	2,15

Allikas: (Groot ... 2015; Scandinavian ... 2006; autorite arvutused)

Tallinna Tehnikaülikooli Eesti Mereakadeemia

Kopli 101, 11712 Tallinn/ Tel: 613 5500/ emera@ttu.ee

www.ttu.ee/mereakadeemia