

KESKLAVOR
Eesti Keskkonnauuringute Keskus

CENTRAL LAB
Estonian Environmental Research Centre

Välisõhu saastetasemete arvutuslik hindamine laevaliikluses LNG stsenaariumite põhjal

Tallinn 2015



Töö nimetus: Välisõhu saastetasemete arvutuslik hindamine laevaliikluses LNG stsenaariumite põhjal

Töö autorid:

Katri Saare

Töö teostaja:

Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ

Marja 4D

Tallinn, 10617

Tel. 6112 900

Fax. 6112 901

info@klab.ee

www.klab.ee

Sisukord

1	Sissejuhatus.....	5
2	Välisõhu saastetasemete arvutuslik hindamine LNG stsenaariumite põhjal	7
2.1	Algandmed	8
2.2	Saastetasemete modelleerimine.....	9
2.3	Modelleerimistulemused	12
2.3.1	Olemasoleva olukorra analüüs	12
2.3.2	I LNG arengustsenaarium	16
2.3.3	II LNG arengustsenaarium	21
2.3.4	III LNG arengustsenaarium	25
3	Kokkuvõte.....	29
4	Kasutatud kirjandus.....	30

Joonised

Joonis 1	Eesti tähtsamad sadamad (Eesti Sadamate Liit, 2015).....	11
Joonis 2	Laevandusest pärineva NO _x aastakeskmise kontsentratsioon.....	13
Joonis 3	Laevandusest pärineva SO ₂ aastakeskmise kontsentratsioon	14
Joonis 4	Laevandusest pärineva PM ₁₀ aastakeskmise tase.....	15
Joonis 5	Laevandusest pärineva NO _x kontsentratsiooni vähenemine I stsenaariumi kohaselt	17
Joonis 6	Laevandusest pärineva SO ₂ kontsentratsiooni vähenemine I stsenaariumi kohaselt	19
Joonis 7	Laevandusest pärineva PM ₁₀ kontsentratsiooni vähenemine I stsenaariumi kohaselt.....	20
Joonis 8	Laevandusest pärineva NO _x kontsentratsiooni vähenemine II stsenaariumi kohaselt.....	22
Joonis 9	Laevandusest pärineva SO ₂ kontsentratsiooni vähenemine II stsenaariumi kohaselt	23
Joonis 10	Laevandusest pärineva PM ₁₀ kontsentratsiooni vähenemine II stsenaariumi kohaselt....	24
Joonis 11	Laevandusest pärineva NO _x kontsentratsiooni vähenemine III stsenaariumi kohaselt.....	26
Joonis 12	Laevandusest pärineva SO ₂ kontsentratsiooni vähenemine III stsenaariumi kohaselt	27
Joonis 13	Laevandusest pärineva PM ₁₀ kontsentratsiooni vähenemine III stsenaariumi kohaselt...	28

Tabelid

Tabel 1	LNG laevade emisioonifaktorid (Lopez-Aparicio et al., 2015)	8
Tabel 2	Laevade emisioonitegurid Airviro andmebaasis.....	9

1 Sissejuhatus

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

2015 aasta 1. jaanuaril hakkasid direktiivi 2012/33/EL ja MARPOL VI lisaga kehtima Läänemere piirkonnas rangemad keskkonnanõuded laevaliiklusele. Lisaks Läänemerele kehtestati uued nõuded ka Põhjamere ja La Manche väina piirkonnale ning Põhja-Ameerika rannikualadele. Täpsemalt seati piirangud laevakütuste väävlisisaldusele, mis omakorda limiteerib laevadelt pärinevaid vääveldioksiidi emissioone. Kehtestatud nõuete kohaselt on senise lubatud 1%-lise väävlisisalduse asemel uus maksimaalne lubatud väävlisisaldus laevakütuses kuni 0,1%. Globaalselt kehtib ülejäänud maailmamere piirkondades hetkel kütuse väävlisisalduse piirang 3,5%, mis alates 2020. aasta 1. jaanuarist langeb 0,5%-ni. Lubatud on kasutada ka kõrgema väävlisisaldusega kütust, rakendades sealjuures täiendavaid emissioonigaaside puhastusmeetmeid.

Lämmastikoksiidide emissioonid on reguleeritud samuti MARPOL VI lisaga, mille nõuded kehtivad kõigile diiselmootoritega laevadele, mille võimsus on üle 130 kW ning mis on ehitatud või mille mootorit on oluliselt muudetud või asendatud pärast 2000 aasta 1. jaanuari. Uutele laevadele, mis on ehitatud alates 01.01.2016, kehtivad NO_x emissioonide kontrollalades veelgi rangemad piirangud.

Seatud piirangute tulemusena on oluliselt suurenenud huvi LNG kasutuselevõtuks laevaliikluses. LNG on koostiselt üks puhtaim ja keskkonnasõbralikum kütus, mille põhikomponendiks on metaan. Lisaks sisaldab LNG minimaalselt süsinikdioksiidi (CO₂) ja lämmastikku. Väävliühendite ja tahkete osakeste sisaldus on marginaalne. Veeldumise tulemusena väheneb maagaasi erimaht märgatavalt, mis annab lisaks olulise eelise kütuse hoiustamiseks ja transpordiks kaugete vahemaade tagant.

Töö eesmärgiks on analüüsida laevaliikluses LNG kasutuselevõtu mõju välisõhu kvaliteedile, teostades LNG põlemisel välisõhku eralduvate saasteainete nagu vääveldioksiid (SO₂), lämmastikoksiidid (NO_x) ja peened osakesed (PM₁₀) hajumisarvutused, võttes aluseks LNG arengustsenaariumid ja kütuse põlemisel tekkivate saasteainete emissioonitegurid. LNG põlemise tulemusena on SO₂ ja PM₁₀ emissioon õhku marginaalne ning võrreldes naftapõhiste kütustega tekib oluliselt vähem ka NO_x ja CO₂

heitmeid. Samas tuleb arvestada atmosfääri eralduva metaani koguse suurenemisega, kuna LNG tarbeks disainitud kahekütusteliste mootorite puhul satub hinnanguliselt 1,5 % maagaasist õhku kütuse mittetäieliku põlemise tulemusena (Kopti M et al., 2015). Käesoleva töö raames ei ole hinnatud eralduva metaani kogust ja selle mõju välisõhu kvaliteedile.

Laevaliikluse arengustsenaariumid on saadud Euroopa Majanduspiirkonna Finantsmehhanismi 2009-2014 programmi "Integreeritud sise- ja mereveekogude majandamine" projekti „Euroopa Liidu merestrategie raamdirektiivi kohase Eesti mereala meetmekava väljatöötamine, k.a. saastuse vähendamiseks veeldatud maagaasi (LNG) kui alternatiivse laevakütuse kasutamise tasuvusuuringu teostamine“ raames teostatavast LNG kasutuselevõtu tasuvusuuringust. Tasuvusuuringu teostaja projektis on TTÜ Mereakadeemia. LNG kasutuselevõtuga seotud emissioonitegurid SO₂, NO_x ja PM₁₀ kohta esitas Norra Õhu-uuringute Instituut (NILU).

2 Välisõhu saastetasemete arvutuslik hindamine LNG stsenaariumite põhjal

Tänapäeval on meretranspordis kasutusel mitmed erinevad laevakütused, peamiselt eristatakse kerge kütteõli, raske kütteõli destillaatkütuseid ja jääkõli ning diiselkütuseid. Laevakütuse põlemisel eraldub õhku lämmastiku okside (sh NO_2), väevli okside (sh SO_2), tahkeid osakesi, lenduvaid orgaanilisi ühendeid (LOÜ) ja süsinikdioksiidi (CO_2). Nii SO_2 , NO_x kui ka PM_{10} kuuluvad Välisõhu kaitse seaduse, Euroopa Liidu välisõhu direktiivide ja USA Keskkonnakaitseagentuuri regulatsioonide järgi esmaste saasteainete hulka, mille sisaldus õhus peab olema reguleeritud tulenevalt nende kahjulikust mõjust keskkonnale ja inimese tervisele.

SO_2 puhul on tegemist gaasilise ühendiga, mis kuulub reaktsioonivõimeliste väevli oksiidide hulka. Kõige olulisem SO_2 allikas on fossiilsete kütuste nagu toornafta ja kivisöe põletamine elektrijaamades, lisaks eraldub SO_2 välisõhku kõrge väevlisaldusega kütuse põletamisel laevades ja ka veduritel. Atmosfääri sattudes reageerib SO_2 teiste ühenditega, moodustades väikseid osakesi, mis sattudes hingamisteedesse suurendavad riski haigestuda erinevatesse hingamisteede haigustesse. Samuti osaleb SO_2 koos lämmastiku oksiididega happevihmade moodustamisel, mis omakorda põhjustab veekogude hapestumist ja materjalide korrosiooni.

NO_2 puhul on tegemist gaasilise ühendiga, mis koos NO-ga kuulub kiiresti reageerivate lämmastikoksiidide rühma. NO_2 suurimaks allikaks on fossiilkütuste põletamine. Sarnaselt väeveldioksiidile, võib NO_2 suurendada riski haigestuda hingamisteede haigustesse. Keskkonnamõjudena on oluline nimetada NO_2 puhul sudu ja maapinnalähedase osooni teket ning veekogude eutrofeerumist.

Peened osakesed (PM_{10}) on osakesed, mille aerodünaamiline diameeter on alla 10 μm . Sellesse fraktsiooni kuulub suurem osa antropogeensest tolmsaastest (nt põlemisprotsesside tagajärjel tekkiv lendtuhk, tahm). Inimtervise seisukohast on kõige ohtlikum just peente osakeste sisaldus sissehingatavas õhus. Erinevad uuringud ja Euroopa Komisjoni seisukoht on näidanud, et peente osakeste puhul ei ole olemas vähimat ilma mingisuguse riskita saastetaset. Sisse hingates võivad peened osakesed põhjustada hingamisteede haigusi, südameatakki ning suurendada enneaegse surma riski.

2.1 Algandmed

Käesoleva töö raames teostati saasteainete nagu SO₂, NO_x ja PM₁₀ hajumisarvutused vastavalt TTÜ EMERA poolt koostatud LNG arengustsenaariumitele ja NILU poolt esitatud saasteainete emissiooniteguritele.

TTÜ EMERA poolt läbi viidud „Veeldatud maagaasi (LNG) laevakütusena kasutuselevõtu tehnilise ja majandusliku teostatavuse uuringus“ (Kopti M et al., 2015) esitati aastaks 2024 kolm võimalikku stsenaariumit, mille kohaselt erinev hulk laevu on kütusena kasutusele võtnud veeldatud maagaasi:

- I stsenaarium – 5 LNG laeva (2 suurt ja 2 väiksemat reisilaeva, 1 tanker).
- II stsenaarium – 12 LNG laeva (4 suurt ja 4 väiksemat reisilaeva, 2 tankerit, 1 puistlasti vedaja, 1 konteinerlaev).
- III stsenaarium – 17 LNG laeva (6 suurt ja 4 väiksemat reisilaeva, 3 tankerit, 2 puistlasti vedajat, 2 konteinerlaeva).

NILU poolt esitatud saasteainete emissioonitegurid LNG kasutamisel laevakütusena on toodud alljärgnevalt (Tabel 1). Emissioonitegurite hindamisel on aluseks võetud TTÜ EMERA poolt esitatud kogumahutavuselt enim Eesti sadamaid külastatavad laevatüübid. Esitatud emissiooniteguritel on küllaltki kõrge määramatus, kuna esiteks vastavasisulisi uuringuid ja teadustöid on seni maailmas teostatud vaid mõned LNG senise vähese populaarsuse tõttu ning teiseks on seni esitatud emissioonitegurid üldised, jättes arvestamata laevade eri töörežiime.

Tabel 1 LNG laevade emisioonifaktorid (Lopez-Aparicio et al., 2015)

Type of vessel	NO _x , g/kWh	SO ₂ , g/kWh	PM ₁₀ , g/kWh
Reisilaevad (5000 - 5999 GT)	1.1	0.51x10 ⁻³	0.115
Reisilaevad (30 000 - 39 999 GT)	1.1	0.51x10 ⁻³	0.115
Tankerid (10 000 – 19 999 GT)	2.15	0.51x10 ⁻³	0.115
Puistlasti vedajad (2000 – 2999 GT)	2.15	0.51x10 ⁻³	0.115
Konteinerlaevad (10 000 – 19 999 GT)	2.15	0.51x10 ⁻³	0.115

2.2 Saastetasemete modelleerimine

Käesoleva töö raames koostati LNG kasutuselevõtuga seotud keskkonnamõjude hindamiseks erinevate stsenaariumite põhjal laevaliiklusest pärinevate õhusaasteainete emissioonide andmebaasid, kus erinev osa laevadest Eesti vetes kütusena kasutusele võtnud LNG. Olemasolevas laevade andmebaasis asendati vastavalt arengustsenaariumitele osade laevade praegused vedelkütuste kasutamisega seotud emissioonitegurid LNG kasutamisega seotud emissiooniteguritega ning teostati hajumisarvutused SO₂, NO_x ja PM₁₀ kohta. Laevad, mille emissioonitegurid asendati LNG emissiooniteguritega on juhuslikult valitud laevad, mis vastavad stsenaariumi tingimustele ning Eesti sadamaid enim külastavad. Järgevas tabelis on näitega toodud kahe laeva raske kütteõli ja LNG emissioonitegurid põhi- ja abimootoritel.

Tabel 2 Laevade emissioonitegurid Airviro andmebaasis

Laeva tüüp	Raske kütteõli emissioonitegurid						LNG emissioonitegurid					
	NO _x , g/kWh		SO ₂ , g/kWh		PM ₁₀ , g/kWh		NO _x , g/kWh		SO ₂ , g/kWh		PM ₁₀ , g/kWh	
	ME	AE	ME	AE	ME	AE	ME	AE	ME	AE	ME	AE
Reisilaev (30 000 - 39 999 GT) M/S Finlandia	12.6	10.0	0.02	0.002	0.5	0.2	0.61	0.49	0.46*10 ⁻³	0.05x10 ⁻³	0.011	0.004
Tanker Futura	12.6	10.0	0.02	0.002	0.5	0.2	1.20	0.95	0.46*10 ⁻³	0.05x10 ⁻³	0.011	0.004

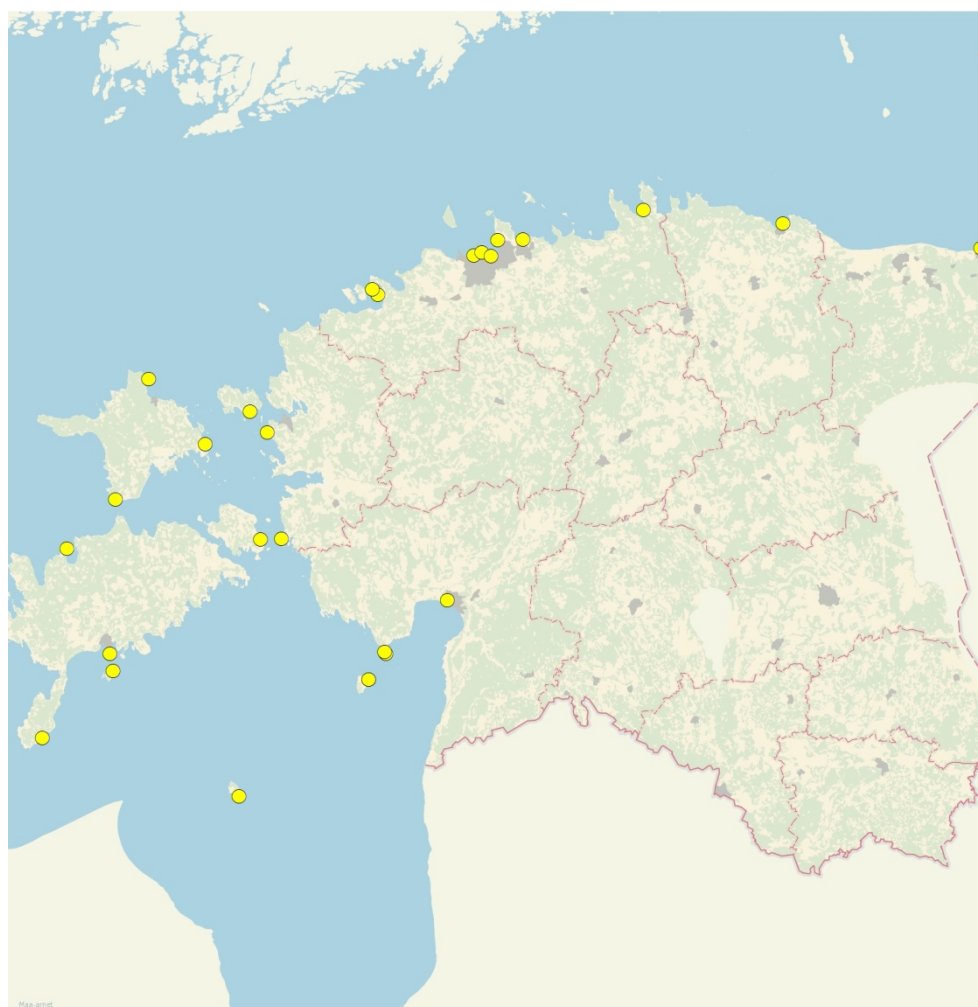
Emissioonide andmebaasidega tehti hajumisarvutused Airviro modelleerimissüsteemis. Tegemist on veebipõhise õhukvaliteedi juhtimise tarkvaraga, mille arendajateks on Rootsi Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut ja Apertum SE. Alates 2005. aastast on Airviro kasutusel Eesti ametliku õhukvaliteedi juhtimissüsteemina. Üldiselt kasutatakse hajumismudeleid suuremate alade ja piirkondade õhukvaliteedi hindamiseks ja iseloomustamiseks, samuti tulevikustsenaariumite ja

saastetasemete ennustamiseks. Hajumisarvutused viidi läbi Airviros oleva Shipair mooduli ja Euleri arvutusmudeliga millega arvutati välja laevaliikluse erinevate arengustsenaariumite tulemusena tekkiv mõju välisõhu kvaliteedile.

Laevaliikluse modelleerimiseks kasutati AIS põhist laevade asukoha identifitseerimissüsteemi. Laevade AIS signaal saadetakse Airviro modelleerimissüsteemi Veeteede Ameti poolt, kus konkreetsed laevad identifitseeritakse IMO numbril põhjal ning viiakse kokku Airviro süsteemis oleva laevade andmebaasiga. IMO number on unikaalne identifitseerimiskood kõigile registreeritud laevadele ning kasutusele võetud Rahvusvahelise Mereorganisatsiooni poolt.

Olemasolevas laevade andmebaasis on esindatud kõik Eesti rannikumerd ja sadamaid külastanud laevad 2012. aastal, automaatne andmete uuendamine AIS süsteemis võimaldab modelleerimisel aga arvestada laevade liikumist ja trajektoori reaalselt. Lisaks AIS signaalile sisaldab andmebaas iga laeva spetsifikatsiooni laeva tüübi, installeeritud võimsuse, kiiruse, kütuseliigi ja kütusekulu ning emissioonitegurite kohta. Kuna laeva emissioonid sõltuvad peamiselt pea- ja abimootorite kasutamisest, on andmebaasi lisatud põhieeldused mootorite tööefektiivsuse kohta erinevatel töörežiimidel (kruis, manööverdamine, sildumine) arvestatud ka laeva emissioonide arvutamisel ja heitkoguste modelleerimisel. Lisaks arvestatakse modelleerimisel laeva korstna kõrguse, diameetri, väljuvate gaaside temperatuuri ja joonkiirusega.

Modelleerimisperiodina on antud töös käsitletud 2014. aastat, st. modelleerimisel on aluseks võetud 2014. aasta meteoroloogilised tingimused. Ilmastiku andmed vaadeldud perioodi kohta pärnevad Tallinnas, Aseris, Pärnus ja Tartus asuvatest meteomastidest. Hajumisalana on arvestatud kogu Eesti rannikumerd, hõlmates kõiki suuremaid sadamaid (Joonis 1). Kokku on andmebaasis 25 644 laeva.



● Sadam



Kaardi koostaja:
Eesti Keskkonnauuringute Keskus
Marja 4D
Tallinn 10617
www.klab.ee
info@klab.ee

Kasutatud Maa-ameti aluskaarti
(WMS teenus)



1:800000

Joonis 1 Eesti tähtsamad sadamad (Eesti Sadamate Liit, 2015)

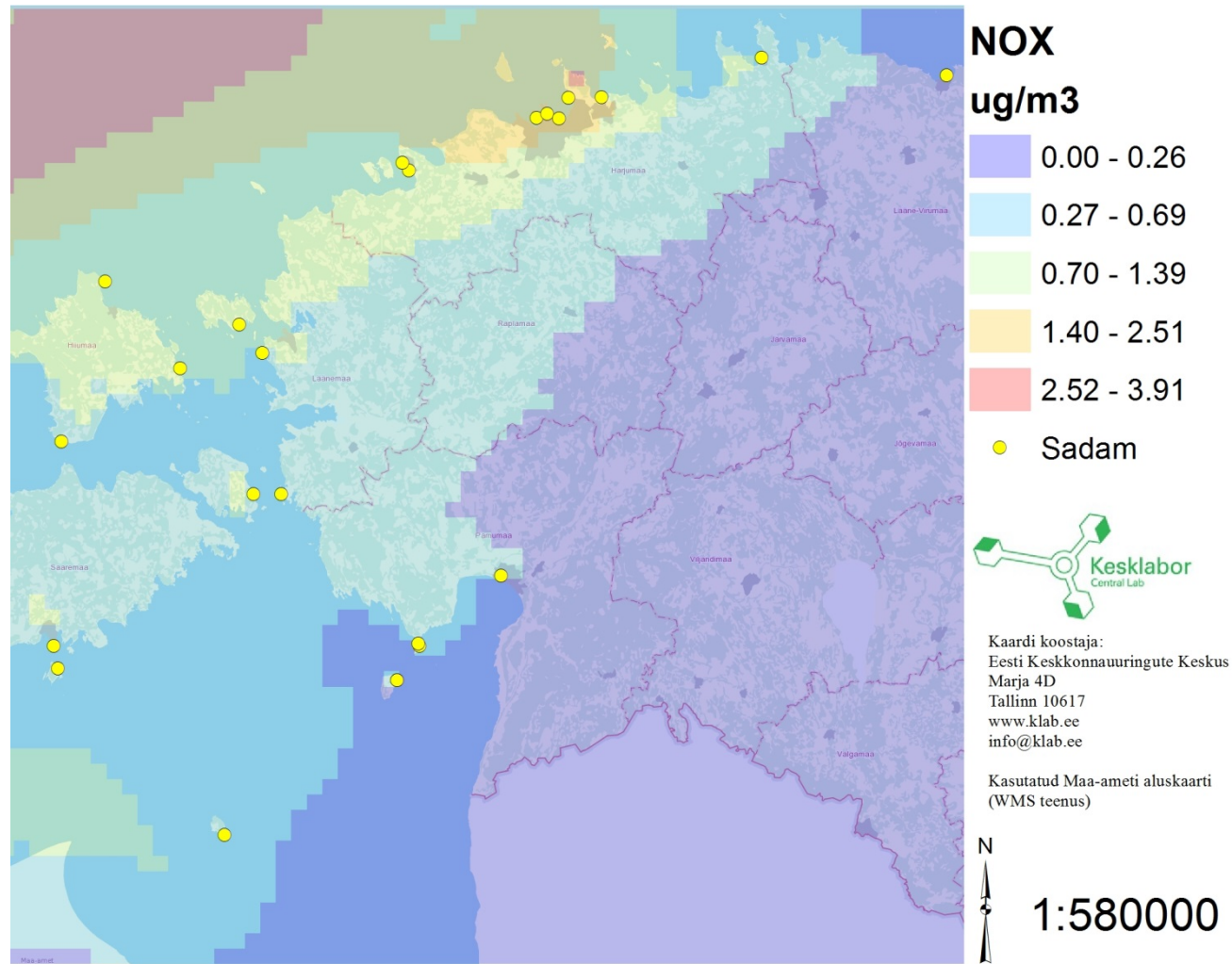
2.3 Modelleerimistulemused

2.3.1 Olemasoleva olukorra analüüs

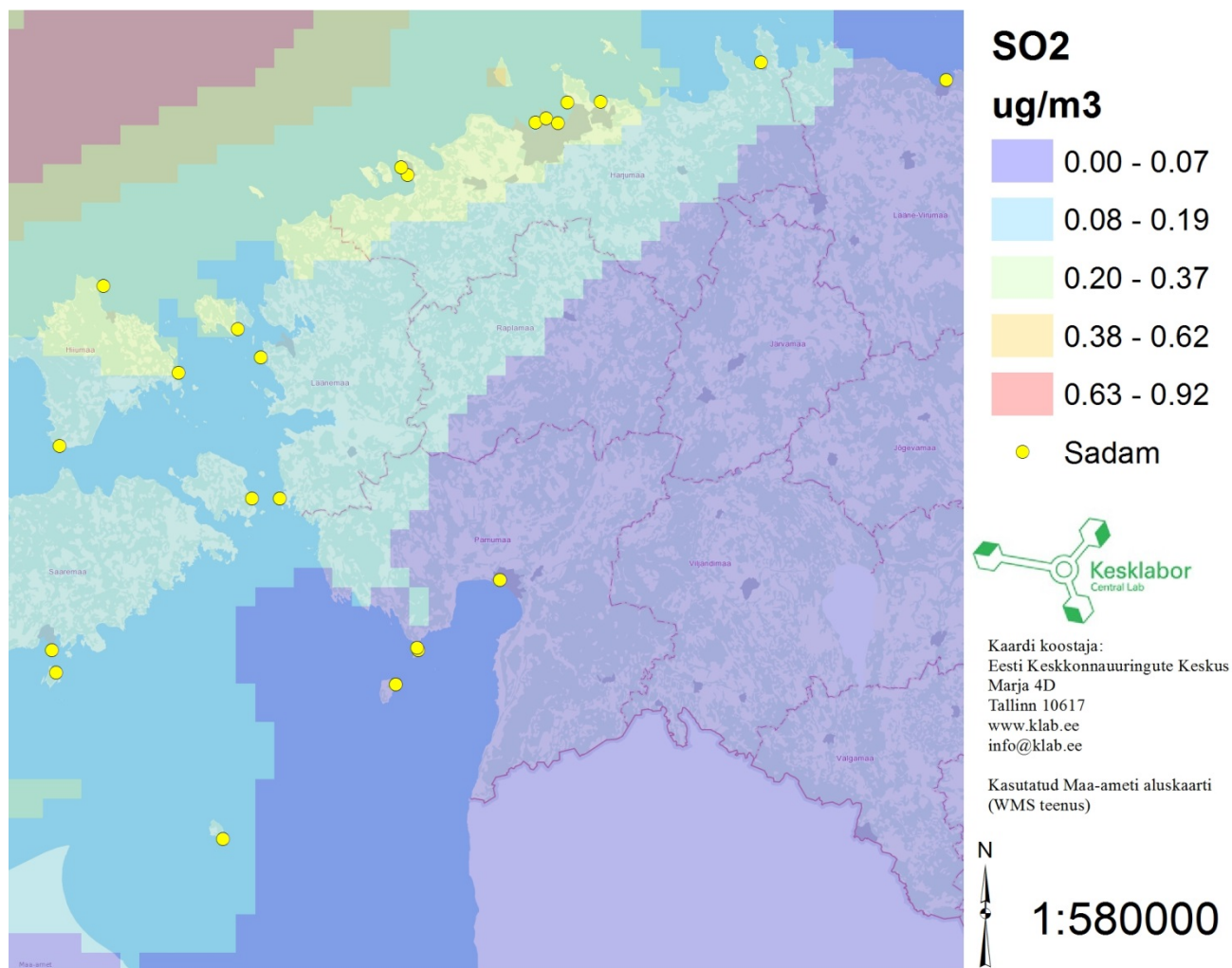
Välisõhu kvaliteedile hinnangu andmiseks LNG kasutusele võtmise korral laevaliikluses, teostati esmalt hajumisarvutused olemasoleva laevade emissioonide andmebaasiga, mille kohaselt kasutavad laevad kütusena rasket kütteõli väävlisisaldusega kuni 1 %. Hajumisarvutustest selgub, et laevandusest pärinevate lämmastikoksiidide aastakeskmise arvutuslik kontsentratsioon on kuni $3,91 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kusjuures kõrgeim saastetase tekib Viimsi poolsaare tipus ning Tallinna sadamapiirkonnast ligikaudu 80 km kaugusel lääne suunas (Joonis 2). Laevandusest enim mõjutatud on Harjumaa põhjarannik koos Tallinna kesklinna, Muuga ja Paljassaare sadamapiirkondadega. Mida rohkem põhjarannikust sisemaa suunas, seda väiksemat mõju avaldab laevaliiklus Eesti välisõhu kvaliteedile. Võrdluseks, Tallinna linnaõhu seirejaamades, mis enim iseloomustavad liikluse, tööstuse ja kohtkütte mõju ning Õismäe seirejaam pigem linnasisese fooni tasemeid, mõõdeti 2014. aasta keskmiseks NO_x sisalduseks Kesklinnas $32,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Põhja-Tallinnas $20,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Õismäel $15,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Maksimaalne arvutuslik SO_2 aastakeskmise kontsentratsioon on $0,92 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mille asukoht on sarnaselt lämmastikoksiididele Tallinna sadamapiirkonnast ligikaudu 80 km kaugusel lääne suunas keset merd (Joonis 3). Tallinna kesklinna, Muuga ja Paljassaare sadama piirkondades kujuneb aastakeskmiseks SO_2 sisalduseks $0,20 - 0,37 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Üldiselt on laevandusest pärit SO_2 levik sarnane NO_x kontsentratsioonide levikule, enim on mõjutatud mandri Eesti põhjarannik ning mida rohkem sisemaa poole, seda väiksem on laevanduse osakaal õhusaaste kujunemisel. Tallinna seirejaamades mõõdeti aastakeskmiseks SO_2 sisalduseks Kesklinnas vastavalt $1,20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Põhja-Tallinnas $0,98 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ning Õismäel $1,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

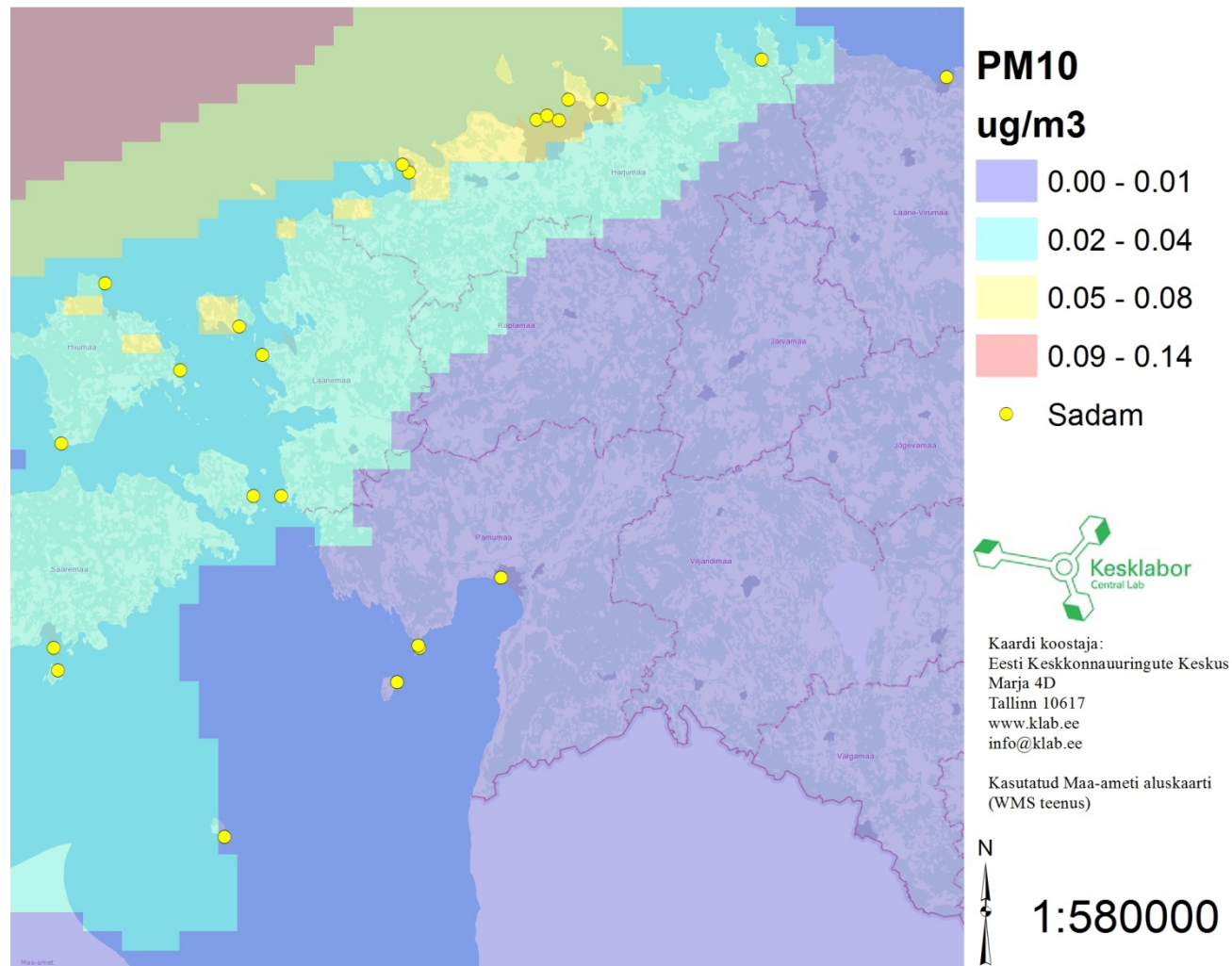
Ka PM_{10} puhul on aastakeskmise kontsentratsioon kõrgeim Tallinna sadamapiirkonnast ligikaudu 80 km kaugusel lääne suunas merel, vastavalt kuni $0,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tallinna kesklinna, Muuga ja Paljassaare sadamapiirkondades jääb keskmine peente osakeste sisaldus vahemikku $0,05 - 0,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ülejäänud Eesti puhul on laevanduse osakaal õhusaaste kujunemisel marginaalne (Joonis 4). Tallinna linnaõhu seirejaamades mõõdeti 2014. a keskmiseks PM_{10} sisalduseks Kesklinnas $16,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Põhja-Tallinnas $13,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Õismäel $14,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Joonis 2 Laevandusest pärineva NO_x aastakeskmise kontsentratsioon



Joonis 3 Laevandusest pärineva SO₂ aastakeskmise kontsentratsioon

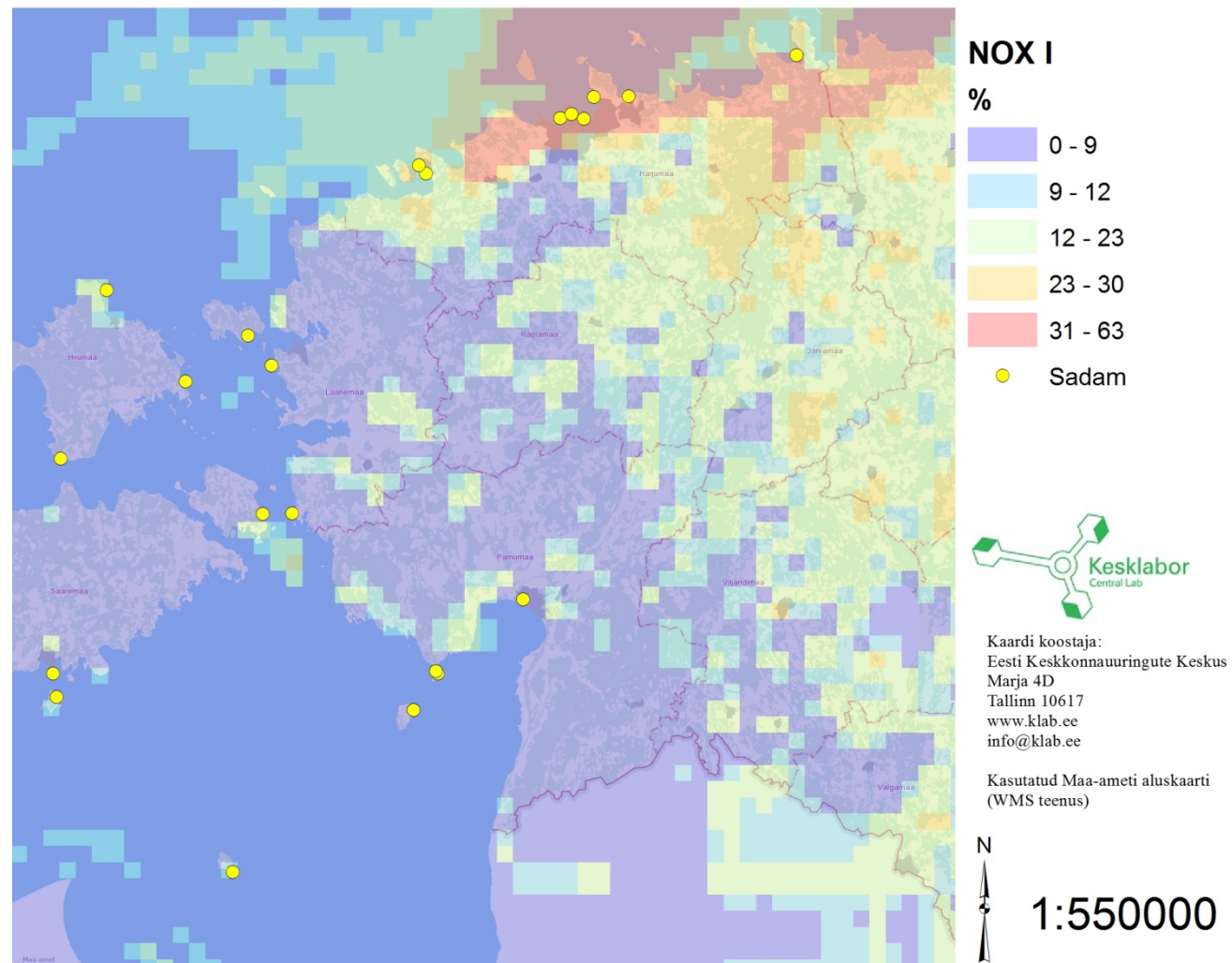


Joonis 4 Laevandusest pärineva PM₁₀ aastakeskmine tase

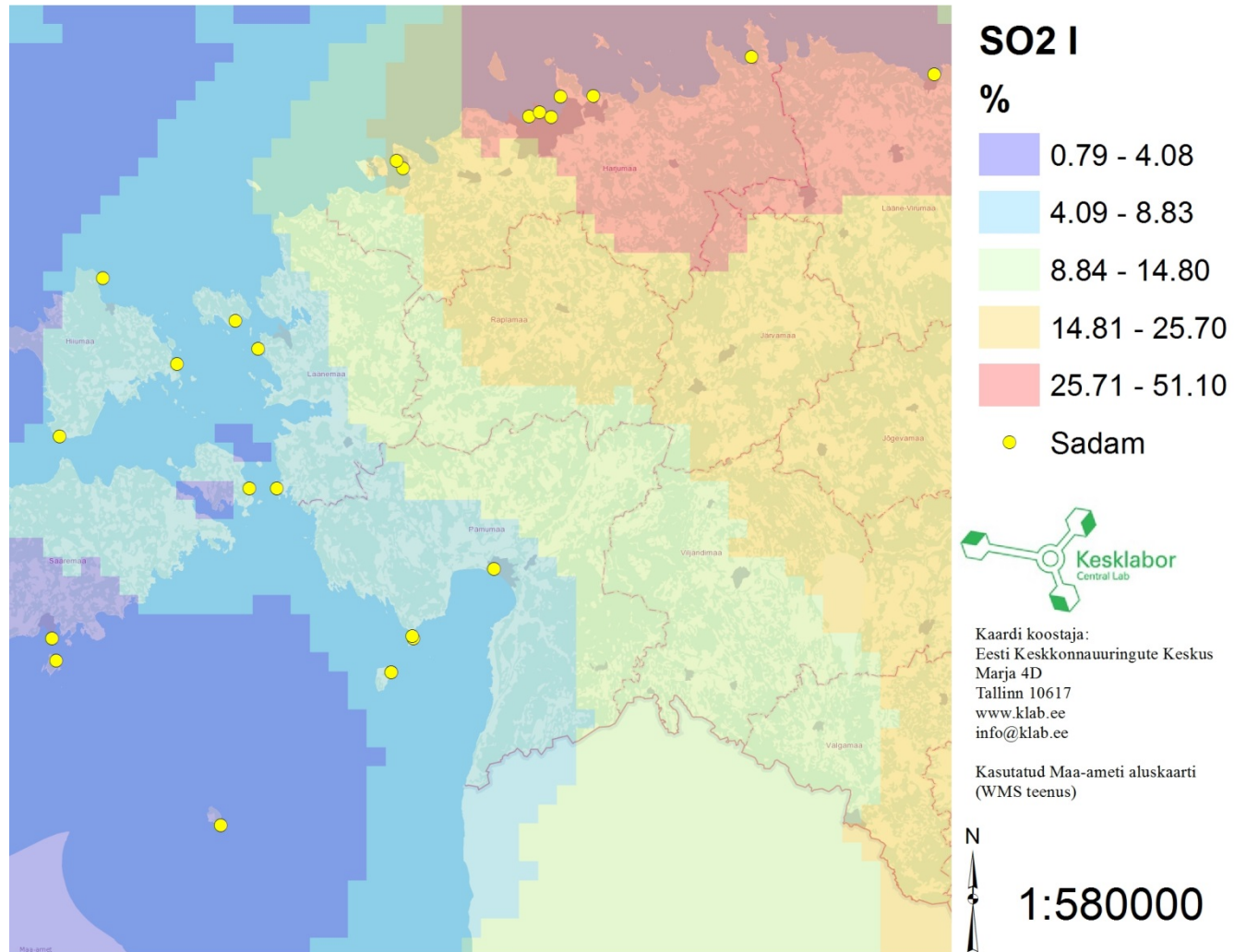
2.3.2 I LNG arengustsenaarium

Esimese arengustsenaariumi põhjal oleks Eestis aastaks 2024 LNG-le üle läinud 5 erineva kogumahutavusega laeva. Etteantud tingimuste kohaselt asendati olemasolevas laevade emissioonide andmebaasis 4 reisilaeva (Finlandia, Star, Superstar, Victoria I) ja 1 tankeri (Futura) senised raskekütteõli emissioonitegurid LNG emissiooniteguritega ning teostati saasteainete mudelarvutused.

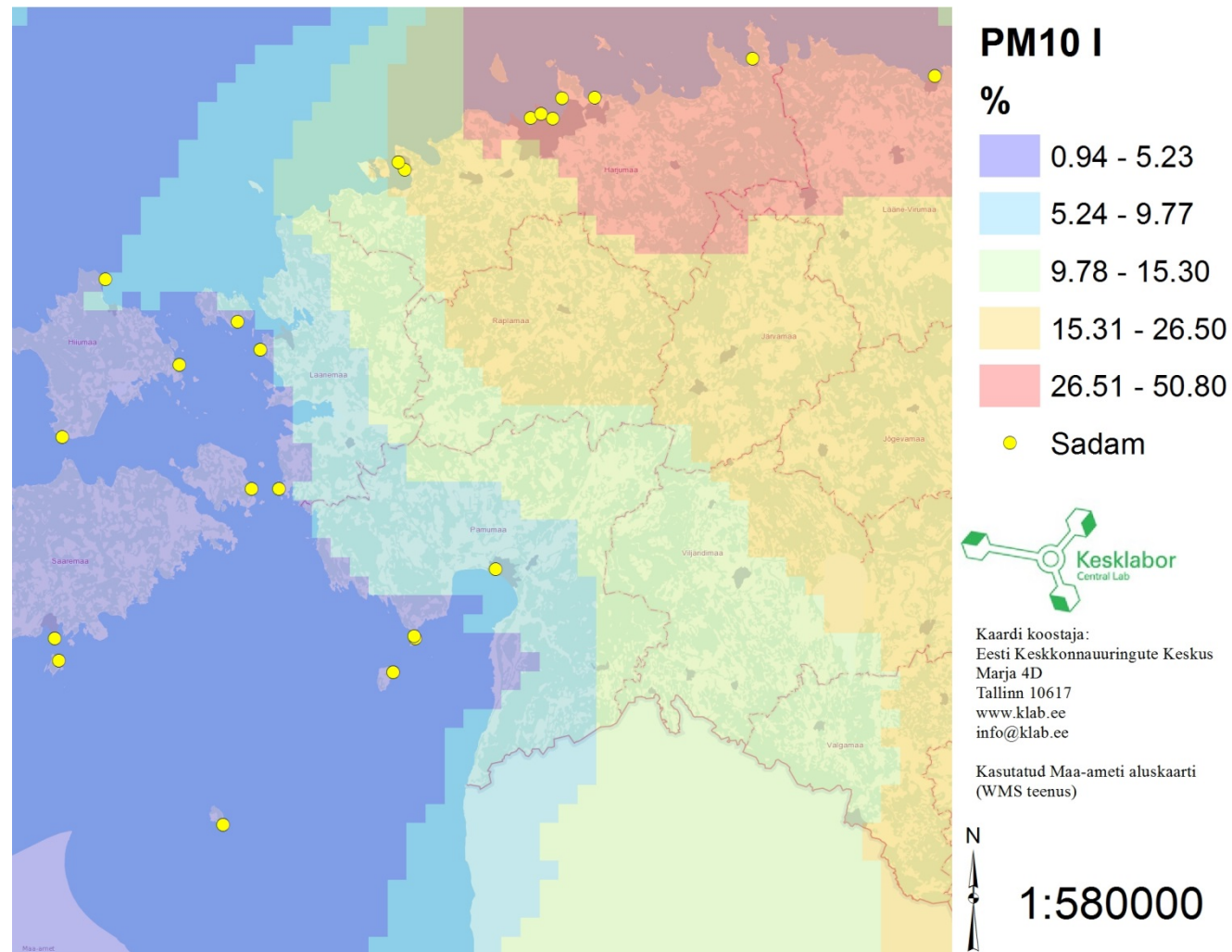
Hajumisarvutuste tulemusel selgub, et I arengustsenaariumi kohaselt langeks aastakeskmise NO_x sisaldus vastavalt 63%, SO_2 sisaldus 51% ja PM_{10} sisaldus 50,8%. Suurim langus kõigi saasteainete osas leiab aset põhjaranniku sadamapiirkondades, ülejäänud modelleerimisalal on langus väiksem.



Joonis 5 Laevandusest pärineva NO_x kontsentratsiooni vähenemine I stsenaariumi kohaselt



Joonis 6 **Laevandusest pärineva SO₂ kontsentratsiooni vähenemine I stsenaariumi kohaselt**

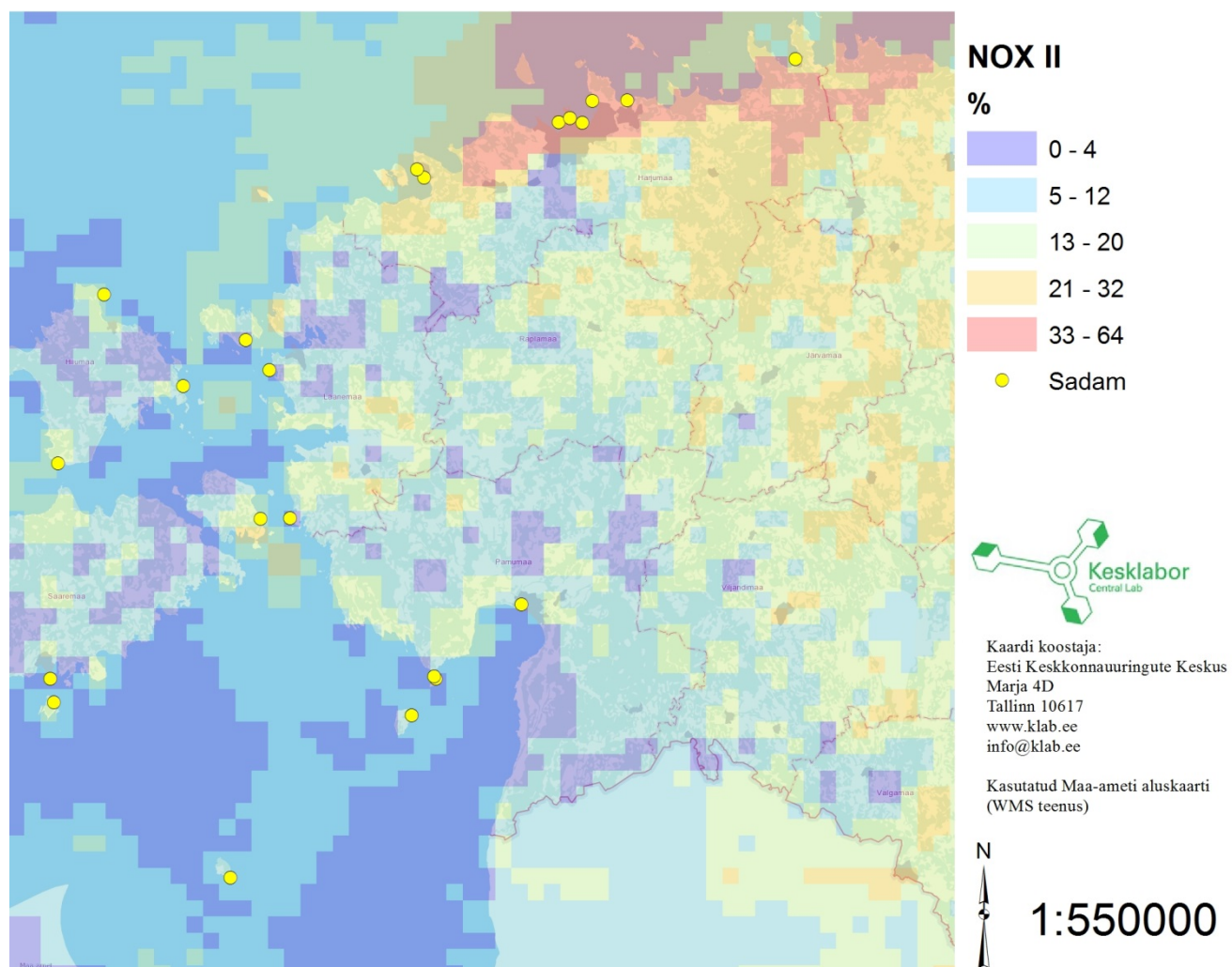


Joonis 7 Laevandusest pärineva PM₁₀ kontsentratsiooni vähenemine I stsenaariumi kohaselt

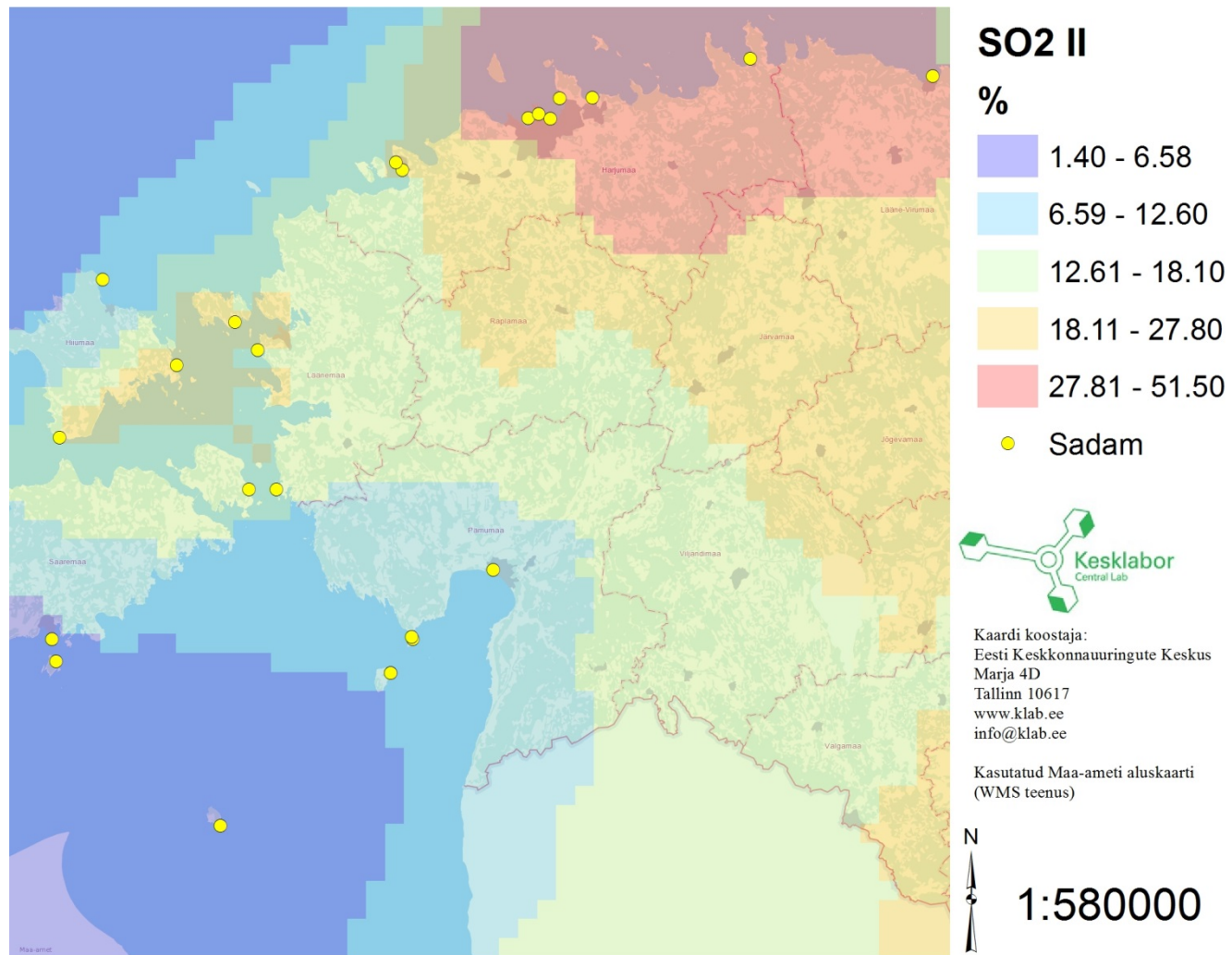
2.3.3 II LNG arengustsenaarium

Teise arengustsenaariumi põhjal oleks Eestis aastaks 2024 LNG-le üle läinud 12 erineva kogumahutuvusega laeva. Etteantud tingimuste kohaselt asendati olemasolevas laevade emissioonide andmebaasis 8 reisilaeva (Finlandia, Star, Superstar, Victoria I, Hiiumaa, Muhumaa, Regula, Kõrgelaid), 2 tankeri (Futura, Sten Fjell) 1 puistlasti vedaja (Sabina) ja 1 konteinerlaeva (Ida Rambow) senised raskekütteõli emissioonitegurid LNG emissiooniteguritega ning teostati saasteainete mudelarvutused.

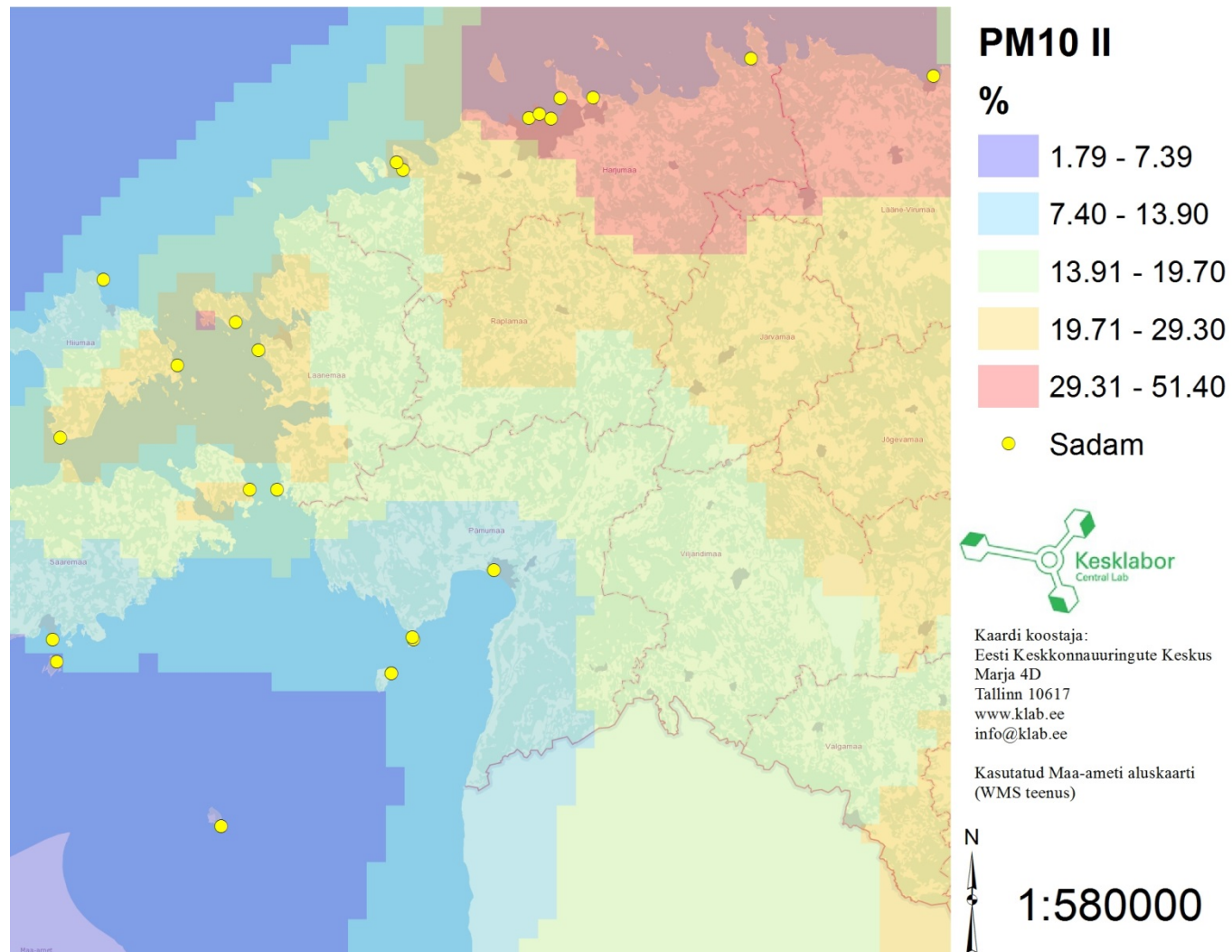
Hajumisarvutuste tulemusel selgub, et II arengustsenaariumi kohaselt langeks aastakeskmise NO_x sisaldus vastavalt 64%, SO_2 sisaldus 51,5% ja PM_{10} sisaldus 51,4%. Suurim langus kõigi saasteainete osas leiab aset põhjaranniku sadamapiirkondades, ülejäänud modelleerimisalal on langus väiksem.



Joonis 8 Laevandusest pärineva NO_x kontsentratsiooni vähenemine II stsenaariumi kohaselt



Joonis 9 Laevandusest pärineva SO₂ kontsentratsiooni vähenemine II stsenaariumi kohaselt

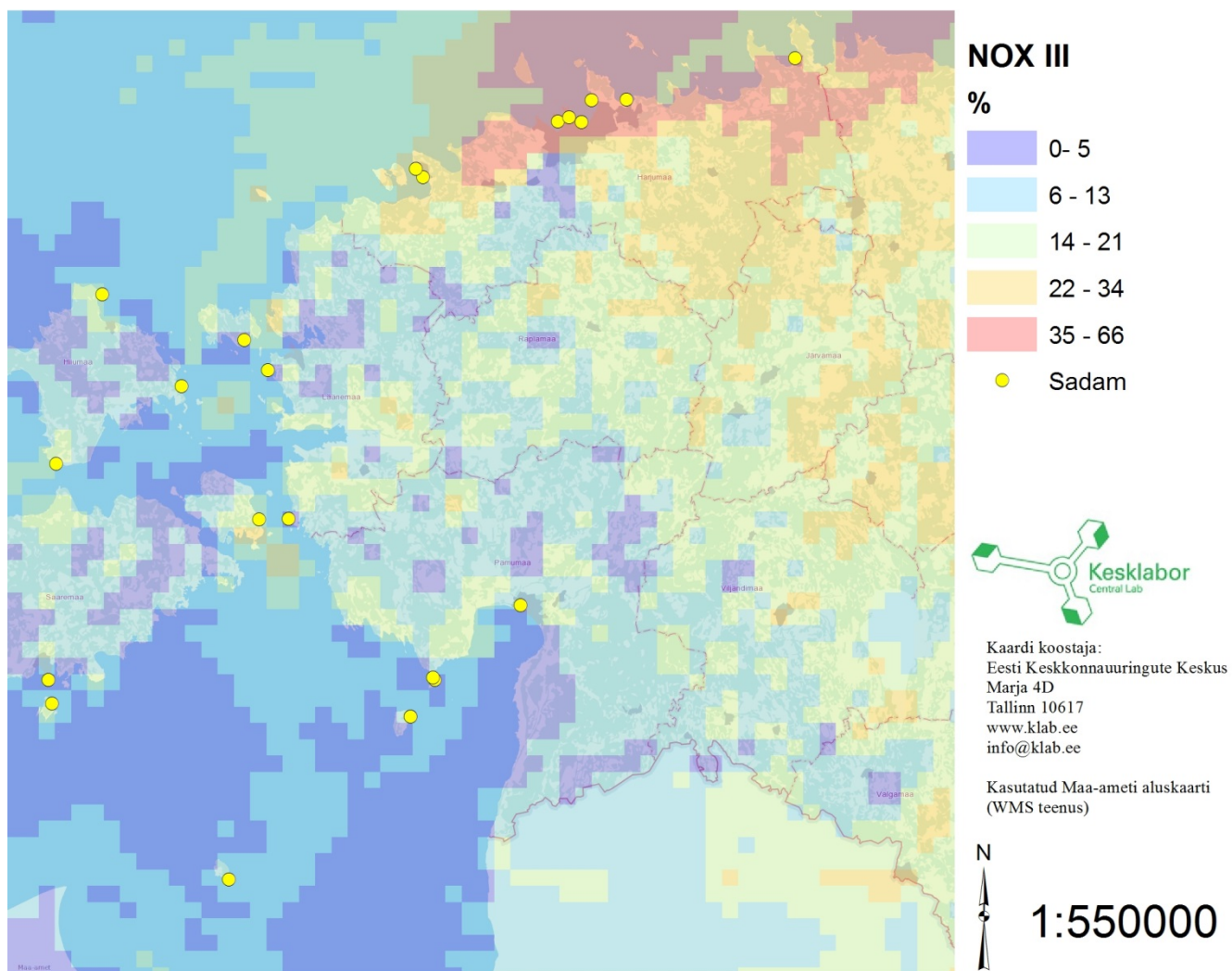


Joonis 10 Laevandusest pärineva PM₁₀ kontsentratsiooni vähenemine II stsenaariumi kohaselt

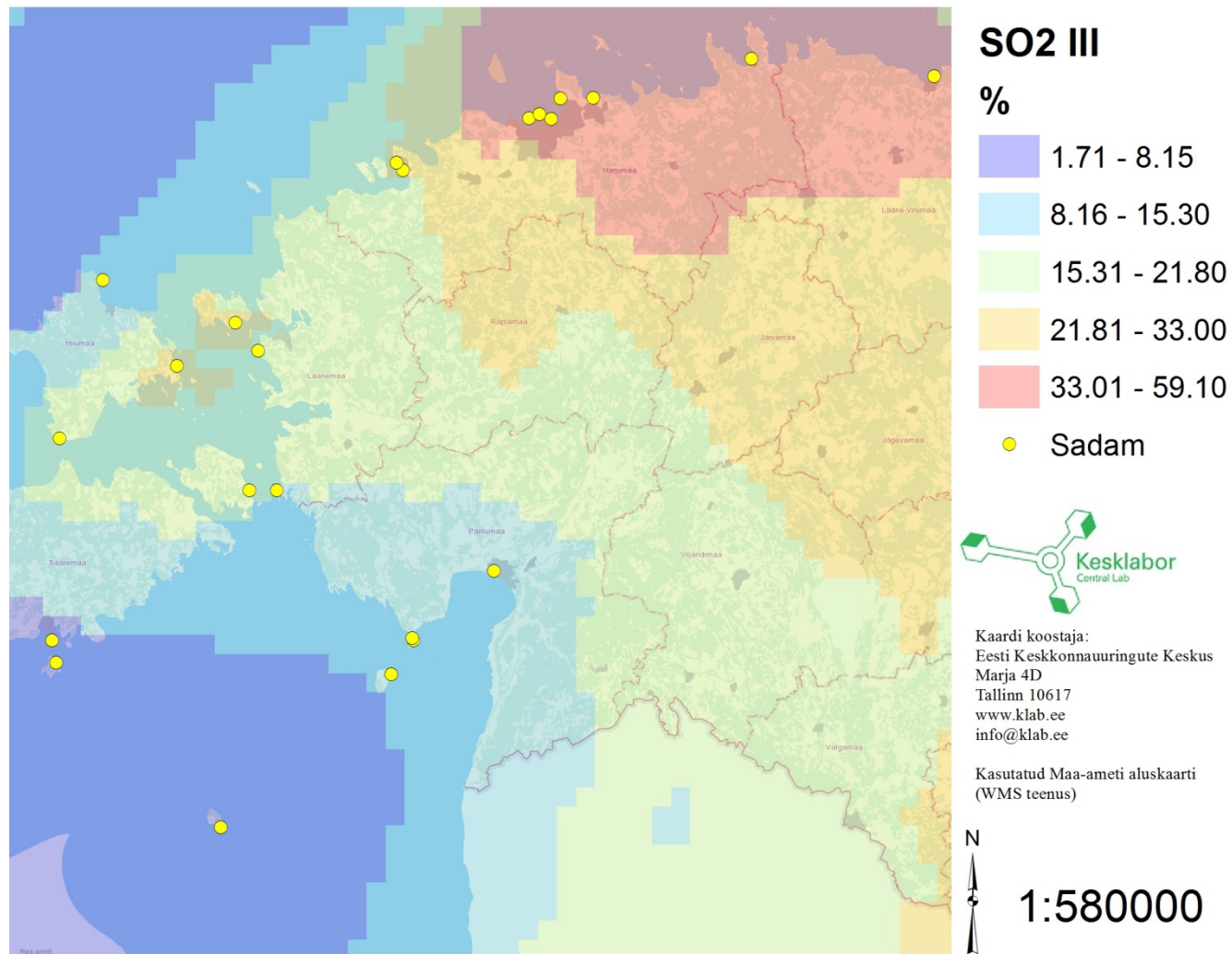
2.3.4 III LNG arengutsenaarium

Kolmanda arengutsenaariumi põhjal oleks Eestis aastaks 2024 LNG-le üle läinud 18 erineva kogumahutavusega laeva. Etteantud tingimuste kohaselt asendati olemasolevas laevade emissioonide andmebaasis 10 reisilaeva (Finlandia, Star, Superstar, Victoria I, Hiiumaa, Muhumaa, Regula, Kõrgelaid, Baltic Queen, Merilin) 3 tankeri (Futura, Sten Fjell, Solero), 2 puistlasti vedaja (Sabina, Natali) ja 2 konteinerlaeva (Ida Rambow, Andrea) senised raskekütteõli emissioonitegurid LNG emissiooniteguritega ning teostati saasteainete mudelarvutused.

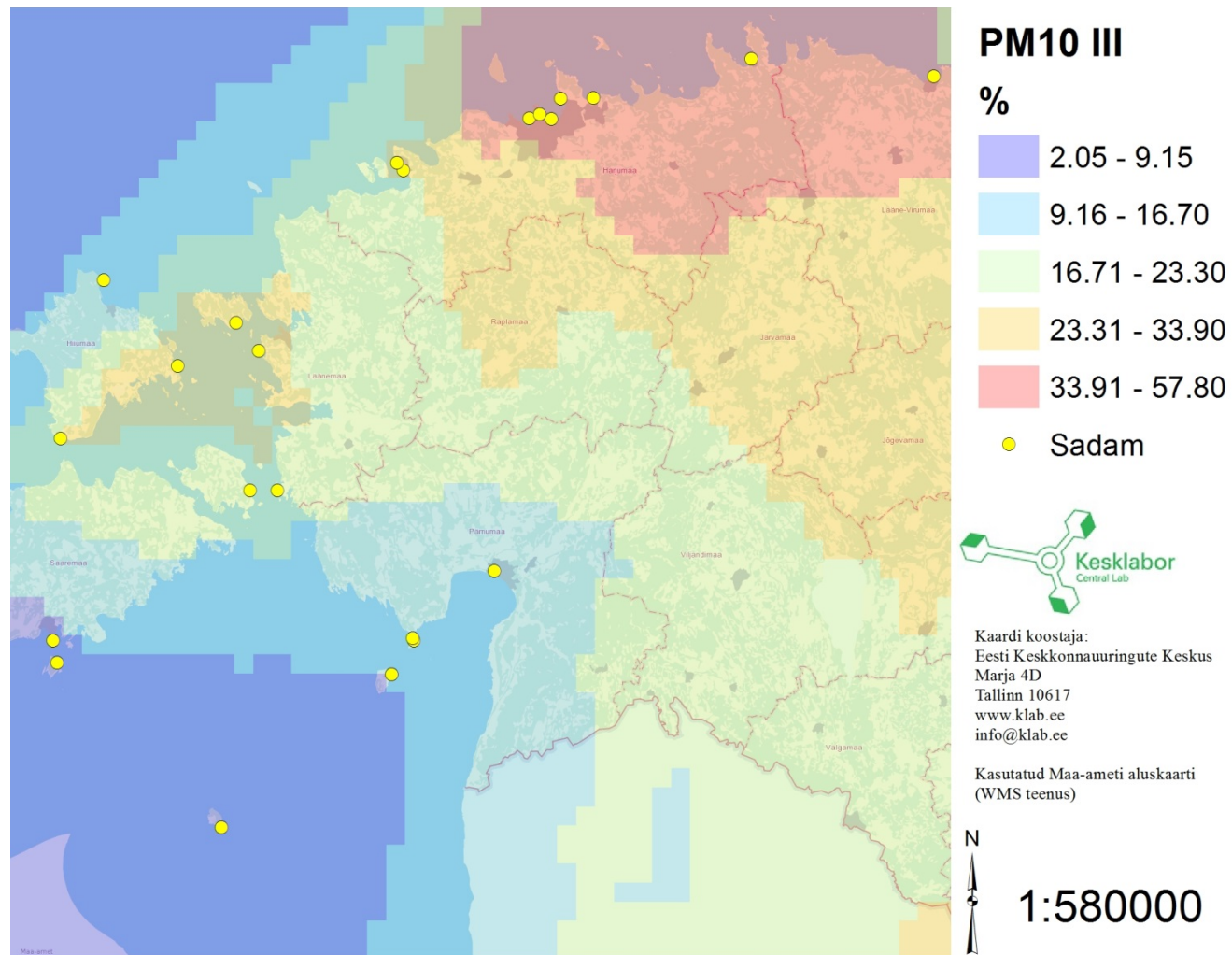
Hajumisarvutuste tulemusel selgub, et III arengutsenaariumi kohaselt langeks aastakeskmise NO_x sisaldus vastavalt 66%, SO_2 sisaldus 59% ja PM_{10} sisaldus 58%. Suurim langus kõigi saasteainete osas leiab aset põhjaranniku sadamapiirkondades, ülejäänud modelleerimisalal on langus väiksem.



Joonis 11 Laevandusest pärineva NO_x kontsentratsiooni vähenemine III stsenaariumi kohaselt



Joonis 12 Laevandusest pärineva SO₂ kontsentratsiooni vähenemine III stsenaariumi kohaselt



Joonis 13 Laevandusest pärineva PM₁₀ kontsentratsiooni vähenemine III stsenaariumi kohaselt

3 Kokkuvõte

Laevanduses LNG kütusena kasutusele võtmise korral väheneksid oluliselt kütuse põlemisel õhku paisatavate saasteainete nagu NO_x , SO_2 ja PM_{10} emissioonid võrreldes fossiilkütuste põletamisel tekkivate emissioonidega. Teostatud hajumisarvutused näitavad, et olenemata 2024. aastaks välja pakutud stsenaariumitest LNG-l sõitvate laevade arvu kohta, väheneb nimetatud saasteainete aastakeskmine kontsentratsioon õhus märgatavalt.

I stsenaarium vähendaks aastakeskmist NO_x kontsentratsiooni 63%, SO_2 kontsentratsiooni 51% ja PM_{10} kontsentratsiooni 50,8 %.

II stsenaarium vähendaks aastakeskmist NO_x kontsentratsiooni 64%, SO_2 kontsentratsiooni 52% ja PM_{10} kontsentratsiooni 51,4%.

III stsenaarium vähendaks aastakeskmist NO_x kontsentratsiooni 66%, SO_2 kontsentratsiooni 59% ja PM_{10} kontsentratsiooni 58%.

Võrreldes laevadelt pärinevaid saasteainete arvutuslikke kontsentratsioone Tallinna linnaõhu seirejaamades reaalses mõõdetud kontsentratsioonidega, on laevadelt pärineva saaste osakaal Tallinna linnas mõõdetud kogusaastest marginaalne. LNG kasutuselevõtt laevanduses vähendab survet keskkonnale nii NO_x , SO_2 ja PM_{10} heitmete vähenemise näol, mistõttu langeks laevanduse osakaal linnaõhu saaste kujunemisel veelgi. Märksa olulisem on keskkonna seisukohast on lämmastiku oksiididest põhjustatud saastekoormuse vähenemine Läänemerele ja seeläbi eutrofeerumise vähenemine.

4 Kasutatud kirjandus

Segersson D. 2013. A dynamic model for shipping emissions. Adaption of Airviro and application in the Baltic Sea. METEOROLOGY No. 153

http://www.smhi.se/polopoly_fs/1.82121!/Menu/general/extGroup/attachmentColHold/mainCol1/file/Meteorologi_153.pdf 11.11.2015

Kopti M., Punab H., Güldenkoh M., 2015. Veeldatud maagaasi laevakütusena kasutuselevõtu tehnilise ja majandusliku teostatavuse uuring. Tallinna Tehnikaülikool. Eesti Mereakadeemia

Lopez-Aparicio S., Tønnesen D., NILU. 2015. Pollutant emissions from LNG fuelled ships. Assessment and Recommendations.

www.sadamateliit.ee

Saare K., Kabral N., Maasikmets M., Teinema E., 2015. Välisõhu kvaliteedi seire 2014. Riiklik keskkonnaseire alamprogramm