



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO
EESTI MEREAKADEEMIA

Veeldatud maagaasi (LNG) laevakütusena kasutuselevõtu tehnilise ja majandusliku teostatavuse uuring

Madli Kopti
Heino Punab
Maret Güldenkoh



Eesmärgid

- selgitada välja erinevate laevatüüpide (tanker, reisilaev, puistlastilaev, konteinerlaev) lõikes kõige sagedasema kogumahutavusega laevad, mis külastavad Eesti sadamaid.
- hinnata LNG laevakütuse kasutuselevõtu potentsiaali
 - LNG kasutamise hetkeolukord Läänemeres
 - LNG kasutuselevõtu tehnilised aspektid meretranspordis
- Eesti sadamaid külastavate põhiliste laevatüüpide kahjulikud atmosfääriemissioonid erinevate kütuseliikide ja tehnoloogiate kasutamisel



Eesmärgid II

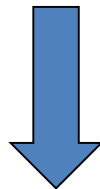
- Majanduslik võrdlev tasuvusanalüüs erinevate võimalike alternatiivsete lahenduste lõikes
- Hinnata Eesti sadamate olemasoleva taristu sobivust LNG kasutuselevõtuks
- Selgitada välja LNG laevakütuse kasutuselevõtu peamised tehnilised, infrastruktuuri ja majanduslikud riskid ning võimalused
- LNG kasutamisele ülemineku näitlikud stsenaariumid ja prognoos aastani 2024 ning nende maksumused

Laevanduse ülevaade



Ülevaade laevade külastatavusest Eesti sadamates

- Tüüplaevade kõige sagedamini esinevad kogumahutavuste vahemikud, mis enim külastavad Eesti sadamaid
 - Tankerid 10 000 – 19 999 GT
 - Reisilaevad 5000 – 5999 GT (mandri ja saartevaheline ühendus)
 - Reisilaevad 30 000 – 39 999 GT (peamiselt Eesti ja Soome vaheline reisilaeva ühendus)
 - Puistlastilaevad 2000 – 2999 GT



Samad tulemused Läänemeres



Peamised laevanduse arengusuunad

- Keskkonnasäästlikum laevandus
- Läänemere mõistes siiani tugev reisilaeva liiklus jätkab kasvu
- Uued tehnoloogilised lahendused hoidmaks kokku kulusid
- Jätkuv rahvusvaheline koostöö laevanduse arendamiseks

LNG kasutuselevõtu tehnilised aspektid



Maagaasi füüsikalised omadused

- Tihedus normaaltingimustel $0,75 \text{ kg/nm}^3$
- Veeldumistemperatuur atmosfäärirõhul
– $162 \text{ }^\circ\text{C}$
- Erimahu vähenemine veeldamisel 600 x
- Veeldatud maagaasi (LNG) tihedus 450 kg/m^3
- Maagaasi tihedus surugaasina rõhul 200 bar – u. 200 kg/m^3
- Keskmise alumine kütteväärtus $48,6 \text{ MJ/kg}$.
Maagaasi põhikomponendi metaani vesiniku-süsiniku suhe on 1 : 3, (naftast toodetud raskekütustel 1 : 6)

Suhe H/C määrab kütuse kütteväärtuse!

Võrreldes naftakütustega on maagaasi kütusekulu u. 20% ja põlemisel tekkiva CO_2 kogus 25% väiksem



LNG kui laevakütuse eelised:

- Kahjulikud atmosfääriemissioonid:
 - SO_x praktiliselt puudub
 - PM praktiliselt puudub
 - NO_x väheneb 90...95%
- 25% väiksem CO_2 kogus
- 20% madalam kütusekulu
- MGO-ga võrreldes madalam hind
- Puhas põlemisprotsess – puhas põlemiskamber – väiksemad remondi- ja hoolduskulud



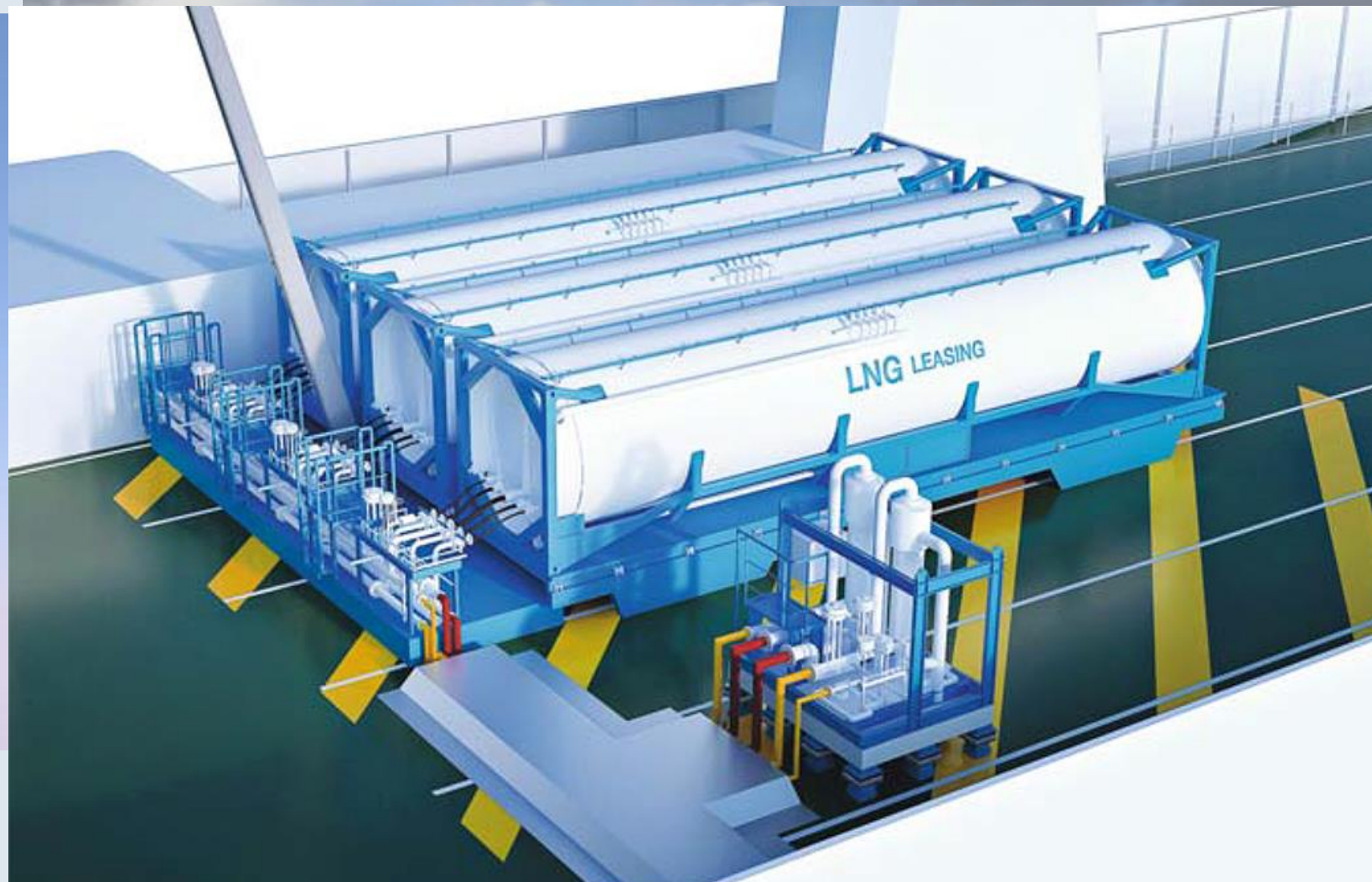
Tehnilised probleemid

- Laevaga seotud:
 - vajaliku LNG koguse hoidmine laevas
 - uut tüüpi mootorid
 - kõrgendatud tuleoht
- Sadamatega seotud:
 - laevade LNG-ga varustamise võimalused sadamates.



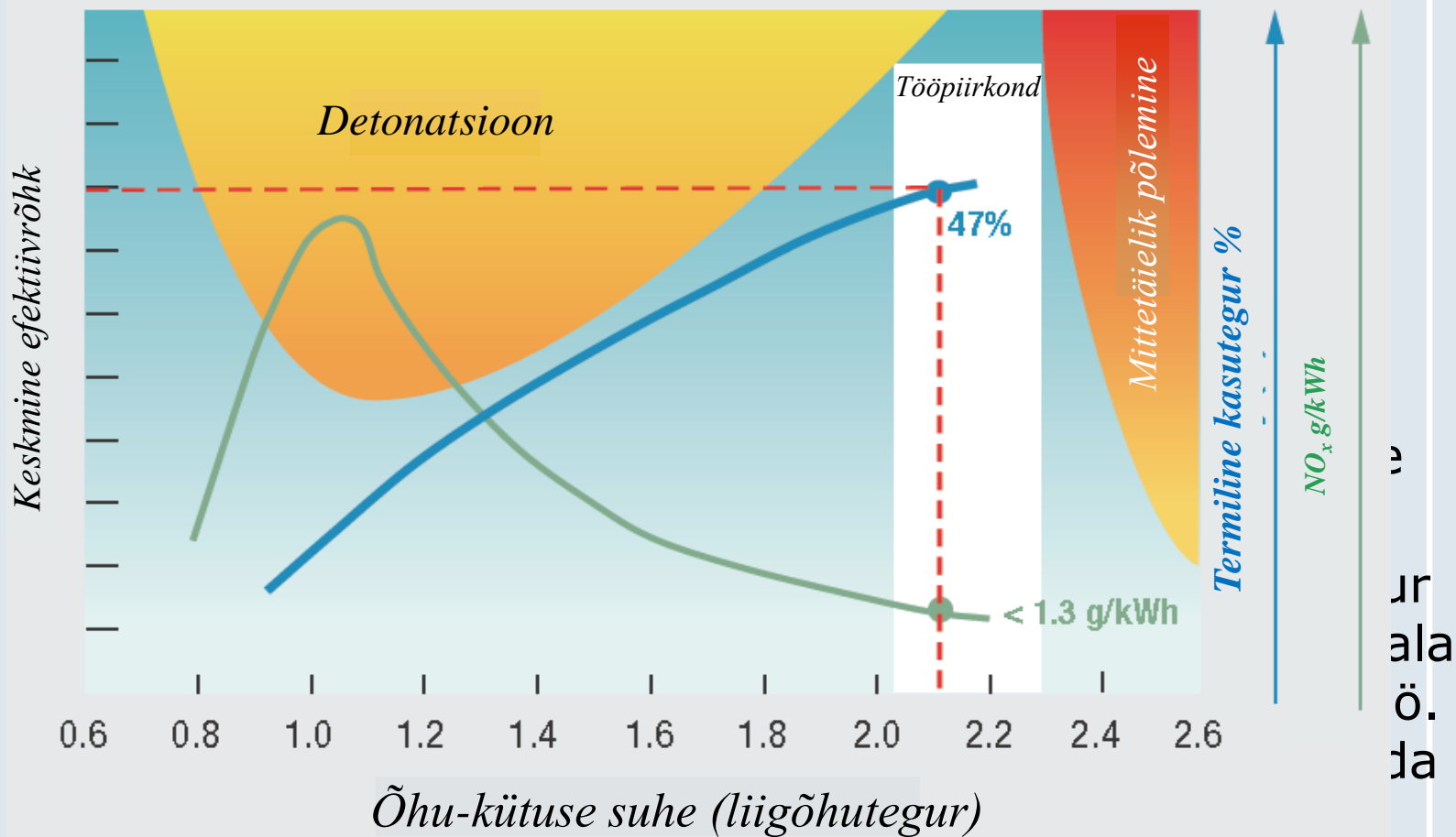
LNG hoidmine laevas

- Tihedus 2x väiksem, kui vedelkütustel, seega



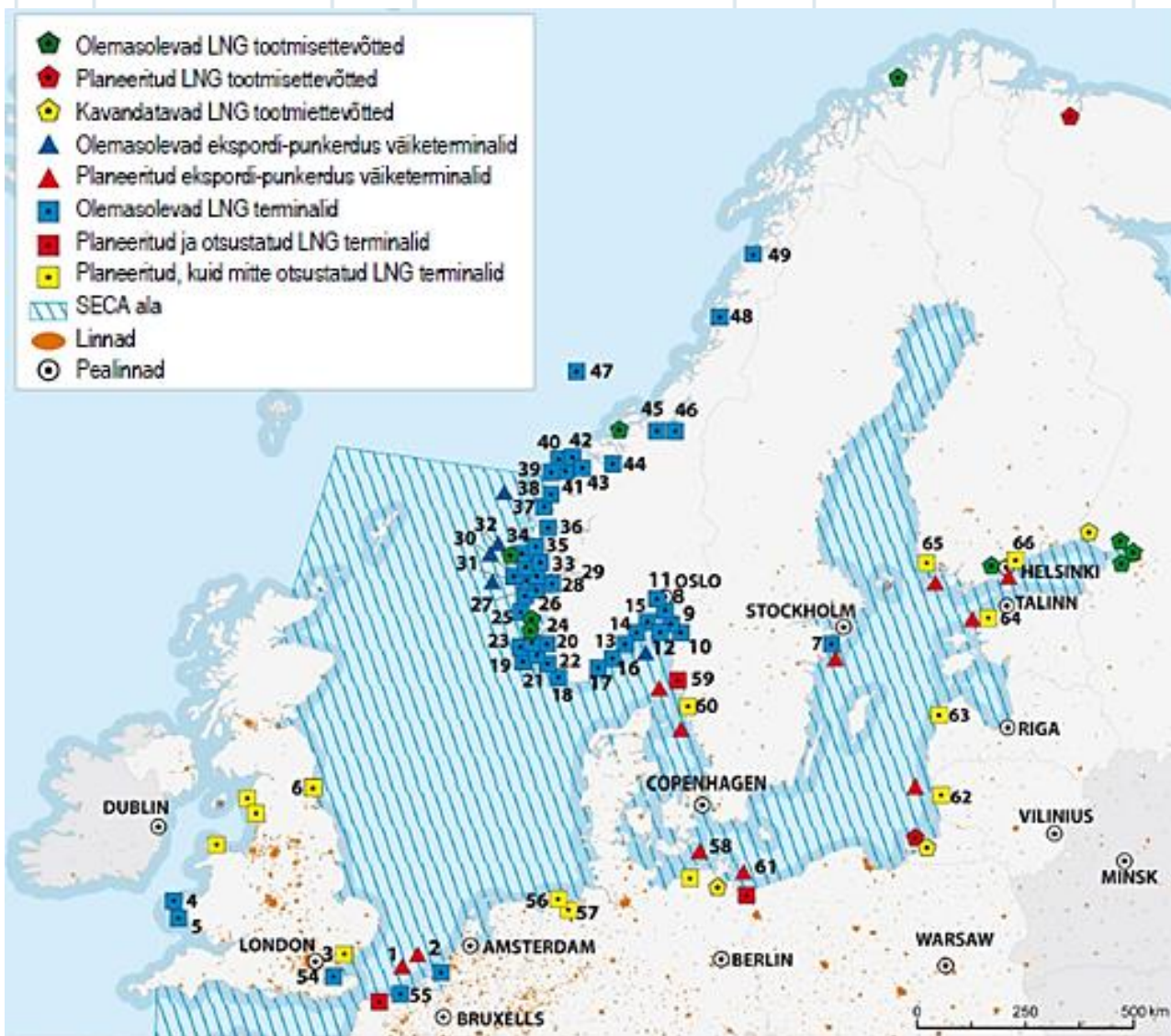


Kahekütuselised (DF) mootorid





Laevade varustamise võimalused LNG-ga Läänemere sadamates





Hetkeseis

- Hetkel on maailmas u. 100 LNG-l töötavat laeva, neist 90% Norras, + u.400 LNG tankerit
- Maailma kaubalaevastiku laevade koguarv seisuga 2014. a on ligi 110 000 laeva mahutavusega üle 100 (GT)
- Läänemerel sõidab hetkel regulaarselt ainult 1 LNG-d kütusena kasutatav laev



Hetkeseis

- Uurimistöö tegemise ajal toetusime varem tehtud prognoosidele, mille järgi erinevate kütuseliikide hinnad olid:
HFO - 714, MGO - 945 ja LNG - 556 EUR/t
- 2016 aprilli seisuga on Euroopas hinnad:
HFO - 160...180, MGO - 330...345 ja LNG 220...250 EUR/t.
- Naftahindade jätkuv madalseis ei toeta uute tehnoloogiate ja kütuseliikide rakendamist. 2015. aasta kogemus näitab, et märgatavat aktiivsuse kasvu ei LNG ega skruuberite kasutuselevõtmisel laevadel pole väevli-direktiivi rakendumine 01.01.2015. kaasa toonud.

Tasuvusuuring



Tasuvusuuringus lähtuti järgmiste laevaliikide tehnilistest näitajatest:

- Tanker „Bit Viking“ 17 757 GT
- Reisiparvlaev „Hiiumaa“ 5233 GT
- Reisiparvlaev „Superstar“ 36 277 GT
- Puistelastilaev „Derk“ 2056 GT
- Konteinerlaev 1400TEU 15 820 GT



Olemasoleva laeva moderniseerimiseks LNG kasutuselevõtuks teostati tasuvusuuring järgmiselt:

- Raskekütuse (HFO) kasutamine kuni 31.12.2014.
- Raskekütuse asendumine kõrgekvaliteedilise kütusega MGO.
- Raskekütuse kasutamine koos puhastusseadmega skruuber.
- Veeldatud maagaasi LNG kasutamine.



Olemasoleva laeva moderniseerimise tasuvusuuringu etapid

- Moderniseerimismaksumuse arvutus laevaliigiti.
- Moderniseerimisest tulenev kütuse kulu ja amortisatsiooni erisuse muutus.
- Moderniseerimise tasuvusaeg.
- Moderniseerimise ettevõtmise mõistlikkus:
 - Praegune puhasinvesteering
 - Kasumiindeks.



Olemasoleva laevaliigi LNG-le ülemineku moderniseerimismaksumus

Tanker (17 757 GT) **5 922 160** EUR.

Reisilaev (5233 GT) **1 531 046** EUR.

Reisilaev (36 277 GT) **15 846 362** EUR.

Puistelastilaev (2056 GT) **908 165** EUR.

Konteinerlaev (15 820 GT) **6 651 256** EUR.



LNG-ga moderniseerimise tasuvusaeg, nüüdisväärtus ja kasumiindeks

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

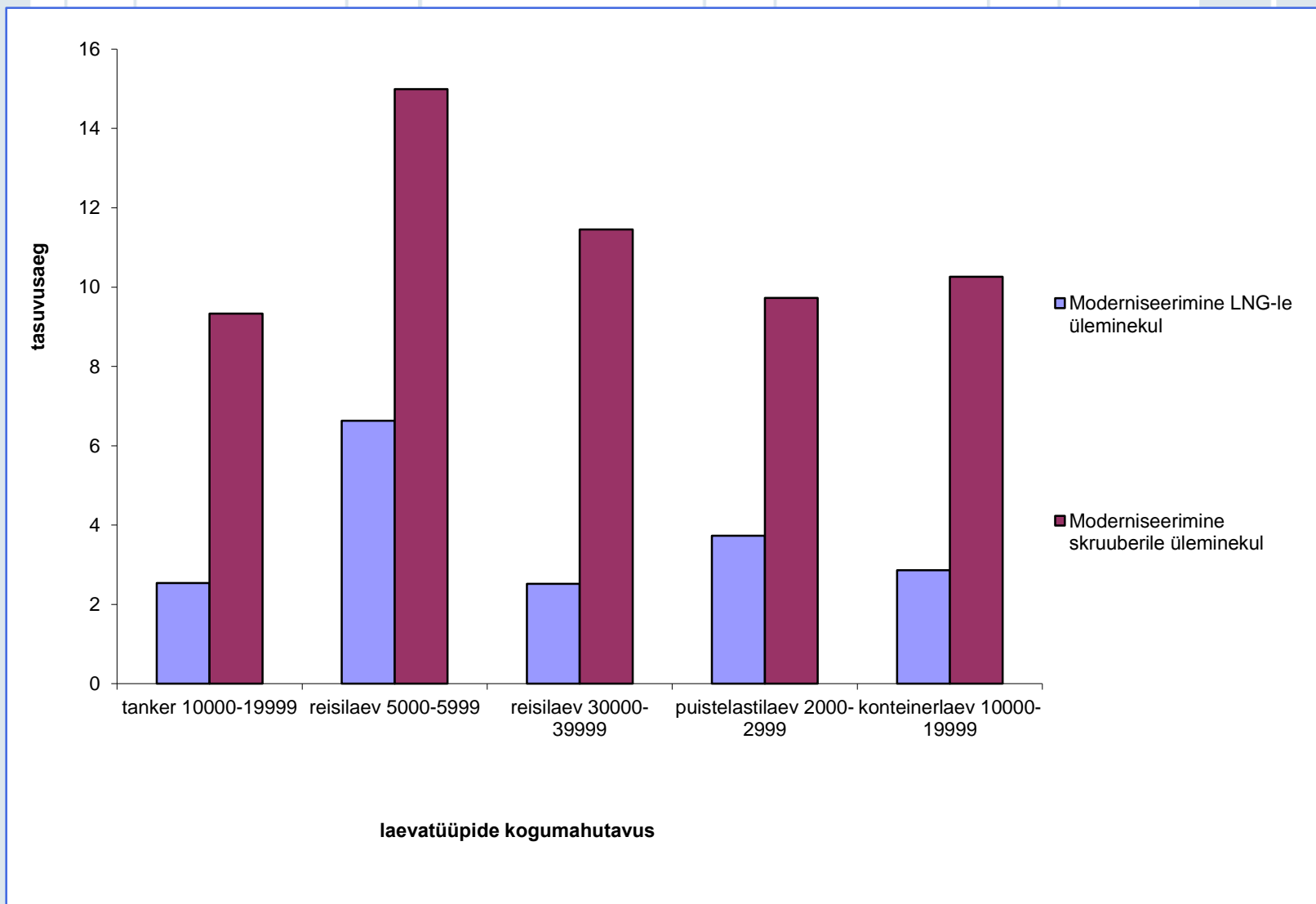


Olemasoleva laeva moderniseerimise reaalsus

- Moderniseerimine on teostatav.
- Analüüsist selgus, et reisilaevale (GT 5000-5999), mille kasumiindeks on väiksem kui 1 ja nüüdisväärtus on negatiivne, on vajalik teostada täiendavaid analüüse.



Moderniseerimise tasuvusaeg aastates LNG-le ja skruuberile üleminekul





Prognoos olemasolevate laevade LNG kasutuselevõtu üleminekul aastaks 2024

- Moderniseerida olemasolevad laevad selliselt, et saab kasutada kütusena veeldatud maagaasi.
- Olemasolevate laevade moderniseerimise takistuseks võivad saada järgmised tegurid:
 - Laevaomanike ressursside piiratus. Projektide tellimiseks ja paigaldamiseks.
 - Moderniseerimist projekteerivate ettevõtjate vähesus.
 - Moderniseerimist teostavate ettevõtjate oskustööjõu ressursi vähesus.
- Tellida uued laevad, mis on projekteeritud kasutama kütusena veeldatud maagaasi.
- Uute laevade tellimise takistuseks võivad saada järgmised tegurid:
 - Olemasolevate laevade realiseerimine. Laevaomanike ressursside piiratus.
 - Investeerimisvõimaluste vähesus.

Stsenaariumid



Stsenaariumite koostamisel lähtuti järgmistest eeldustest

I – 2015. aasta hetkeolukord, stabiilsed poliitilised ja majanduslikud situatsioonid, ettevõtete lähituleviku plaanid ja LNG kütusehind, mis oli samal tasemel HFO-ga või 10% sellest kallim.

II - 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.

III - Lisaks teise stsenaariumi käimapanevatele faktoritele lähtuti eeldusest, et EL ja Eesti riik panustavad täiendavaid toetusmeetmeid nii laevanduse kui ka infrastruktuuri arendamiseks LNG kütuse kasutuselevõtuks ning LNG hind on madalam HFO hinnast.



LNG-le moderniseeritud laevade arv erinevate stsenaariumite kohaselt

Laevatüüp	I	II	III
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



Täname tähelepanu eest!