



10-oji nacionalinė jūros mokslų ir technologijų  
konferencija

## **JŪROS IR KRANTŲ TYRIMAI 2017**

**Konferencijos medžiaga**

2017 balandžio 26–28 d.  
Palangos Kurhauzo salė

**KONFERENCIJOS ORGANIZATORIAI**



Asociacija "Baltijos slėnis"



JŪROS TYRIMŲ  
ATVIROS PRIEIGOS  
CENTRAS

OPEN R & D  
LITUVA



JŪROS  
TECHNOLOGIJŲ  
IR GAMTOS  
MOKSLŲ  
FAKULTETAS

Klaipėdos universiteto

Jūros tyrimų atviros prieigos centras

Jūros technologijų ir gamtos mokslų  
fakultetas

**KONFERENCIJOS PARTNERIAI**



VĮ Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcija



Palangos miesto savivaldybės administracija

Leidinyje pateikiama 10-osios mokslinės-praktinės konferencijos „Jūros ir krantų tyrimai 2017“, vykusios 2017 metų balandžio 26–28 dienomis Palangoje, medžiaga.

Leidinio bibliografinė informacija pateikiama Lietuvos nacionalinės Martyno Mažvydo bibliotekos Nacionalinės bibliografijos duomenų banke (NBDB).

© Klaipėdos universitetas, 2017

***MOKSLINIS KOMITETAS***

Prof. dr. Albertas Bitinas

Dr. Nerijus Blažauskas

Prof. dr. Inga Dailidienė

Prof. dr. Darius Daunys

Prof. dr. Zita Rasuolė Gasiūnaitė

Prof. dr. Jolanta Janutėnienė

Prof. habil. dr. Sergejus Lebedevas

Doc. dr. Jūratė Lesutienė

Doc. dr. Rima Mickevičienė

Prof. habil. dr. Sergej Olenin

Doc. dr. Renata Pilkaitytė

Prof. dr. Artūras Razinkovas-Baziukas.

***ORGANIZACINIS KOMITETAS***

Arūnas Balčiūnas, dr. Evelina Grinienė, Simona Mačiukaitė, Rosita Milerienė, dr. Aleksas Narščius, dr. Jolita Petkuvienė, dr. Sergej Suzdalev, dr. Viktorija Vaitkevičienė

***KONFERENCIJOS PRANEŠIMŲ MEDŽIAGĄ RECENZAVO MOKSLINIO KOMITETO NARIAI***

***LEIDINĮ REDAGAVO:*** Rosita Milerienė, Evelina Grinienė, Jolita Petkuvienė, Aleksas Narščius, Viktorija Vaitkevičienė

***LEIDINIO VIRŠELIS:*** Vitalija Gasiūnaitė





## TURINYS

PRATARMĖ .....	13
<b>Juozas Augutis, Eugenijus Ušpuras, Inga Žutautaitė, Egidijus Babilas, Mindaugas Vaišnoras, Robertas Alzbutas, Ričardas Krikštolaitis, Mindaugas Valinčius, Tomas Iešmantas, Feliksas Anusauskas, Darius Pavolis, Nerijus Blažauskas .....</b>	<b>15</b>
Pavojingų pramonės objektų veiklos rizikos vertinimas	
<b>Ingrida Bagdanavičiūtė, Anastasija Zaiko, Georg Umgiesser, Diana Vaičiūtė, Igor Kozlov .....</b>	<b>20</b>
Erdvinio daugiakriterinio vertinimo taikymas dvigeldžio moliusko ( <i>Dreissena polymorpha</i> ) auginimui tinkamų vietų parinkimui Kuršių mariose vandens kokybės gerinimo tikslais	
<b>Donatas Bagočius, Aleksas Narščius .....</b>	<b>24</b>
Povandeninio triukšmo modeliavimas Lietuvos Baltijos jūros teritorijoje	
<b>Donatas Bagočius, Aleksas Narščius .....</b>	<b>29</b>
Mažųjų, pramoginių laivų povandeninis triukšmas Klaipėdos sąsiauryje	
<b>Rūta Barisevičiūtė, Irma Vybernaitė-Lubienė, Diana Vaičiūtė, Jolita Petkuvienė, Petras Zemlys, Mindaugas Žilius.....</b>	<b>33</b>
Organinės ir neorganinės anglies šaltiniai ir jos biogeocheminės transformacijos estuarinėje sistemoje	
<b>Albertas Bitinas, Aldona Damušytė .....</b>	<b>37</b>
Pietryčių Baltijos regiono hidrografinio tinklo raida poledynmečiu	
<b>Paulius Bogdevičius, Ieva Žygaitė, Olegas Prentkovskis, Marijonas Bogdevičius.....</b>	<b>38</b>
Transmisijos su kardaniniais velenais dinaminių charakteristikų tyrimas	
<b>Brigita Bogužaitė, Martynas Sprogys, Andrius Treinauskas, Donatas Cirtautas .....</b>	<b>43</b>
Anglies nanovamzdelių panaudojimo elektros ir elektronikos srityse galimybės	

<b>Martynas Bučas, Zofija Sinkevičienė, Marija Kataržytė, Diana Vaičiūtė, Jolita Petkuvienė, Raimonda Ilginė, Vaiva Stragauskaitė</b> .....	<b>47</b>
Kokios aplinkos sąlygos palankiausias maurabraginiams dumbliams Kuršių mariose?	
<b>Romualda Chušėvė, Darius Daunys</b> .....	<b>50</b>
Kaip vertinamas makrofaunos jautrumas ir koks jo tikslumas?	
<b>Vygintas Daukšys, Sergejus Lebedevas</b> .....	<b>58</b>
Dyzelino ir suslėgtų gamtinių dujų mišiniu dirbančio variklio darbo proceso skaitinis modeliavimas	
<b>Darius Daunys, Ingrida Bagdanavičiūtė, Andrius Šiaulys, Romualda Chušėvė, Aleksej Šaškov, Tomas Zolubas</b> .....	<b>63</b>
Dugno tralavimų Baltijos jūros Lietuvos akvatorijoje vertinimas ir rekomendacijos svarbių teritorijų stebėsenai	
<b>Jelena Fedotova, Romas Statkus, Žilvinas Kregždys</b> .....	<b>65</b>
Stintų ( <i>Osmerus eperlanus</i> , L.) Populiaciniai parametrai Baltijos jūros Lietuvos išskirtinėje ekonominėje zonoje 2011–2015 m.	
<b>Algirdas Girininkas, Vladas Žulkus</b> .....	<b>69</b>
Baltijos jūros krantai ir žmonės ankstyvajame holocene	
<b>Evelina Grinienė, Agneta Andersson</b> .....	<b>73</b>
Pelaginio mikrobinio mitybinio tinklo struktūros tyrimas mezokosmuose imituojant klimato kaitos scenarijų Botnijos įlankoje	
<b>Darius Jakimavičius</b> .....	<b>78</b>
Išgaravimo iš Kuršių marių prognozė XXI a. pagal RCP scenarijus	
<b>Kęstutis Jokšas, Arūnas Galkus, Rimutė Stakėnienė</b> .....	<b>81</b>
Kuršių marių Lietuvos akvatorijos ir Nemuno deltos dugno nuosėdų užterštumas sunkiaisiais metalais	
<b>Mindaugas Jusis, Tomas Eglynas, Audrius Senulis, Saulius Gudas, Sergej Jakovlev, Marijonas Bogdevičius</b> .....	<b>86</b>
Pietryčių Baltijos konteinerių terminalų apžvalga ir krovos tendencijos	

<b>Enrika Juzėnaitė, Igor Osadčij</b> .....	91
Sezoniniai dugno reljefo pokyčiai pietinėje Atmos atšakos dalyje 2014–2015 metais	
<b>Sergii Karabovych, Ignat Korchagin, Sergii Levashov, Nikolay Yakymchuk, Dmitriy Bozhezha</b> .....	95
Mobile technology of frequency-resonance processing and remote sensing of the Earth (RSE) interpretation for sea-ocean prospecting: application experience	
<b>Arvydas Karpavičius, Audrius Senulis, Martynas Sprogys, Brigita Bogužaitė, Donatas Cirtautas, Andrius Jonkus</b> .....	99
Elektrinio keleivinio kelto energijos talpos poreikio nustatymas Kuršių marių akvatorijos maršrutui „Naujoji perkėla – Smiltynė“	
<b>Mykola Karpenko, Marijonas Bogdevičius</b> .....	104
Hidraulinė energiją taupanti sistema paremta hidraulinio smūgio efektu	
<b>Marija Kataržytė, Georg Umgieser, Gerald Schernewski, Ramutė Staponkienė, Simona Liaugaudaitė, Natalja Čerkasova, Jovita Mėžinė</b> .....	109
Maudyklos Lietuvos pajūryje: mikrobiologinės taršos ir jos sklaidos tyrimai	
<b>Loreta Kelpšaitė-Rimkienė, Ieva Petrošienė, Marius Žalys, Laura Nestickeytė</b> .....	113
Bangų pasiutpolkė Klaipėdos uoste	
<b>Žilvinas Kregždys, Jelena Fedotova</b> .....	116
Žuvų rūšinė įvairovė bei upinių plekšnių ūginė struktūra Baltijos jūros Lietuvos priekrantėje	
<b>Jūratė Kriaučiūnienė, Brunonas Gailiūšis</b> .....	119
Klaidėdos uosto bendrojo plano sprendiniai hidrodinaminiu aspektu	
<b>Jūratė Lesutienė, Evelina Grinienė, Zita Rasuolė Gasiūnaitė</b> .....	124
Zooplanktono funkcinės įvairovės tyrimai	

<b>Adelė Mačiūtė, Jūratė Lesutienė .....</b>	<b>128</b>
Uodo trūklio ( <i>chironomidae</i> ) vaidmuo maistmedžiagių ir melsvabakterių toksinų pernašoje iš Kuršių marių sedimentų	
<b>Jovita Mėžinė, Petras Zemlys, Georg Umgiesser, Christian Ferrarin ..</b>	<b>132</b>
Pirminiai nuosėdų pernašos modelio kalibravimo rezultatai Kuršių marioms	
<b>Julius Morkūnas, Rory Crawford, Marguerite Tarzia, Liutauras Raudonikis.....</b>	<b>136</b>
Jūros paukščių priegaudos mažinimui skirtų tinklų efektyvumo preliminarūs tyrimai	
<b>Rasa Morkūnė, Ramūnas Povilanskas, Tomas Ruginis, Dalia Baziukė, Vaidotas Andrašūnas, Edgaras Ivanauskas, Artūras Razinkovas-Baziukas .....</b>	<b>141</b>
Kuršių marių ir Nemuno deltos ekosisteminių paslaugų identifikavimas	
<b>Raimonda Nabažaitė, Ričardas Taraškevičius, Rimantė Zinkutė, Laura Gedminienė.....</b>	<b>143</b>
Klaipėdos archeologinių glazūruotų koklių cheminė sudėtis – miesto ekonominės raidos ir pavojingų sveikatai elementų sklaidos indikatoriai	
<b>Judita Navašinskienė .....</b>	<b>148</b>
Oro ir vandens temperatūros svyravimai Baltijos jūros priekrantėje šiltuoju laikotarpiu	
<b>Nerijus Nika, Antanas Kontautas.....</b>	<b>151</b>
Ar visada žuvinaiša duoda naudą?	
<b>Sergej Olenin, Albertas Bitinas, Džeinara Kaunaitė .....</b>	<b>153</b>
Jūros mokslas Klaipėdos universitete: dabartis ir ateitis	
<b>Sergej Olenin, Aleksas Narščius, Greta Srėbalienė .....</b>	<b>157</b>
Naujas indeksas vertinant aplinkos apsaugos priemonių efektyvumą svetimkraščių rūšių atžvilgiu	
<b>Donata Overlingė, Renata Pilkaitytė.....</b>	<b>160</b>
Melsvabakterių ir jų produkuojamų toksinų metinė kaita Kuršių mariose	

**Jolita Petkuvienė, Mindaugas Žilius, Irma Vybernaitė-Lubienė, Diana Vaičiūtė, Artūras Razinkovas-Baziukas, Marco Bartoli** ..... 164

Kuršių marių vaidmuo fosforo pernašai į Baltijos jūrą

**Olga Jefanova, Jonas Mažeika, Rimantas Petrošius, Erikas Visakavičius, Ričardas Paškauskas** ..... 169

Tričio koncentracijų variacijos šiaurės Atlanto jūrų paviršiniuose vandens horizontuose

**Renata Pilkaitytė, Judita Koreivienė** ..... 174

Eualgae – Europos dumblių bioproductų tyrimų tinklas (<http://eualgae.eu/>)

**Viktorija Rukšėnienė, Inga Dailidienė, Loreta Kelpšaitė-Rimkienė** ..... 176

Vertikalūs vandens temperatūros, druskingumo ir deguonies režimo pokyčiai centrinėje Baltijos jūroje

**Linas Silkauskas, Violeta Bulbenkienė** ..... 180

Sveikatos stebėjimo sistema ankstyvam širdies ir kraujagyslių ligų diagnozavimui

**Tomas Silkinis, Violeta Bulbenkienė, Evaldas Narmontas, Julius Venckus** ..... 185

MQTT protokolo panaudojimas nuotolinėje rekuperatoriaus valdymo sistemoje

**Artūras Skabeikis, Jūratė Lesutienė** ..... 190

Bentofaginių žuvų trofiniai ryšiai Baltijos jūros priekrantės smėlėto dugno buveinėje

**Audra Skaisgirienė, Laura Lupeikaitė, Jolanta Janutėnienė, Halina Yukhnevich** ..... 195

Biopreparatų panaudojimas mažose nuotekų valyklose

**Sabina Solovjova** ..... 200

*Rangia cuneata* (G.B. Sowerby I, 1831) (Bivalvia: Mactridae) radimvietės Baltijos jūroje Lietuvos priekrantėje ir Kuršių mariose

<b>Greta Srėbalienė, Sergej Olenin, Aleksas Narščius.....</b>	<b>204</b>
Svetimkraštės rūšies dvigeldžio moliusko <i>Rangia cuneata</i> invaziškumo potencialo ir rizikos vertinimas	
<b>Rimutė Stakėnienė, Kęstutis Jokšas, Arūnas Galkus, Eva Raudonytė-Svirbutavičienė.....</b>	<b>206</b>
Angliavandenilių sklaidos ypatumai gėlo ir druskingo vandens maišymosi zonoje	
<b>Vitaliy Starostenko, Oleg Rusakov, Roman Kutas, Sergii Karabovych, Vladimir Kobolev.....</b>	<b>211</b>
Integrated marine geophysical studies	
<b>Sergej Suzdalev, Viačeslav Jurkin.....</b>	<b>216</b>
Dioksinai ir dioksinų tipo junginiai Lietuvos Baltijos jūros akvatorijos dugno nuosėdose	
<b>Diana Šateikienė, Jolanta Janutėnienė .....</b>	<b>221</b>
Laivo balastinio vandens valymo įrangos parinkimo metodika	
<b>Arminas Štuopys, Darius Narmontas, Vitalijus Lupandinas.....</b>	<b>226</b>
Klaipėdos uosto statybos, priežiūros ir valdymo tarnybų pastatas (Naujoji Uosto gatvė, Nr. 5)	
<b>Arminas Štuopys, Vitalijus Lupandinas, Artūras Tadžijėvas .....</b>	<b>231</b>
Klaipėdos (Memelio) vandens kelių tarnybos slėptuvės įranga: ankstyvųjų plieno suvirinimo technologijų pavyzdžiai	
<b>Diana Vaičiūtė, Mariano Bresciani, Claudia Giardino, Ilaria Cazzaniga, Mindaugas Žilius, Jolita Petkuvienė, Irma Vybernaitė-Lubienė, Martynas Bučas, Marija Kataržytė, Marco Bartoli .....</b>	<b>237</b>
Melsvabakterių sancaupų kartografavimas ir ekologinė reikšmė Kuršių mariose	
<b>Irma Vybernaitė-Lubienė, Mindaugas Žilius, Jolita Petkuvienė, Diana Vaičiūtė, Petras Zemlys, Paul Bukaveckas, Marco Bartoli.....</b>	<b>240</b>
Maistmedžiagių (N, P ir Si) prietaka, dinamika ir balansas Kuršių mariose	

<b>Rimas Žaromskis, Nerijus Blažauskas</b> .....	<b>243</b>
Klaipėdos uosto įplaukos vartų kaitos poveikis šiauriau sąsiaurio esančiai kranto zonai	
<b>Rimas Žaromskis, Viačeslav Jurkin, Rosita Milerienė, Darius Pavolis</b>	<b>245</b>
Povandeninių sėklių planinė padėtis kaip priekrantinės nešmenų cirkuliacijos pobūdžio rodiklis	
<b>Mindaugas Žilius, Irma Vybernaitė-Lubienė, Diana Vaičiūtė, Jolita Petkuvienė, Tomas Ruginis, Petras Zemlys, Iris Liskow, Maren Voss, Paul Bukaveckas, Marco Bartoli</b> .....	<b>247</b>
Išoriniai ir vidiniai azoto šaltiniai, jų vaidmuo Kuršių marių balanse ir ekosistemos funkcionavime	
<b>Enrika Juzėnaitė</b> .....	<b>251</b>
Konferencijos „JŪROS IR KRANTŲ TYRIMAI“ pranešimų statistika 2007–2016 metais	
<b>Autorių sąrašas</b> .....	<b>253</b>





## PRATARMĖ

Jau dešimtmetį konferencija „Jūros ir krantų tyrimai“ nepraranda aktualumo – graži iniciatyva sukurti forumą, skirtą praktinėms pajūrio regiono problemoms, kiekvieną pavasarį sukviečia diskusijai mokslo, pajūrio regiono savivaldos, verslo, saugomų teritorijų ir kitų suinteresuotų institucijų atstovus.

Konferencijoje nagrinėjamų temų ratas, tradiciškai apimantis aplinkosaugą, ekosisteminius procesus, hidrologiją, geologiją ir kitas gamtos mokslų sritis, pastaraisiais metais palaiptiesiems plečiasi, įtraukdamas ir technologinius bei humanitarinius ir socialinius mokslus. Tarpdalykiškumas kol kas lieka iššūkiu, tačiau, kaip rodo pasaulio patirtis, tai – neišvengiama.

Civilizuotas pasaulis stengiasi gyventi kuo „žaliau“, nors tai nėra paprastas uždavinys, reikalaujantis revoliucijos ne tik vartotojų mąstyme, bet ir įvairiuose pramonės sektoriuose. Pasak Pasaulio energetikos tarybos, jau šio amžiaus viduryje žmonija vartos dvigubai daugiau elektros energijos nei dabar. Tai lems 4.0 pramonės revoliucija, sparti trečiųjų šalių elektrifikacija bei padidėjęs žmonių skaičius. Skaitmenizacija taip pat pareikalaus ženkliai elektros energijos dalies: tai galima prognozuoti pagal istorinius duomenis, kurie rodo, kad nuo 1990 iki 2010 metų dėl intensyvios IT plėtros elektros energijos suvartojimas išaugo net 45 %. Tokiems plėtros mastams aprūpinti atsinaujinančių išteklių nepakaks, todėl augs dujomis, kaip tranzitinio kuro, generuojamos energijos dalis. Reikšmingai plėsis elektrinio transporto segmentas: jei elektromobiliai šiandien sunaudoja tik 0,03 % pasaulyje gaminamos elektros energijos, prognozuojama, kad 2050 metais skaičius padidės iki 9,5 %.

Lietuvai, kuri didesnę suvartojamos energijos dalį importuoja, eilinį kartą gali tekti išgyventi brangios elektros energijos ir šilumos laikus, todėl energetinio efektyvumo didinimo, naujų aplinkai draugiškų technologinių sprendimų paieška turi tapti mokslininkų ir tyrėjų kasdienybe. Lietuvos transporto sektoriui, sukuriančiam ženkliai BVP dalį (11,6 % 2016 m.), svarbūs Klaipėdos valstybinio jūrų uosto, kuriame šiuo metu dirba 14 stambių krovos, laivų remonto ir statybos kompanijų bei teikiamos visos su jūros verslu ir krovinių aptarnavimu susijusios paslaugos, veiklos rezultatai. Konkurencingumui išlaikyti

pateikti ambicingi uosto teritorijų plėtros planai turi būti papildyti žaliojo ir išmanaus uosto kūrimo sprendimais, kuriuos turi generuoti mokslo bendruomenė su savo partneriais.

Atsižvelgdami į šias aktualijas ir siekdami tęstinio, brandesnio, integruoto rezultato, turime skambėti kaip geras choras, kuriame kiekvieno mūsų balsas ir charakteris atrastų savo vietą, o skirtumai taptų progreso ir sėkmės laidu.

*Doc. dr. Rima Mickevičienė,*

*Prof. dr. Zita Rasuolė Gasiūnaitė*

## PAVOJINGŲ PRAMONĖS OBJEKTŲ VEIKLOS RIZIKOS VERTINIMAS

**Juozas Augutis<sup>1</sup>, Eugenijus Ušpuras<sup>1</sup>, Inga Žutautaitė<sup>1</sup>,  
Egidijus Babilas<sup>1</sup>, Mindaugas Vaišnoras<sup>1</sup>, Robertas Alzbutas<sup>1</sup>,  
Ričardas Krikštolaitis<sup>1</sup>, Mindaugas Valinčius<sup>1</sup>, Tomas Iešmantas<sup>1</sup>,  
Feliksas Anusauskas<sup>2</sup>, Darius Pavolis<sup>2</sup>, Nerijus Blažauskas<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Lietuvos energetikos institutas, Kaunas, <sup>2</sup>Pajūrio tyrimų ir planavimo institutas, Klaipėda, <sup>3</sup>Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų atviros prieigos centras, Klaipėda  
*inga.zutautaite@lei.lt*

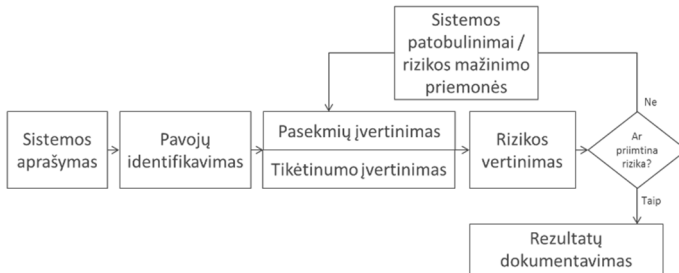
**Įvadas.** Technologijos sparčiai vystosi ir tampa sudėtingesnės, didėja energetinių ir pavojingas medžiagas naudojančių objektų koncentracija (nauji SGD terminalai, plečiantys veiklas naftos terminalai ir pan.), tad galima sakyti, kad tuo pačiu bendras rizikos fonas auga. Mokslinė-technologinė pažanga kol kas dar nesugeba užkirsti kelio technogeninėms avarijoms ir katastrofoms, periodiškai pareikalaujančioms daugybės žmonių aukų ir sukeliančioms milžiniškus nuostolius. Štai pora gerai žinomų pavyzdžių: 2010 m. Meksikos įlankoje sprogimas, gaisras ir naftos išsiliejimas Deepwater Horizon naftos gręžimo platformoje (11 žuvusių, dešimtys sužeistų; žala aplinkai); 2011 m. Japonijoje avarija Fukushima Daiichi AE keturiuose blokuose po žemės drebėjimo ir cunamio (lydima didelio aplinkos užteršimo radioaktyviomis medžiagomis).

Europos Sąjungos (ES) narės yra įpareigosotos atlikti rizikos įvertinimą ir užtikrinti ypatingos svarbos infrastruktūrų (YSI) objektų apsaugą pagal Europos Komisijos (EK) išleistą žaliąją knygą (*angl.* green paper) „Europos programa dėl YSI objektų apsaugos“ ir vėliau priimtą EK Tarybos direktyvą 2008/114/EC dėl „Europos YSI objektų nustatymo ir priskyrimo jiems bei būtinybės gerinti jų apsaugą vertinimo“. Šioje EK parengtoje direktyvoje įvardijama sąvoka *YSI rizikos vertinimas*. Tai nagrinėjamų grėsmių (scenarijų) analizė, siekiant įvertinti YSI objektų pažeidžiamumą ir galimą poveikį (sutrikdymą arba sunaikinimą). Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2012/18/ES „Dėl didelių, su pavojingomis cheminėmis medžiagomis susijusių avarijų pavojaus kontrolės“ įpareigoja ES nares rengti pavojingų objektų, kuriuose saugomų pavojingų cheminių medžiagų kiekiai viršija nustatytus ribinius lygius, saugos ataskaitas. Rizikos įvertinimas yra esminė šių ataskaitų dalis. Pavyzdžiui, jūros kranto zonos, dėl didelės infrastruktūros ir pramonės objektų koncentracijos, būdingas didesnis gamtinio karkaso bei ekosistemų jautrumas. Tokiuose arealuose technogeninis poveikis yra vyraujantis, todėl

tokių objektų veiklos rizikos įvertinimas yra būtina saugios eksploatacijos procedūra.

Sparčiai vystantis ir sudėtingesnėmis tampant technologijoms, tobulėja ir rizikos vertinimo technologijos, pažangiausios rizikos vertinimo technologijos, ir rizikos vertinimo kompetencija, sukaupta branduolinėje energetikoje, aviacijoje, yra perkeliama į kitas sritis. Tai padidina galimybes ne tik įvertinti įvairių jau eksploatuojamų pavojingų objektų riziką, bet ir suvaldyti rizikingus projektus.

**Rizikos vertinimo procedūra.** Bendrąja prasme rizikos įvertinimas – procesas, apimantis rizikos analizės rezultatų palyginimą, rizikos kriterijų apibūdinimą, siekiant nustatyti ar rizika ir/ar jos dydis yra priimtina ar toleruojama. 1 paveiksle pavaizduota bendra rizikos vertinimo procedūra (ir jos etapai), kuri yra universali ir dažniausiai tinkama bet kokių pavojingų objektų vykdomos veiklos rizikai vertinti.



1 pav. Rizikos vertinimo procedūros schema.

Pirmiausia, svarbu identifikuoti visus potencialius pavojus, kurie susiję su nagrinėjamo objekto veikla, kas gali sutrikdyti normalią eksploataciją. Tam įtakos gali turėti daugybė faktorių: techniniai, žmogaus veiklos, supančios aplinkos veiksniai, socialiniai ir kt. Dažniausiai rekomenduojami metodai, skirti pradiniams pavojams identifikuoti, yra FMECA (*angl.*, Failure modes, effects, and criticality analysis), HAZOP (*angl.*, Hazard and operability analysis), HAZID (preliminarus pavojų identifikavimas) ir kt. (Aven, 2012; Rausand, 2013).

Pasekmėms vertinti naudojamų matematinių modelių parinkimas priklauso nuo nagrinėjamo pavojingo objekto, jo sudėtingumo, vykdomų veiklų. Keli pavyzdžiai: toksinių cheminių medžiagų išsiveržimas ir sklaida, išsiliejusių pavojingų degių produktų užsidegimas, susikaupusių dujų sprogo modelio avimas, išsiliejusios naftos pasklidimas uosto teritorijoje, atsizvelgiant į jūros bangavimą (naftos terminalas, suskystintų gamtinių dujų

terminalas); dujų sproginimo modeliavimas (gamtinių dujų perdavimo sistema); teritorijos užliejimas, sugriuvus užtvankai (hidroelektrinė); hidraulinių smūgių modeliavimas (centralizuotos šilumos tiekimo sistema) ir t. t.

Tikėtimumo įvertinimas taip pat priklauso nuo nagrinėjamo objekto bei pavojų, galinčių sutrikyti normalią eksploataciją. Dažniausiai naudojami metodai: gedimų medžiai ir įvykių medžiai, kurių įvesties duomenys būna gaunami vadovaujantis ne tik statistine gedimų analize, bet ir medžiagų atsparumo ir struktūrinio vientisumo tyrimais (pvz., vamzdynų ir kitų konstrukcijų ilgaamžiškumo vertinimas), apibendrinta informacija apie panašių objektų eksploataciją, kuri apjungiamą taikant Bajeso metodą ir t. t.

Kadangi neįmanoma visiškai tiksliai nustatyti pradinių modelio parametrų reikšmių ir realiose situacijose jos gali būti skirtingos, nei naudojamos modelyje, susiduriame su modelio rezultatų neapibrėžtumo įvertinimu. Praktiniuose skaičiavimuose svarbu parodyti, kad tam tikri sistemos ar reiškinio kintamieji (pvz., maksimalus slėgis, temperatūra, sproginimo jėga, vandens lygis ir kt.) neviršys leistinų ribų. Šiai problemai nagrinėti būtina įvertinti modelio rezultatų neapibrėžtumą (Kopustinskas ir kt., 2007; Alzbutas et al., 2014; Dundulis et al., 2016). Kitas svarbus uždavinys yra modelio pradinių parametrų jautrumo įvertinimas. Modelio parametrų jautrumo indeksai parodo, koks svarbus yra konkretus parametras modelio rezultatui. Tai leidžia nustatyti, kuriuos parametrus verta tikslinti, o kurių tikslumo padidinimas nesumažina rezultato neapibrėžtumo. Kadangi tikslus modelio parametrų įvertinimas dažnai susijęs su nemažomis išlaidomis (jei reikia atlikti eksperimentus), jautrumo analizės rezultatai leidžia efektyviai paskirstyti tyrimų prioritetus (Kopustinskas ir kt., 2007; Alzbutas et al., 2012).

Labai dažnai naudojamas, taip vadinamas rizikos tripletas (Aven, 2012; Rausand, 2013), kuris yra pakankamai informatyvus ir veiksmingas rizikos įvertinimas  $R = \langle s_i, p_i, c_i \rangle$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , čia  $s_i$  – avarijos scenarijus arba įvykių seka, turintys pavojingą baigtį;  $p_i$  – scenarijaus tikėtimumas (tikimybė, dažnis);  $c_i$  – scenarijaus pasekmė (pvz., žalos įvertinimas);  $n$  – scenarijų skaičius. Scenarijai parodo, kas gali atsitikti su nagrinėjamu objektu, o jų tikimybės įvertina, kaip dažnai gali toks scenarijus įvykti iš tikrųjų. Scenarijų pasekmės gali būti išreiškiamos labai įvairiai, pvz., žuvusių žmonių skaičiumi, nuostoliais, kurie gali būti įvertinti pinigine išraiška, aplinkos užterštumu, įmonės prestižu ir pan. Dažniausiai išskiriama didelė, vidutinė ir maža rizika, t. y., rizikos matricoje yra išskiriamos trys zonos (1 lentelė), pagal įvykio tikėtimumą ir galimo poveikio pasekmės.

Kiekybinis rizikos įvertinimas taip pat numato scenarijų dažnių ir padarinių integravimą į kiekybinius individualios ir socialinės rizikos rodiklius – individualios rizikos kontūrus ir socialinės rizikos kreives. Lietuvoje nauja

rizikos vertinimo veikla – individualios rizikos kontūrų ir socialinės rizikos modeliavimas, kurią, naudojant Nyderlandų kompanijos TNT programinę įrangą, pradėjo Pajūrio tyrimų ir planavimo instituto specialistai, ir kuri toliau vystoma bendradarbiaujant su Lietuvos energetikos instituto ir Klaipėdos universiteto mokslininkais.

1 lentelė

Rizikos matricos pavyzdys

		Pasekmės				
		Nereikšmingos	Mažos	Vidutinės	Didelės	Kritinės
Tikėtumas	(1) Labai tikėtina					
	(2) Tikėtina					
	(3) Galima					
	(4) Netikėtina					
	(5) Labai netikėtina					
■ – didelė, ■ – vidutinė, ■ – maža (priimtina) rizika						

Pavojingų objektų rizikai sumažinti gali būti taikomas ALARA (*angl.*, as Low as Reasonably Achievable) principas, apibrėžiantis mažiausią galimą rizikos laipsnį, pasiekiamą įdiegus techniškai įmanomas apsaugos priemones, neatsižvelgiant į jų kainą. Rizikai sumažinti taip pat gali būti taikomas ALARP (*angl.*, as Low as Reasonably Practicable) principas, apibrėžiantis mažiausią galimą rizikos laipsnį, pasiektą įdiegus finansiškai rentabilias apsaugos priemones. Šis principas grįstas UK Health & Safety Executive nurodymais (UK Health & Safety Executive. ALARP Guidance).

**Praktiniai rizikos vertinimo metodikos taikymai.** Keletas sėkmingai įgyvendintų projektų, kuriuose buvo vertinama pavojingų objektų vykdomos veiklos keliama rizika: „AB „Klaipėdos nafta“ naftos terminalo ir suskystintų gamtinių dujų terminalo saugos ataskaitų ir vidaus avarinių planų atnaujinimas bei derinimas“, 2016–2017; AB „Klasco“ krovos terminalo ir UAB „Krovinių terminalas“ saugos ataskaitų ir vidaus avarinių planų atnaujinimas bei derinimas, 2016–2017; nacionalinės mokslo programos „Ateities energetika“ projektas „Lietuvos energetikos sistemų patikimumo ir rizikos tyrimas“, 2012–2014 (Lietuvos gamtinių dujų perdavimo tinklas, elektros tinklas, centralizuoto šilumos tiekimo tinklas); 7BP projektas „Energtijos tiekimo saugumas atsižvelgiant į neapibrėžtumus, rizikas ir ekonominius poveikius“ (SECURE), 2008–2010; Ignalinos AE 117/1 ir V1 pastatų įrenginių deaktyvacija ir išmontavimas, 2007–2010; AB „Mažeikių nafta“ Būtingės terminalo jūrinės ir sausumos dalių bei jungties su Mažeikių naftos perdirbimo gamykla rizikos analizės ir vidaus avariniai planai ir jų atnaujinimas, 2007–2011; AB „Lietuvos dujos“ magistralinių dujotiekių saugos ataskaitos ir vidaus avariniai planai, jų

atnaujinimas pagal apskritis, 2003–2015; VMSF projektas „Benzino transportavimo sistemų rizikos vertinimas“, 2004 (benzino pervežimas Lietuvos keliais, optimizuojant riziką); Kruonio HAE pavojaus ir rizikos analizės atlikimas bei avarijų likvidavimo plano sudarymas ir įteisinimas, 2003; Kauno HE pavojaus ir rizikos analizė, 2003.

## **Literatūra**

- Alzbutas R., Iešmantas T., Povilaitis M., Vitkutė J. 2014. Risk and uncertainty analysis of gas pipeline failure and gas combustion consequence. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 28(6), 1431-1446 p.
- Alzbutas R., Norvaiša E. 2012. Uncertainty and sensitivity analysis for economic optimisation of new energy source in Lithuania. *Progress in nuclear energy*, 61, 17-25 p.
- Aven T. 2012. *Foundations of Risk Analysis* (2nd Edition). Wiley.
- Dundulis G., Žutautaitė I., Janulionis R., Ušpuras E., Rimkevičius S., Eid M. 2016. Integrated failure probability estimation based on structural integrity analysis and failure data: Natural gas pipeline case. *Reliability Engineering & System Safety*, 156, 195–202 p.
- Kopustinskas V., Alzbutas R., Augutis J. 2007. Matematiinių modelių parametų jautrumo ir rezultatų neapibrėžtumo statistiniai tyrimo metodai. *Energetika*, 3, 10–15 p.
- Rausand M. 2013. *Risk Assessment: Theory, Methods, and Applications*. Wiley.
- UK Health & Safety Executive. ALARP Guidance: <http://www.hse.gov.uk/risk/expert.htm>.

## ERDVINIO DAUGIAKRITERINIO VERTINIMO TAIKYMAS DVIGELDŽIO MOLIUSKO (*DREISSENA POLYMORPHA*) AUGINIMUI TINKAMŲ VIETŲ PARINKIMUI KURŠIŲ MARIOSE VANDENS KOKYBĖS GERINIMO TIKSLAIS

Ingrida Bagdanavičiūtė<sup>1</sup>, Anastasija Zaiko<sup>2</sup>, Georg Umgiesser<sup>3, 4</sup>,  
Diana Vaičiūtė<sup>2</sup>, Igor Kozlov<sup>2, 5</sup>

<sup>1</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Gamtos mokslų katedra, Klaipėda, <sup>2</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Jūros mokslų ir technologijų centras, Klaipėda, <sup>3</sup>CNR – Italijos nacionalinės mokslo tarybos, ISMAR – Jūros mokslų institutas Venecijoje, Italija, <sup>4</sup>Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų atviros prieigos centras, Klaipėda, <sup>5</sup>Rusijos Federacijos Hidrometeorologijos universiteto Okeanografinių nuotolinių tyrimų laboratorija, Sankt Peterburgas  
*ingrida.bagdanaviciute@jmtc.ku.lt*

**Įvadas.** Žmogaus ūkinės veiklos sukelta eutrofikacija dėl didelės azoto ir fosforo prietakos iš sausumos taršos šaltinių yra laikoma pagrindine ekologine problema Baltijos jūroje (HELCOM, 2007). Moliuskų auginimas įvardijamas kaip veiksminga priemonė maistmedžiagių koncentracijos kontrolei priekrantėse (Gren et al., 2009) ir numatoma kaip viena perspektyviausių priemonių pietinės Baltijos vandenyse (Schröder et al., 2014; Stybel et al., 2009). Lietuvos vandenyse plačiai paplitęs dvigeldis moliuskas *Dreissena polymorpha* yra labiausiai tinkamas auginti tarpiniuose Baltijos vandenyse dėl didelio jų produktyvumo, gebėjimo formuoti gausias kolonijas ant įvairių dugno substratų, atsparumo nepalankioms aplinkos sąlygoms bei efektyvaus vandens filtravimo. Pagrindinis šio darbo tikslas buvo sukurti ir pritaikyti aplinkos vertinimo metodiką, padėsiančią parinkti tinkamas vietas dreisenoms auginti vandens gerinimo tikslams Kuršių mariose. Šis tyrimas buvo atliktas vykstant BONUS (Art 185) programos BALTCOAST projektą, finansuojamą ES 7BP ir Lietuvos mokslo tarybos.

**Metodai.** Tyrime naudojama aplinkos vertinimo metodika yra pagrįsta GIS erdvinio modeliavimu integruojant daugiakriterinį vertinimą. Duomenų rinkimui ir analizei buvo naudojamas ArcGIS 10.3 programinis paketas, kriterijų svorių skaičiavimui SuperDecision paketas, sukurtas analitinio hierarchijos proceso (AHP) pagrindu (Saaty, 1980). Remiantis literatūros duomenimis išskirta 13 hidrologinių, biologinių ir socio-ekonominių kriterijų, kurie svarbūs tinkamų dreisenų auginimo vietų parinkimui (1 lentelė). Atrinkti



kriterijai buvo sugrupuoti ir vertinami pagal 4 tinkamumo modelius: (1) lervučių nusėdimo, (2) augimo ir išgyvenimo, (3) aplinkos bei (4) socio-ekonominių. Kriterijų komponentai buvo įvertinti pagal 4 lygių tinkamumo skalę nuo netinkamų (0) iki labai tinkamų (3). Kriterijų informacinius sluoksnius perklasifikavus pagal tinkamumo skalę (0–3) buvo gauti kriterijų tinkamumo žemėlapiai. Įvertinus kiekvieno kriterijaus santykinį svorį buvo atliekama svertinė sluoksnių perdengimo analizė, kiekvienam poligonui skaičiuojamas tinkamumo indeksas (TI) bei sudaryti 4 modelių tinkamumo žemėlapiai. Tinkamos vietos dreisenų akvakultūrai buvo parenkamos integruojant 4 tinkamumo modelius į 3 tinkamumo scenarijus: (I) optimalios vietos dreisenos lervutėms ant auginimo konstrukcijų nusėsti, (II) optimalios vietos dreisenų biomasei augti, (III) optimalios vietos vandens kokybei gerinti.

*1 lentelė*

Dreisenų auginimo vietų tinkamumo vertinimo kriterijai

<b>Kriterijai</b>	<b>Duomenų šaltinis</b>
Druskingumas (‰)	SHYFEM hidrodinaminis modelio duomenys
Srovės greitis (cm/s)	
Dominuojanti srovės kryptis (°)	
Vandens apykaitos laikas (dienos)	
Skendinčių medžiagų koncentracija (g/m <sup>3</sup> )	Kosminiai MERIS/Envisat duomenys
Chlorofilo a koncentracija (mg/m <sup>3</sup> )	
Ledo dangą (dienos)	Sintetinės apertūros radaro (SAR) duomenys
Dugno nuosėdos (nuosėdų tipas)	Dugno nuosėdų žemėlapis (1:50 000)
Gylis (m)	Dugno batimetrijos žemėlapis (1:50 000)
Atstumas nuo uostų/priplaukų (m)	Ortofotografinis žemėlapis (1:10 000)
Saugomos teritorijos	Saugomų teritorijų kadastras (1:25 000)
Atstumas nuo vandens kelių (m)	Kuršių marių locmano žemėlapis (1:75 000)
Valstybinės sienos apsaugos zona (VSAZ)	Kuršių marių locmano žemėlapis (1:75 000)

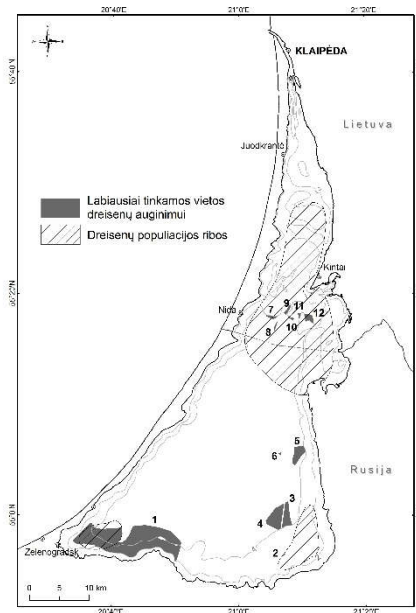
**Rezultatai.** Atliktas Kuršių marių aplinkos vertinimas parodė, kad pagal I scenarijų dreisenoms auginti labai tinkamos teritorijos sudaro 16 %, pagal II ir III scenarijus – atitinkamai 26 % bei 7 %. Seklesnė nei 2 m zona bei šiaurinė marių dalis dėl druskingo vandens pritekėjimo buvo įvertinta kaip netinkama ir tai sudarė apie 10 % visos marių teritorijos. Papildomai įvertinus žmogaus

ūkines veiklas ribojančius teisinius dokumentus, netinkamų teritorijų padaugėjo iki 34 %.

Buvo išskirta 12 potencialiai tinkamų vietų dreisenoms auginti Kuršių mariose pagal visus tris analizuotus scenarijus: 6 iš jų išsidėsčiusios pietinėje ir rytinėje dalyje (Rusijos Federacijos vandenyse), kitos 6 – centrinėje dalyje (Lietuvos Respublikos teritorijoje) (1 pav.). Kiekviena auginimui tinkama vieta buvo sudaryta iš mažų poligonų su skirtingomis TI reikšmėmis, iš kurių buvo apskaičiuotos vidutinės TI ( $TI_{vid}$ ) reikšmės kiekvienai vietai.

Šios  $TI_{vid}$  kito pakankamai mažame intervale 2,46–2,54, todėl prioritinės dreisenų auginimo vietos gali būti atrenkamos atliekant detalesnius tyrimus ir įvertinant papildomas socio-ekonominės sąlygas.

**Išvados.** Atliekant Kuršių marių aplinkos vertinimą pagal skirtingus scenarijus TI reikšmės juose svyravo nuo 1,57 iki 2,81, tai parodė, kad nei vienas plotas nėra absoliučiai tinkamas pagal visus 13 kriterijų. Plotai, kurių TI buvo didesnis nei 2,4, buvo atrinkti kaip labiausiai tinkami. Atrinktuose 12 plotų dominavo „labiausiai tinkamos“ sąlygos dreisenoms auginti pagal 8–10 kriterijus, likę 3–5 galėjo turėti „vidutiniškai“ arba „mažai tinkamą“ vertinimą. Atrinktos tinkamos vietos užima apie 5 % bendro Kuršių marių ploto. Didžioji dalis jų (išskyrus 3–6) yra išsidėstę esamoje dreisenų populiacijos arealo ribose (Daunys et al., 2006; Zaiko et al., 2009). Potencialiai prioritetinis 1 plotas (61 km<sup>2</sup>) kurio  $TI_{vid}$  yra didžiausias (2,54), apie 2,3 kartus viršija esamos populiacijos plotą dėl palankių hidrologinių sąlygų (vandens apykaitos laiko, dominuojančios srovės krypties, ledo dangos trukmės). Gauti rezultatai apie teritorijos rajonavimą dreisenoms auginti gali būti naudojami tolesnei vandens kokybės gerinimo priemonių kaštų efektyvumo analizei ir alternatyvių gamtosauginių priemonių vertinime, o pateisinus priemonės tikslingumą ir detaliame teritorijų planavime.



1 pav. Tinkamos vietos dreisenų auginimui.

## Literatūra

- Daunys D., Zemlys P., Olenin S. et al. 2006. Impact of the zebra mussel *Dreissena polymorpha* invasion on the budget of suspended material in a shallow lagoon ecosystem. *Helgol. Mar. Res.* 60, 113–120. doi:10.1007/s10152-006-0028-5.
- Gren I. M., Lindahl O., Lindqvist M. 2009. Values of mussel farming for combating eutrophication: An application to the Baltic Sea. *Ecol. Eng.* 35, 935–945. doi:10.1016/j.ecoleng.2008.12.033.
- Saaty T. L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process, Decision Analysis.*
- Schröder T., Stank J., Schernewski G., Krost P. 2014. The impact of a mussel farm on water transparency in the Kiel Fjord. *Ocean Coast. Manag.* 101, 42–52. doi:10.1016/j.ocecoaman.2014.04.034
- Stybel N., Fenske C., Schernewski G. 2009. Mussel Cultivation to Improve Water Quality in the Szczecin Lagoon. *J. Coast. Res.* 2009, 1459–1463.
- Zaiko A., Daunys D., Olenin S. 2009. Habitat engineering by the invasive zebra mussel *Dreissena polymorpha* (Pallas) in a boreal coastal lagoon: Impact on biodiversity. *Helgol. Mar. Res.* 63, 85–94. doi:10.1007/s10152-008-0135-6.

## POVANDENINIO TRIUKŠMO MODELIAVIMAS LIETUVOS BALTIJOS JŪROS TERITORIJOJE

**Donatas Bagočius<sup>1</sup>, Aleksas Narščius<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto  
Gamtos mokslų katedra, Klaipėda, <sup>2</sup>Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų  
atviros prieigos centras, Klaipėda  
*donatas.bagocius@jmtc.ku.lt*

**Įvadas.** Klaipėdos universitete, pradėjus povandeninio triukšmo tyrimus, atsirado poreikis kartografuoti povandeninio triukšmo pasiskirstymą jūroje. Europos komisijos sprendimo EK/2010/477 nuostatos numato, jog ištisinio triukšmo jūroje vertinimas gali būti atliekamas stebint triukšmo kitimo tendencijas stebėjimo stotyse arba remiantis matematiniais modeliais. Šio straipsnio tikslas – pristatyti eksperimentinius metodus, naudojamus povandeninio triukšmo modeliavimui LR Baltijos jūroje. Sukurtame modelyje buvo panaudoti automatinės identifikavimo sistemos 2015 m. duomenys, kuriuos suteikė Lietuvos saugios laivybos administracija.

**Metodai.** Povandeninio triukšmo modeliavimas buvo atliktas MATLAB kompiuterinės programos aplinkoje. AIS duomenų redagavimui buvo parašytos programos, kurios padėjo sugrupuoti bei susisteminti laivų duomenis. Triukšmo prognozavimui buvo suprogramuoti trys moduliai, kurie atliko šiuos modeliavimo žingsnius: 1) triukšmo lygių skaičiavimą kiekvienoje laivų pozicijoje; 2) nuo žiemos-vasaros sezono, jūros gylio bei garso bangos ilgio priklausantį triukšmo sklidimo nuostolių skaičiavimą, įtraukiant mažo gylio atkirtimo dažnio (Au and Hatsings, 2008) bei žemo dažnio korekcijas; 3) triukšmo lygių vidurkio bei statistinių kreivių apskaičiavimą. Darbo metu buvo išanalizuoti esami laivų triukšmo šaltinių matematiniai modeliai (Wagstaff, 1973; Wittekind, 2014; Urick, 1983), įvertintas laivų duomenų prieinamumas atviros prieigos duomenų bazėse. Pristatomame modelyje buvo panaudotas Breeding et al. (1996) algoritmas, apskaičiuojantis laivų triukšmo lygius, kurie priklauso nuo laivų ilgių bei jų greičių. Šis modelis apskaičiuoja laivų triukšmo lygius (GSL), kiekvienoje AIS sistemos fiksuotoje erdvinėje koordinatėje. Algoritmas aprašomas:

$$Ls(f, v, ls) = Lso(f) + 60 \operatorname{Log} \left( \frac{v}{12} \right) + 20 \operatorname{Log} \left( \frac{ls}{300} \right) + df \quad dl + 3.0 \quad (1)$$

kur:  $Ls(f, v, ls)$  – laivo triukšmo lygis,  $v$  – laivo greitis mazgais,  $ls$  – laivo ilgis pėdomis.

$$\text{Kai } f < 500 \text{ Hz: } Lso(f) = 10 \operatorname{Log}(10^{-1.06 \operatorname{Log} f - 14.34} + 10^{3.32 \operatorname{Log} f - 21.425});$$

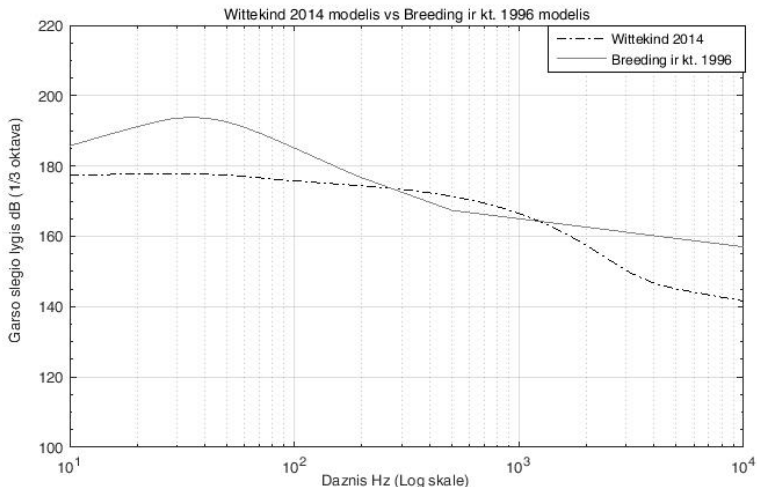
Kai  $f > 500$  Hz:

$$L_{so}(f) = 173.2 - 18.0 \log(f)$$

$$df = \begin{cases} 0.0 \leq f \leq 28.4, & df = 8.1 \\ 28.4 < f \leq 191.6, & df = 22.3 - 9.77 \log(f) \end{cases}$$

$$dl = ls^{1.15} / 3643.0$$

Gauti rezultatai buvo validuoti pagal Vokietijoje sukurtą laivų triukšmo modelį Wittekind et al. (2014) (1 pav.).



1 pav. Naudojamo triukšmo šaltinių algoritmo spektrinių charakteristikų palyginimas su Wittekind et al. (2014) modeliu (triukšmo šaltinis – Ro-Ro laivas 25993GT, plaukiantis 20,4 mazgų greičiu).

Garso sklidimo skaičiavimams buvo sukurtas hibridinis algoritmas, kuriame garso sklidimas skaičiuojamas aplink kiekvieną triukšmo šaltinį erdvėje 32-jomis azimutinėmis kryptimis kas  $11.25^\circ$ . Algoritme panaudotas analogiškas sprendimas 2D x N metodui (Jensen et al., 2011). Sferinis sklidimas skaičiuojamas pagal:

$$TL = 40 \log\left(\frac{r}{r_0}\right) + 10 \log\left[4\left(\frac{kzD}{r_0}\right)^2\right] \quad (2)$$

kur  $r$  – atstumas,  $r_0$  – referencinis atstumas (1 m),  $k$  – bangos numeris,  $z$  – triukšmo šaltinio gylis (6.1 m),  $D$  – priėmėjo gylis (1/2 vandens gylio). Modalinis sklidimas vasaros sezonui skaičiuojamas pagal:

$$TL = 25 \log\left(\frac{r}{r_0}\right) + 10 \log\left[4(kz)^{-2}(\eta^3 r_0 / \pi H)^{\frac{1}{2}}\right] \quad (3)$$

kur,  $\eta$  – santykinė konstanta, skirta smėlio dugnui 0.3 Np/rad (Ainslie et al., 2014), o garso sklidimas žiemos sezonu skaičiuojamas pagal (Duncan et al., 2011):

$$TL = 10\text{Log}(r) + 10\text{Log}(r_t) + ra \quad (4)$$

kur  $a$  – garso slopimo koeficientas, priklausantis nuo dažnio (Kuperman et al., 2007):

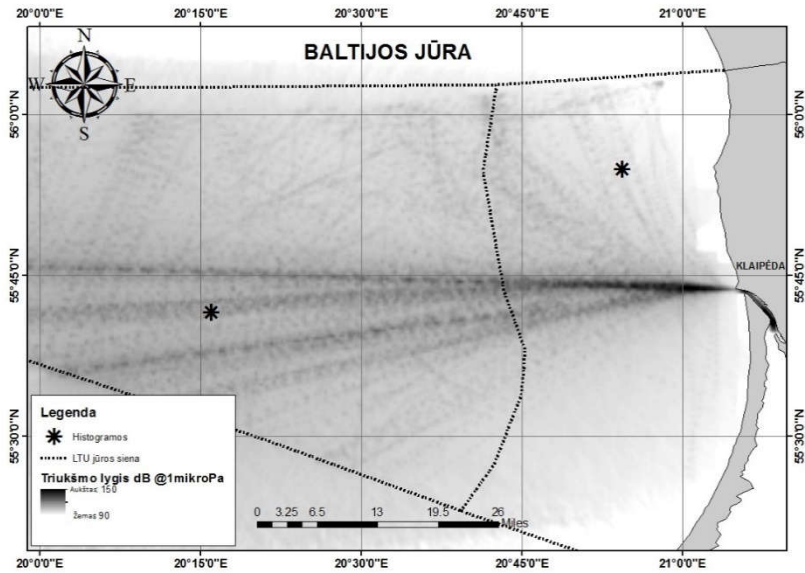
$$a = 3.3 \cdot 10^{-3} + \frac{0.11f^2}{1+f^2} + \frac{43f^2}{4100+f^2} + 2.98 \cdot 10^{-4}f^2 \quad (5)$$

Lūžio taškas tarp sferinio ir modalinio arba cilindrinio sklidimo nustatomas pagal šlyčių kampo tarp garso bangos ir terpės ribų tangentinę išraišką, priklausomą nuo vandens gylio (Lurton, 2010). Yra žinoma, jog laivų sukeliama triukšmo sklidimas vandenyje turi tam tikrą kryptingumą (Urlick, 1983).

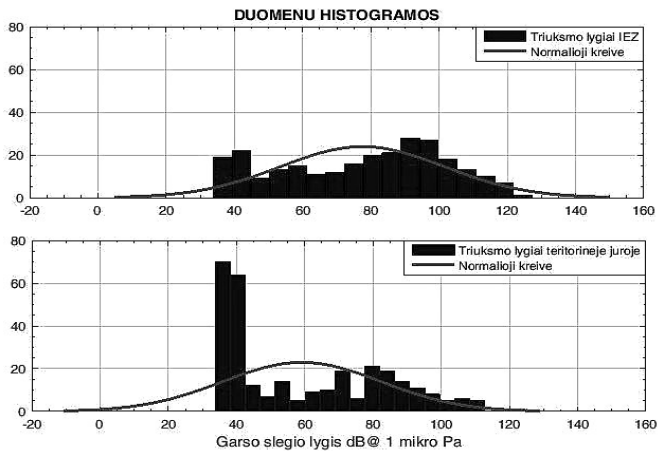
Tam kad būtų atspindėtas kiekvieno laivo triukšmo sklidimo kryptingumas, laivo triukšmo sklidimo modeliavimui buvo pritaikyta teorinė pataisa (Urlick, 1983; Medvin et al., 1998), kuri yra pagrįsta interpoliuotais garso sklidimo koeficientais kiekvienai azimutinei kryptiai pagal 2,5–5 kHz dažnių diapazono teorinį prekybinio laivo generuojamo triukšmo sklidimo kryptingumo pavyzdį. Triukšmo duomenys sugeneruojami geolokaciniame tinklėlyje (100 x 100 m celės), kur gali būti atliekama triukšmo duomenų statistinė bei spektrinė analizė.

Apskaičiuotų 2015 metų sausio mėnesio garso slėgio lygių (GSL) vidurkių tinklėlis buvo interpoliuotas panaudojant „difuzinės“ (šiluminės) interpoliacijos metodą programinės įrangos ARCGIS aplinkoje. Garso slėgio lygių statistika buvo apskaičiuota dvejose vietose: išskirtinėje ekonominėje zonoje (IEZ, N55.692534°, E20.266883°) ir teritorinėje jūroje (N55.914844°, E20.906178°).

**Rezultatai.** Darbo metu sudarytas modelis sudarė laivų generuojamo triukšmo žemėlapi LR Baltijos jūros teritorijai (2 pav.). Taip pat 2 paveiksle pažymėtose vietovėse buvo apskaičiuotos duomenų histogramos (3 pav.). Iš pateiktų histogramų matyti, kad IEZ triukšmo lygiai yra aukštesni lyginant su teritoriniais LR vandenimis. Teritoriniuose vandenyse pažymėtoje vietovėje buvo registruotas didesnis žemesnio triukšmo lygių skaičius. Toks efektas tikėtinas dėl didesniu atstumu praplaukiančių laivų.



2 pav. Eksperimentinis laivų generuojamo triukšmo žemėlapis 2015 m. sausio mėnesiui LR Baltijos jūros teritorijoje (triukšmo šaltinių gylis ~6,1 m).



3 pav. Triukšmo duomenų histogramos, apskaičiuotos LR išskirtinėje ekonominėje zonoje bei teritorinėje jūroje (X – ašis GSL, Y – imtys).

**Išvados.** Atliekant povandeninio triukšmo modeliavimą, buvo panaudotas laivų triukšmo lygių spektrinis algoritmas, prognozuojantis laivų triukšmo lygius. Triukšmo sklidimo modeliavimui buvo sudarytas hibridinis modelis, kuris apima supaprastintus sferinio, modalinio, cilindrinio sklidimo algoritmus, sklidimo nuostolių skaičiavimą pagal sezoną (vasara / žiema), garso bangos dažnį bei vandens gylį. Šis triukšmo modelis gali būti pritaikytas geros aplinkos būklės vertinimui bei stebėsenai. Sukurtas modelis gali būti papildytas algoritmais, skaičiuojančiais aplinkos foninį triukšmą pagal turimus vėjo bei kritulių intensyvumo duomenis. Įvertinant bendro fono prognozę, vėjo bei kritulių generuojamo aplinkos triukšmo lygiai gali būti integruoti su praplaukiančių laivų triukšmo lygiais. Taip pat į skaičiavimams gali būti panaudoti tikslesni batimetrijos duomenys.

## **Literatūra**

- Ainslie M. A., Dahl P. H., de Jong C. A. F., Laws R. M. 2014. Practical spreading laws: the snakes and ladders of shallow water acoustics. UA2014 – 2nd International Conference and Exhibition on Underwater Acoustics, 879–886.
- Breeding Jr. J. E., Pflug L. A., Bradley M. et al. 1996. Research Ambient Noise Directionality (RANDI) 3.1 Physics Description (No.NRL/FR/7176-95-9628). Naval Re-search Lab Stennis Space Center MS, 37.
- Duncan A. J., Parsons M. J. 2011. How wrong can you be? Can a simple spreading formula be used to predict worst-case underwater sound levels? In Proceedings of Acoustics, 1–8.
- Jensen F. B., Kuperman W. A., Porter M. B., Schmidt H. 2011. Computational ocean acoustics. Springer Science & Business Media, 794 p.
- Lurton X. 2010. An introduction to underwater acoustics. Principles and applications. Springer, 724 p. Chapter 2. Underwater acoustic wave propagation, 13–74.
- Medvin H., Clay S. 1998. Fundamentals of acoustical oceanography. Academic Press. 739 p.
- Urick R. J. 1983. Principles of underwater sound, McGraw-Hill, New York, 423 p.
- Wagstaff R. A. 1973. RANDI: Research ambient noise directionality model (No. NUC-TP-349). Naval Undersea Center San Diego CA, 86 p.
- Wittekind D. K. 2014. A simple model for the underwater noise source level of ships. Journal of Ship Production and Design, 30 (1), 7–14.



## MAŽŪJŲ, PRAMOGINIŲ LAIVŲ POVANDENINIS TRIUKŠMAS KLAIPĖDOS ŠĄSIAURYJE

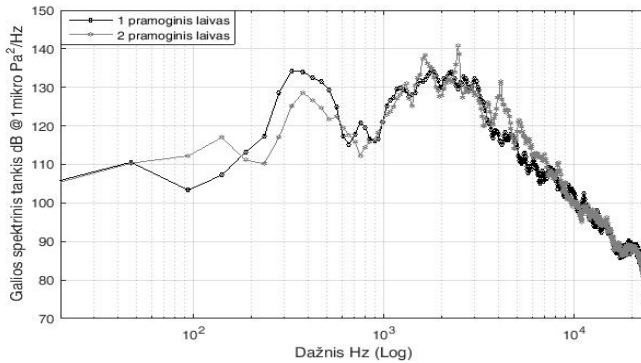
**Donatas Bagočius<sup>1</sup>, Aleksas Narščius<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto  
Gamtos mokslų katedra, Klaipėda, <sup>2</sup>Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų  
atviros prieigos centras, Klaipėda  
*donatas.bagocius@jmtc.ku.lt*

**Įvadas.** Populiarėjant pramoginei laivybai Lietuvoje, mažųjų pramoginių laivų povandeninio triukšmo poveikiai tampa aktualūs tranzitiniuose bei vidaus vandenyse. Yra žinoma, jog vandens motociklą bei mažųjų pramoginių laivų sukeliama povandeninio triukšmo lygiai viršija natūralų gamtinį foną po vandeniu (Erbe, 2013; Simpson et al., 2016). Dažnai šios mažosios vandens transporto priemonės neturi centralizuotos navigacijos sistemos (pvz., laivų automatinė identifikavimo sistema, AIS), todėl jų maršrutų apskaičiavimas yra sudėtingas. Šiame darbe pateikiami kelių mažųjų pramoginių laivų sukeliama triukšmo lygių matavimų rezultatai bei jų spektrinės charakteristikos.

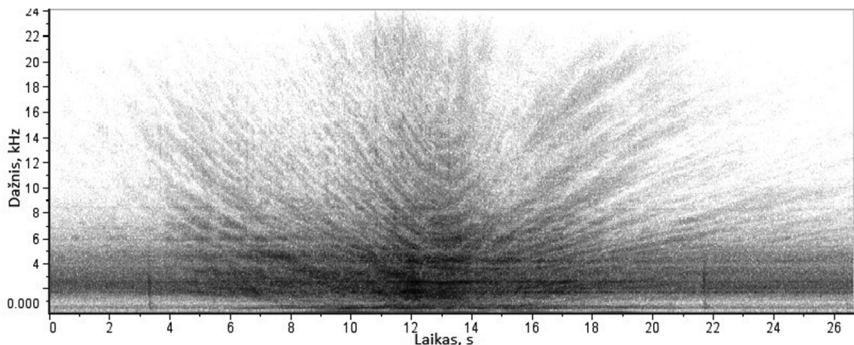
**Metodai.** Povandeninis triukšmo lygis tarp praplaukiančių dviejų mažųjų pramoginių laivų (ilgis ~5–6 m, su pakabinamais varikliais) buvo išmatuotas 2012 m. gegužės 14 d. Klaipėdos sąsiauryje nuo krantinės (WGS 21°5'45"E, 55°43'19"N). Triukšmas buvo matuojamas panaudojant skaitmeninį įrašytuvą ZOOM su hidrofonu H2A 4,8 m gylyje. Garso signalai išanalizuoti naudojant 24 bitų kvantizaciją, 48 kHz diskretizacijos dažnį bei programinę įrangą „Raven Pro 1.4“. Analizei panaudotas „Discrete Fourier Transform“ algoritmas, panaudojant 1024 ėminių kiekį, 67,4 Hz bangos pločio 3 dB filtrą bei „Hanno“ lango funkciją (Charif et al., 2010).

**Rezultatai.** Maksimalūs triukšmo lygiai tarp dviejų mažųjų pramoginių laivų praplaukiančių apytiksliai 50 m atstumu siekė 134,4–104,8 dB @1μPa<sup>2</sup>/Hz. Matavimai atlikti vienos sekundės triukšmo lange esant mažiesiems laivams artimiausiame artėjimo taške (AAT) nuo matavimo stoties. Šių mažųjų laivų greitis siekė ~6–8 mazgus. Išmatuotų triukšmo lygių priklausomybė nuo dažnių pateikta 1 paveiksle. Šiame paveiksle matyti, jog mažųjų laivų triukšmo pikas išsidėstė dvejuose 300–500 Hz bei 1–3 kHz dažnių diapazonuose. Šie garso pikai skirtinguose dažnių diapazonuose išsidėstė dėl skirtingų triukšmo šaltinių mažuosiuose laivuose dėl povandeninės pakabinamo variklio dalies su sraigtu sukeliama triukšmo (žemesnio dažnio diapazonas) bei antvandeninės variklio dalies mechanizmų sukeliama triukšmo (aukštesnio dažnio diapazonas).



1 pav. Mažųjų pramoginių laivų povandeninio triukšmo lygių, išmatuotų Klaipėdos sąsiauryje, priklausomybė nuo dažnių.

Atliekant spektrinę mažųjų pramoginių laivų sukeliama povandeninio triukšmo analizę buvo aptikta, jog laivui praplaukiant AAT susidaro garso bangų interferencijos laukas dėl Loydo (*Lloyd*) veidrodžio efekto (Au ir Hastings 2008). Šis laukas atvaizduotas 2 paveiksle. Garso įvykio dažnio diapazonas atsispindėjo visoje matuotoje dažnių juostoje (10 Hz–24 kHz). Šiame paveiksle atvaizduoto triukšmo šaltinis (pramoginis laivas) pasiekė AAT 11,5–12,5 sekundės laiko tarpsnyje.



2 pav. Mažajo laivo generuojamo triukšmo bangų interferencijos laukas.

Dviejų mažųjų pramoginių laivų fiksuoto triukšmo charakteristikų palyginimas pateiktas 1 lentelėje.

Fiksuoto povandeninio triukšmo charakteristikų palyginimas

Parametras	1 Pramoginis laivas	2 Pramoginis laivas
Bangos plotis	2906,2 Hz	2906,2 Hz
Centrinis dažnis	2062,5 Hz	2390,6 Hz
Vidutinis GSL	121,9 dB@1μPa <sup>2</sup> /Hz	122,9 dB@1μPa <sup>2</sup> /Hz
Maksimalus GSL	134,4 dB@1μPa <sup>2</sup> /Hz	140,8 dB@1μPa <sup>2</sup> /Hz

**Rezultatų aptarimas ir išvados.** Surinkti matavimų rezultatai patvirtina hipotezę, jog mažųjų pramoginių laivų su pakabinamais varikliais sukeliamas povandeninis triukšmas gali ženkliai viršyti gamtinį foninį triukšmą šalia triukšmo šaltinio. Yra žinoma, jog nuolatinis povandeninis triukšmas, kuris viršija gamtinį foninį garsą, gali turėti neigiamos įtakos žuvims (Popper et al., 2014). Gamtinis fonas esant nedideliame vėjui gali siekti ~44,5–61,5 dB @1μPa<sup>2</sup>/Hz, 1 kHz dažnyje (USNA, 2016). Šiame dažnyje mažųjų laivų triukšmas foninį triukšmo lygį viršytų ~77–60 dB 1 metro atstumu nuo triukšmo šaltinio. Yra žinoma, kad kai kurių žuvų, pvz. lašių (*Salmo salar*), žemiausią girdimumo slenkstį šių mažųjų laivų triukšmo lygiai 300 Hz dažnyje viršytų ~35 dB @1μPa. Tam kad būtų sukeltos šių žuvų atsako reakcijos reikalingas triukšmo lygių skirtumas ~50 dB<sub>h(nesvertinis)</sub>. Šiuo atveju galima kalbėti tik apie biologškai svarbių garsų maskavimą. Svarbu pažymėti, jog triukšmo lygiai (>30 dB) slopsta pirmųjų dešimčių metrų atstumu. Taip pat vis dar yra diskutuotina, kaip kai kurių rūšių žuvys jaučia vibracijas (Webb et al., 2008). Klaipėdos sąsiauryje bei Kuršių mariose yra aptinkamos žuvų rūšys, kurios yra jautrios triukšmui, pvz. perpelės (*Alosa fallax*), strimelės (*Clupea harengus membras*) (Repečka, 2003, Gregory et al., 2007; asm. kom. Fricke R., 2015). Keletas dugno bestuburių rūšių, *Gammaridea*, *Mysidae* ir *Ostracoda* (asm. kom. Chuševė R., 2015), reaguoja į foninį gamtinį garsą, būdingą jų buveinėms (Simpson et al., 2011).

Mažųjų laivų išspinduliuoto povandenio triukšmo lygių vertinimui reikalinga šių laivų maršrutų apskaita Kuršių mariose. Vienas iš galimų siūlomų apskaitos būdų yra kuro užpylimų skaičiaus apskaita mažųjų laivų degalinėse (asm. kom. Sigray P., 2015).

## Literatūra

- Au W. W. L., Hastings C. M. 2008. Principles of marine bioacoustics. Springer Science + Business Media. 679 pp.
- Charif R. A. Waack A. M. Strickman L. M. 2010. Raven Pro 1.4 User's Manual. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, 367 pp.

- Enger P. 1967. Hearing in herring. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 22:527 – 538. [Paimta iš: Nedwell R., Edwards B., Turnpenny A., Gordon J., 2004. *Fish and Marine Mammal Audiograms: A summary of available information*. Subacoustech Report ref: 534R0214. 278 pp.].
- Erbe C. 2013. Underwater noise of small personal watercraft (jet skis). *The Journal of the Acoustical Society of America*, 133(4), EL326-EL330.
- Gregory J., Lewis M., Hateley J. 2007. The sensitivity of clupeids to a high resolution imaging SONAR: Acoustic monitoring of shad just got harder. *American Fisheries Society*, 137th Annual Meeting San Francisco, September 2-6. PPT presentation 22 pp.
- Popper A. N., Hawkins A.D. Fay R. R. et al. 2014. *Sound Exposure Guidelines for Fishes and Sea Turtles: A Technical Report prepared by ANSI-Accredited Standards Committee S3/SC1 and registered with ANSI*. 73 pp.
- Repečka R. 2003. The species composition of the ichthofauna in the Lithuanian economic zone of the Baltic Sea and the Curonian Lagoon and it's changes in recent years. *Acta Zoologica* 13 (2), 149–157.
- Simpson S. D., Radford A. N., Tickle E. J. et al. 2011. Adaptive avoidance of Reef Noise. *PLoS ONE*, 6 (2), 1–5.
- Simpson S. D., Radford A. N., Holles S. et al. 2016. Small-boat noise impacts natural settlement behavior of coral reef fish larvae. In *The Effects of Noise on Aquatic Life II*, 1041–1048. Springer New York.
- USNA, 2016. Major sources of background noise in deep water. United States Naval Academy. 11 pp. Interneto prieiga: <https://www.usna.edu/Users/physics/ejtuchol/documents/SP411/Chapter11.pdf>.
- Webb J. F., Fay R., Popper A. 2008. *Fish Bioacoustics*. Springer Science+Business Media LCC, 318 pp.

## ORGANINĖS IR NEORGANINĖS ANGLIES ŠALTINIAI IR JOS BIOGEOCHEMINĖS TRANSFORMACIJOS ESTUARINĖJE SISTEMOJE

**Rūta Barisevičiūtė<sup>1</sup>, Irma Vybernaitė-Lubienė<sup>2</sup>, Diana Vaičiūtė<sup>3</sup>,  
Jolita Petkuvienė<sup>2</sup>, Petras Zemlys<sup>2</sup>, Mindaugas Žilius<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Valstybinio mokslinių tyrimų instituto Fizinių ir technologijos mokslų centras, Vilnius, <sup>2</sup>Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų atviros preigos centras, Klaipėda, <sup>3</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Jūros mokslų ir technologijų centras, Klaipėda  
*bariseviciute@ar.fi.lt*

**Įvadas.** Kuršių marios yra trečia pagal dydį azoto junginių bei ištirpusios neorganinės anglies (DIC) eksportuotoja į Baltijos jūrą (Kulínski et al., 2011; Korth et al., 2013). Kaip ir daugelis estuarinių sistemų, Kuršių marios atlieka tiek filtro funkciją, sulaikydama dalį upės atnešamų medžiagų, tiek ir biogeocheminio reaktorių vaidmenį, transformuodama autochtoninę ir alochtoninę organinę anglį į neorganines jos formas. Kuršių marios yra didžiausia Baltijos jūros lagūna, per metus pagaminanti ~2402 Gg C planktono biomasės (Tomczak et al., 2009). Tikėtina, kad šioje lagūnoje dėl aktyvios fitoplanktono fotosintezės neorganinės ir organinės anglies virsmas yra vieni iš intensyviausių priekrantės sistemose (Žilius et al., 2014).

Intensyvūs fitoplanktono žydėjimai (>200 Chl-a µg/l) stebimi liepos–rugšėjo mėnesiais, melsvabakterių žydėjimo metu (Žilius et al., 2014). Tačiau žydėjimo intensyvumas priklauso nuo meteorologinių sąlygų: vėjo greičio, temperatūros, saulės radiacijos. Dėl to ekosistemos produktyvumas, nulemiantis organinės ir neorganinės anglies sedimentacijos, mineralizacijos, apykaitos tarp skirtingų ekosistemos komponentų (dugno nuosėdų, vandens storumės ir atmosferos) dinamiką ir mastą, gali ženkliai keistis.

Pagrindinis šio darbo tikslas buvo nustatyti organinės bei neorganinės anglies šaltinius, galimas jos transformacijas, įvertinti sedimentacijos, mineralizacijos bei eksporto į Baltijos jūrą mastus.

**Medžiaga ir metodai.** Mėginiai buvo surinkti 2014 metais kovo–lapkričio mėnesiais dviejų vyraujančių tipų Kuršių marių (Lietuvos Respublikos dalyje) sedimentacinėse aplinkose: tranzitinėje ir akumuliacinėje. Šie metai išsiskyrė intensyviu melsvabakterių žydėjimu, kurio metu buvo stebimos chlorofilo *a* (Chl-*a*) koncentracijos >150 µg/l. Detalesnę informaciją apie aplinkos sąlygas tyrimo vietose galima rasti Žilius et al. (2014) ir Petkuvienė et al. (2016). DIC koncentracija buvo nustatyta naudojant titravimo 0,1 N HCl metodu (Anderson et al., 1986). Ištirpusios organinės anglies (DOC)

koncentracija buvo matuojama Shimadzu TOC 5000 analizatoriumi. Suspenduota organinė medžiaga (POC) buvo surenkama ant GF/F filtrų, karbonatai buvo pašalinti naudojant 1 M HCl. Matavimai atlikti Kalifornijos Davis universiteto akredituotoje laboratorijoje “Stable Isotope Facility”. Chl-a koncentracija buvo nustatoma spektrofotometriškai pagal Jeffrey ir Humphrey (1975) metodiką. Nesuardytos struktūros kolonėlėse buvo įvertintas DIC ir DOC apykaitos greitis tarp dugno nuosėdų ir priedugnio vandens pagal Zilius et al. (2014) aprašytą metodiką. Fotosintezės metu fiksuoto CO<sub>2</sub> bei respiracijos metu išskirto CO<sub>2</sub> koncentracijos buvo nustatytos remiantis metodika pagal Maher et al. (2012). Išoriniams anglies srautams nustatyti vandens mėginiai buvo imami Nemune ties Rusne (prietaka) ir Kuršių mariose ties Smiltyne (ištėkėjimas), kartą per mėnesį ir pavasarinių bei rudeninių potvynių metu kas savaitę. Nemuno nuotėkio duomenys buvo gauti iš Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos, apykaita tarp Kuršių marių ir Baltijos jūros apskaičiuota naudojant baigtinių elementų hidrodinaminį modelį (SHYFEM; <http://www.ismar.cnr.it/shyfem>). Dujinio CO<sub>2</sub> apykaita tarp Kuršių marių ir atmosferos apskaičiuota pagal Gustafsson et al. (2015) ir Wanninkhof (1992) pateikta metodiką.

**Rezultatai ir jų aptarimas.** Kuršių marių anglies biudžetui buvo sudaryta ši lygčių sistema (schema pateikta 1 pav.):

$$\frac{dDIC}{dt} = (-I_{Jura} - k_{atm} \times const - k_{karb})DIC + C_{min}DOC + (I_{Upe}DIC_{Upe} - NPP + DIC_{sed} + k_{atm} pCO_{2atm}); \quad (1)$$

$$\frac{dDOC}{dt} = (-I_{Jura} - C_{min})DOC + (I_{Upe}DOC_{Upe} + DOC_{sed} + k_{pL} POC_{pL}); \quad (2)$$

$$\frac{dPOC}{dt} = (-I_{Jura} - k_{sed})POC + (NPP + I_{Upe}POC_{Upe} - k_{pL} POC_{pL}). \quad (3)$$

Kuršių marių ekosistemos metabolizmas (NEM, *angl.* net ecosystem metabolism) apskaičiuotas pagal Maher et al. (2012) buvo:

$$NEM = I_{Upe} DIC_{Upe} - DIC_{Jura} + k_{atm}(pCO_{2atm} - pCO_{2H2O}). \quad (4)$$

Ekosistemos metabolizmo skaičiavimai parodo, koks procesas, respiracija ar pirminė produkcija, yra vyraujantis. Jeigu marių ekosistemoje respiracija buvo didesnė nei pirminė produkcija – tai sistema buvo laikoma heterotrofine, jeigu pirminė produkcija buvo dominuojantis metabolizmas tai sistema – autotrofinė. Gauti rezultatai (1 lentelė) rodo, kad 2014-ųjų gegužės – spalio mėnesiais Kuršių marios buvo autotrofinė sistema (nuo 20 iki 94 mM C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>). Tuo tarpu kovo, balandžio bei lapkričio mėnesiais sistema buvo heterotrofinė (atitinkamai 32,5; 23,7 bei 100,9 mM C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>).



## Literatūra

- Anderson L. G., Hall P. O., Iverfeldt A. et al. 1986. Benthic respiration measured by total carbonate production. *Limnology and Oceanography*, 31 (2), 319–329.
- Gustafsson E., Mörth C. M., Humborg C., Gustafsson B.G. 2015. Modelling the <sup>13</sup>C and <sup>12</sup>C isotopes of inorganic and organic carbon in the Baltic Sea. *Journal of Marine Systems*, 148, 122–130.
- Jeffrey S. T., Humphrey G. F. 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c 1 and c 2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochemie und physiologie der pflanzen*, 167 (2), 191–194.
- Korth F., Fry B., Liskow I., Vos M. 2013. Nitrogen turnover during the spring outflows of the nitrate-rich Curonian and Szczecin lagoons using dual nitrate isotopes. *Marine Chemistry*, 154, 1–11.
- Kulinski K., Pempkowiak J. 2011. The carbon budget of the Baltic Sea. *Biogeosciences* 8: 3219–3230.
- Maher D. T., Eyre B. D. 2012. Carbon budgets for three autotrophic Australian estuaries: Implications for global estimates of the coastal air-water CO<sub>2</sub> flux. *Global Biogeochemical Cycles*, 26 (1). GB1032, doi:10.1029/2011GB004075.
- Tomczak M.T., Müller-Karulis B., Järv L. et al. 2009. Analysis of trophic networks and carbon flows in south-eastern Baltic coastal ecosystems. *Progress in Oceanography*, 81 (1), 111–131.
- Petkuvienė J., Zilius M., Lubiene I. et al. 2016. Phosphorus Cycling in a Freshwater Estuary Impacted by Cyanobacterial Blooms. *Estuaries and Coasts*. DOI: 10.1007/s12237-016-0078-0.
- Zilius M., Bartoli M., Bresciani M. et al. 2014. Feedback mechanisms between cyanobacterial blooms, transient hypoxia, and benthic phosphorus regeneration in shallow coastal environments. *Estuaries and coasts*, 37 (3), 680–694.
- Wanninkhof R. 1992. Relationship between wind speed and gas exchange over the ocean. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 97 (5), 7373–7382.



## PIETRYČIŲ BALTIJOS REGIONO HIDROGRAFINIO TINKLO RAIDA POLEDYNMEČIU

**Albertas Bitinas<sup>1</sup>, Aldona Damušytė<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų atviros prieigos centras, Klaipėda,

<sup>2</sup>Lietuvos geologijos tarnyba, Vilnius

*albertas.bitinas@apc.ku.lt*

Dabartinis hidrografinis tinklas Pietryčių Baltijos regione pradėjo formuotis bebaigiant tirti paskutiniojo kontinentinio apledėjimo ledynui, t. y. apytikriai prieš 14–13 tūkst. metų. Pirminę hidrografinio tinklo konfigūraciją lėmė aktyvių ledyno plaštakų palikti kraštinių moreninių gūbrių ruožai, betirpstą „negyvo“ ledo masyvai, pasitvenkę lokalūs ledo tirpsmo vandens baseinai. Vėlesnę hidrografinio tinklo raidą įtakojo jau kiti veiksniai: skirtingi vandens lygiai (t. y. upių erozijos bazė) įvairiuose Baltijos jūros (Baltijos ledyninio ežero, Joldijos jūros, Ancyliaus ežero, Litorinos bei Post-Litorinos jūrų) baseinuose, o taip pat neotektoniniai Žemės plutos blokų judesiai. Šių geologinių procesų įtakoje vėlyvojo ledynmečio bei holoceno metu savo vagas (ypač žemupiuose) keitė Šventoji, Danė, Smeltė, Veiviržas, tačiau radikaliausius pokyčius patyrė – iš esmės suformavo naujus žemupius – Nemunas bei Minija. Hidrografinio tinklo raida regione pavaizduota paleogeografinėse rekonstrukcijose, atspindinčiose skirtingus šios raidos etapus.

## TRANSMISIJOS SU KARDANINIAIS VELEN AIS DINAMINIŲ CHARAKTERISTIKŲ TYRIMAS

**Paulius Bogdevičius<sup>1</sup>, Ieva Žygaitė<sup>2</sup>, Olegas Prentkovskis<sup>1</sup>,  
Marijonas Bogdevičius<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup>Vilniaus Gedimino technikos universiteto Transporto technologinių įrenginių katedra, Vilnius, <sup>2</sup>Kauno technologijų universitetas, Kaunas, <sup>3</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Jūros mokslų ir technologijų centras, Klaipėda  
*paulius.bogdevicius@vgtu.lt*

**Įvadas.** Universalios jungtys yra vienas iš pagrindinių ir plačiai naudojamų elementų transmisijų sistemose pramonės srityje. Šios jungtys turi keletą žinomų terminų: kardaninė jungtis, Huko jungtis (Hooks join) ar universalioji jungtis (universal join). Visos šios jungtys yra naudojamos perduoti sukimo momentą, sukimo bei slenkamą judesį lanksčiame sujungime keičiant išstatymo kampus esant ribotai erdvei. Tarp svarbiausių geometrinių savybių, kurios veikia mechanizmo darbo zoną, yra universalios jungties dydis. Autoriai Zhang et al. (2014) kruopščiai ištyrinėjo tokius ir kitus kinematinis ryšius, jų geometrinių parametrų ir darbinės zonos tarpusavio ryšius. Siekiant užtikrinti sukimosi stabilumą transmisijoje, parametrinis nestabilumas yra viena iš svarbių aspektų projektuojant mašinų transmisijas, nes tai gali sukelti metalo nuovargį ir lūžius viename iš mašinos elementų (Wahab et al., 2015). Tiriant parametrinį sistemos nestabilumą autorius naudoja Maťje ir Hilo lygtį. Linearizavus judėjimo lygtis, mokslininkas Bulut (2014) ištyrė transmisijos su universalia jungtimi dinaminį stabilumą. Autorius, panaudodamas Monodromi matricą, nustatė stabilumo zonas. Norint nustatyti dinaminį disbalansą kardaninėje jungtyje tyrėjas Ding et al. (2014) sukūrė naujovišką metodą taikant diskrečių vilnelių transformacijos.

Šiame straipsnyje yra nagrinėjama sukimosi judesio transmisija su kardaniniais velenais ir pateiktas jos matematinis modelis. Šis modelis leidžia nustatyti transmisijos dinamines charakteristikas, įvertinant kardaninės jungties ypatumus bei sistemos dinamines savybes. Tyrinėtojų grupė (Brutti et al., 1999, Aladjev et al., 2006) atliko transmisijos su kardaniniais velenais dinaminių procesų tyrimus. Remiantis gautais tyrimų rezultatais, jie padarė išvadą, kad kardaninėje pavaroje, sukimosi transmisijos standumas priklauso sukimosi greičiui.

**Transmisijos sistemos matematinis modelis.** Šiame straipsnyje yra nagrinėjama transmisija su kardanine jungtimi. Sistemą sudaro asinchroninis elektros variklis, pavarų dėžė, keturios kardaninės jungtys, velenai ir inercijos

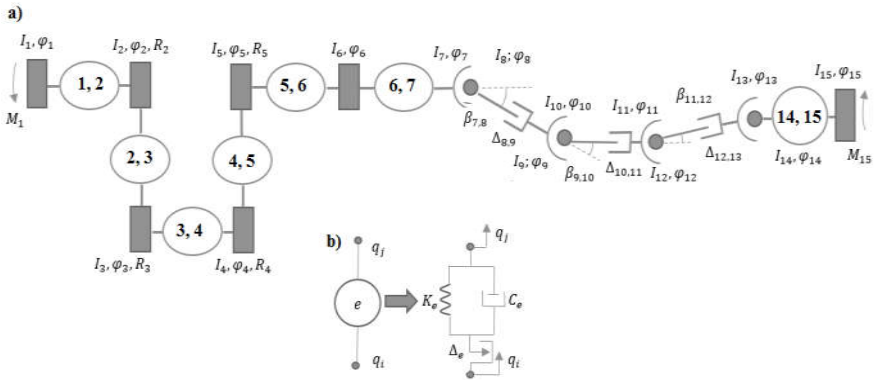
diskas. Transmisijos skaičiuojamasis dinaminis modelis yra pateiktas 1 paveiksle.

Transmisijos su universalia jungtimi lygčių sistema yra lygi:

$$\{\dot{X}\} = \{F(X, t)\}, \quad (1)$$

kur  $\{X\}^T = \{M_1, \varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_{15}, \dot{\varphi}_1, \dot{\varphi}_2, \dots, \dot{\varphi}_{15}\}$  yra

kintamųjų vektorius;  $\{F(X, t)\}$  yra lygčių sistemos netiesinis vektorius.



1 pav. Transmisijos dinaminis modelis : a) transmisijos sistema; b) slopinimo ir standumo elementai.

Kinematiniai ryšiai tarp universalios jungties grandžių sukimosi kampų ir kampinių greičių yra lygūs:

$$tg(\varphi_i) = \cos(\beta_{i,i+1})tg(\varphi_{i+1}), \quad \varphi_{i+1} = b(\varphi_i, \beta_{i,i+1})\varphi_i, \quad (2)$$

$$b(\varphi_i, \beta_{i,i+1}) = \frac{\cos(\beta_{i,i+1})}{1 - \sin(\beta_{i,i+1})^2 \sin(\varphi_i)^2}, \quad (3)$$

kur  $\beta_i$  yra universalios jungties kampas, kai  $i = 7 \dots 14$ .

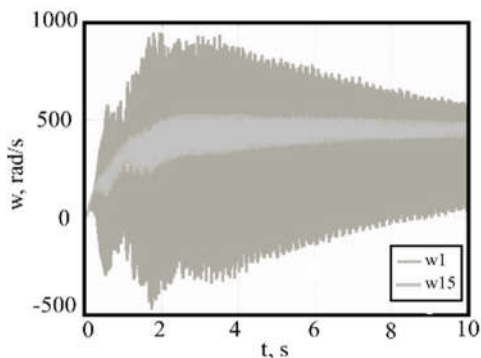
Remiantis (2) išraiška, santykis tarp išėjimo ir įėjimo transmisijos grandžių kampinių greičių yra lygus:

$$\varphi_7 = b(\varphi_7, \beta_{7,8})b(\varphi_9, \beta_{9,10})b(\varphi_{11}, \beta_{11,12})b(\varphi_{13}, \beta_{13,14})\varphi_{15}. \quad (4)$$

Tyrimo tikslas yra nustatyti transmisijos su kardaninėmis jungtimis dinamines charakteristikas esant skirtingiems išdėstymo kampams, kai

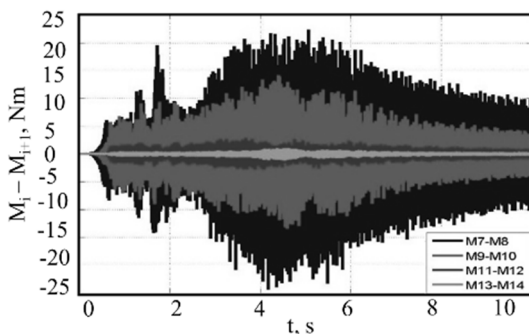
transmisija sukasi tuščioje eigoje (transmisijos apkrovos momentas yra lygus nuliui).

**Tyrimų rezultatai.** Pradinės sąlygos:  $\{X(t = 0)\} = 0$ , diferencialinių lygčių integravimo laiko žingsnis yra lygus  $\Delta t = 10^{-6}$  s. Transmisijos elementų (elektros variklio rotoriaus ir transmisijos išėjimo grandies) kampinių greičių  $w_1$  ir  $w_{15}$  kitimas laiko tarpe nuo 0 s iki 10 s parodytas 2 paveiksle.



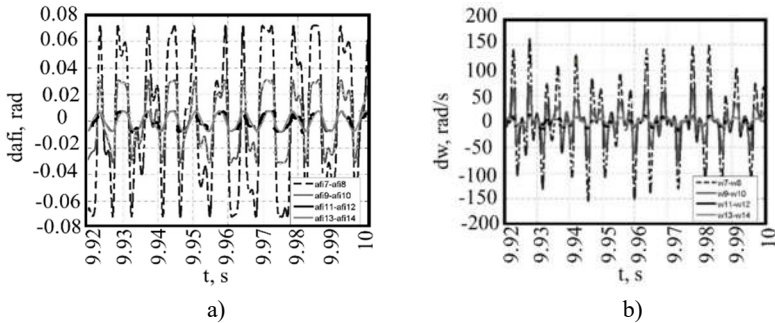
2 pav. Kampinio greičio  $w_1$  ir  $w_{15}$  kitimas laike.

Kardaninėse jungtyse veikiančių sukimo momentų skirtumų kitimai laike (nuo 0 iki 10 s) parodyti 3 paveiksle.



3 pav. Kardaninėse jungtyse sukimo momentų skirtumų priklausomybės nuo laiko.

Kardaninių jungčių įėjimo ir išėjimo grandžių sukimosi kampų (4 a pav.) ir pagreičių (4 b pav.) priklausomybė nuo laiko (nuo 9,9 iki 10 s) parodyti 4 paveiksle.

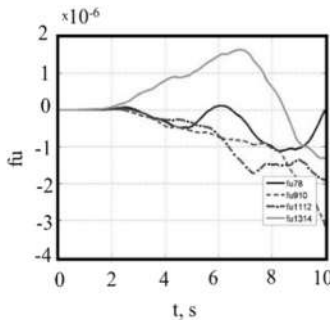


4 pav. Keturių kardaninių jungčių įėjimo ir išėjimo grandžių sukimosi kampų ir pagreičių skirtumų priklausomybė laiko: a) sukimosi kampų; b) pagreičių.

Pagal formulę (2) gaunama holonominių ryšių lygtis:

$$f_{u_{i,i+1}} = \sin(\varphi_i) \cos(\varphi_{i+1}) - \cos(\beta_{i,i+1}) \sin(\varphi_{i+1}) \cos(\varphi_i) = 0. \quad (5)$$

Tokia ryšių funkcija  $f_{u_{i,i+1}}$  gali būti naudojama vertinant dinaminės sistemos sprendimo tikslumą. Kardaninių jungčių ryšio funkcijų  $f_{u_{i,i+1}}$  priklausomybės nuo laiko parodytos 5 paveiksle.



5 pav. Kardaninių jungčių ryšio funkcijų priklausomybė nuo laiko kitimai laiko tarpe nuo 0 iki 10 s.

Iš 5 paveikslo matyti, kad sprendimo paklaida mažėja, o dinaminis sistemos sprendimo tikslumas didėja.

**Išvados.** Straipsnyje atlikti transmisijos su kardaniniais velenais dinaminio proceso tyrimai ir gauti rezultatai. Nustatytos nagrinėjamos transmisijos, kurią sudaro elektros variklis, pavarų dėžė ir trys kardaniniai velenai su išdrožomis, kai transmisija dirba be apkrovos (sukasi tuščiąja eiga) dinaminės charakteristikos. Nustatyti svarbūs kardaninių jungčių ypatumai,

įėjimo ir išėjimo grandžių kampiniai greičiai ir pagreičiai. Gauti kardaninių jungčių sukimosi standumų kitimai. Nustatyti žemiausi rezonansiniai dažniai (53 Hz; 74,5 Hz; 144 Hz; 197 Hz; 218,5 Hz; 288 Hz; 362 Hz) bei nustatyta, kad maksimali kampinio greičio amplitudė yra 218,5 Hz dažnio.

## **Literatūra**

- Zhang G., Du J., To S. 2014. Study of the workspace of a class of universal joints. *Mechanism and Machine Theory*, 73, 244–258.
- Wahab A. M., Rasid Z. A., Mohd Rudin N. F., Abu A., 2015. Dynamic stability of shaft interconnected through joint. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 10 (15), 6310–6318.
- Bulut G. 2014. Dynamic stability analysis of torsional vibrations of a shaft system connected by Hooke's joint through a continuous system model. *Journal of Sound and Vibration*, 333, 3691–3701.
- Ding J., Lim J., Yu S. 2015. Dynamic unbalance detection of cardan shaft in high-speed train applying double decomposition and double reconstruction method. *Measurement*, 73, 111–120.
- Brutti C., Pennestri E., Biancolini M. E. 1999. On the dynamics of the transmission with a double cardan joint, tenth world congress on the theory of machine and mechanisms Oulu, Finland, June 20–24, 1999.
- Aladjev V., Bogdevičius M. 2006. *Maple: Programing, Physical and engineering problems*. Monograph. USA: Fultus Books.

## ANGLIES NANOVAMZDELIŲ PANAUDOJIMO ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS SRITYSE GALIMYBĖS

**Brigita Bogužaitė, Martynas Sprogys, Andrius Treinauskas,  
Donatas Cirtautas**

Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto  
Inžinerijos katedra, Klaipėda  
*brigitaboguzaitė@gmail.com*

**Įvadas.** Klasikinės medžiagos, tokios kaip varis, aliuminis ar kitos, jau yra pasiekusios savo techninių galimybių ribas ypatingai mikroelektronikos, jutiklių technologijose, optikoje ir kitose srityse. Vienas didžiausių paskutiniųjų atradimų – anglies nanovamzdeliai (sutr. ANV), kurie gali būti pritaikyti įvairiose srityse. Šios struktūros buvo atrastos pakankamai nesenai – 1991 metais (Iijima, 1991). Anglies nanovamzdeliai yra ilgos cilindrinės formos anglies makromolekulinės struktūros, kurios yra skirstomos į viensluoksnius (vienasienius), dvisluoksnius (dvisienius) ir daugiasluoksnius. Šis straipsnis analizuoja tik viensluoksnius ir dvisluoksnius ANV, nes šios struktūros turi mažiau defektų, pasižymi geresnėmis elektrinėmis, cheminėmis ir mechaninėmis savybėmis negu daugiasluoksniai ANV (Valiulis, 2005).

Anglies nanovamzdeliai pasižymi unikalėmis savybėmis – laidumas elektros srovei beveik dvigubai didesnis lyginant su variu; stiprumo modulis dešimtimis kartų viršija atitinkamą plieno rodiklį; aukštas terminis atsparumas oksiduojančioje aplinkoje (nepraranda savybių ir nesudega esant aukštai temperatūrai).

**Rezultatai.** Atlikus mokslinių sraipsnių analizę, pateikiame galimas ANV pritaikymo sritis. Minima, kad ši medžiaga pritaikoma elektros ir elektronikos srityse, kompozicinių medžiagų gamyboje, matavimų bei biologinių ir cheminių tyrimų įrangoje (Jorio, 2008).

Anglies nanovamzdeliai atlaiko gana aukštą temperatūrą, tai leidžia beveik perpus sumažinti elektros variklius, transformatorius. Elektronikoje ir komunikacijoje pritaikomi tiek loginiuose elementuose, tiek jutikliuose, filtruose, siūstuvuose. Dėl savo tvirtumo, bei biologinio atsparumo puikus analogas vandens srovės generatorių turbinoms, gali padidinti paviršiaus atsparumą biologiniams veiksniams. Dėl cheminio atsparumo tinka kuro/skysčių talpykloms (Naidu, 2014).

Užsienio mokslininkai atliko praktinį tyrimą – laboratorinėmis sąlygomis sukonstravo 3 ANV ričių nuolatinės srovės variklį, kuris pasiekė beveik 70 % efektyvumą generuojant 40 W galią 15000 aps/min. greičiu. Šiuo tyrimu buvo

įrodyta, kad elektros variklis pagamintas tik iš ANV, nenaudojant vario, gali padaryti didelį proveržį pramonėje. ANV elektros mašinos – tai puikus sprendimas (alternatyva) esamiems vidaus degimo ir būsiamiems elektriniams laivams mažinant jų bazinį svorį. Be to, naudojant ANV elektros mašinų šiluminius (Džaulio) nuostolius galima sumažinti iki 50 % ir daugiau, nes ANV praktiškai nesusidaro paviršinis efektas (Pyrhönen et al., 2015).

Vienasluoksniai ANV pasižymi puikiu laidumu, kuris siekia 100 MS/m, (varis – 58,5 MS/m, sidabras – 62,1 MS/m (Thiele et al., 2010). Be to, ANV medžiaga pasižymi aukštesnėmis darbinėmis temperatūromis, nes šylant ANV medžiagai, varža didėja lėčiau, nei lyginant su variu. Šios ANV elektrinės savybės leidžia pasiekti puikius rezultatus elektrotechnikos technologijose, kurių pagrindiniai prioritetai – mažesnis, lengvesnis, efektyvesnis. Toliau pateikiame mechanines, elektrines ir kitas ANV savybes, lygindami jas su kitomis, įprastomis medžiagomis, naudojamomis atitinkamose srityse. Pirmiausia, apžvelgsime mechanines savybes. Medžiagos mechaninės savybės yra vienas iš svarbiausių medžiagos parametrų. Žemiau pateikta skirtingų medžiagų mechaninių savybių palyginimo lentelė (1 lent.). Lentelėje pateiktos konstrukcinių elementų gamyboje, elektronikoje ir elektrotechnikoje dažniausiai naudojamų medžiagų mechaninės savybės (Solidworks d. b.), (Rees, 2009; Ruoff et al., 2003; Fisher et al., 2012).

1 lentelė

Medžiagų mechaninės savybės

Medžiaga	Tankis $\rho, \frac{kg}{m^3}$	Tamprumo modulis $E, GPa$	Šlyties modulis $G, GPa$	Puasono koef. $\nu$	Takumo riba $\sigma_y, MPa$	Stiprumo riba $\sigma_u, MPa$
ANV	1330 – 1400	450– 1800	500	0,06– 0,20	–	11000– 63000
Plienas S235JR	7800	210	79	0,28	235	360
Varis	8900	120	47	0,34	200	250
Aliuminis	2700	70	27	0,39	50	80
Grafitas	2240	4,8	–	0,28	–	100
Sidabras	11000	78	29	0,37	150	180
Auksas	19000	79	27	0,42	80	120

Anglies nano vamzdelių medžiaga pasižymi specifinėmis elektrinėmis savybėmis. Šios savybės priklauso nuo vamzdelių skersmens, jų vyniojimo kampo ir spindulio kombinacijos. Žemiau esančioje lentelėje yra pateiktos



šiam darbe lyginamų medžiagų ir anglies nano vamzdelių elektrinių savybių vertės (2 lentelė) (Thess et. al., 1996; Che et. al., 2000; Pascual, 2010).

2 lentelė

Medžiagų elektrinės savybės

Medžiaga	Savitoji el. varža $\rho$ ( $\Omega\text{m}$ ), (20 °C)	Elektrinis laidumas ( $10^6$ S/m)	Šiluminis laidumas W/(Km)	Temperatūrinis koeficientas $10^{-3} \text{K}^{-1}$	Srovės tankis A/mm <sup>2</sup>
ANV	15 m $\Omega\text{m}$ (teorinis), 775 m $\Omega\text{m}$ (praktinis)	100	6000 (teorinis), 3500 (praktinis)	-0,2	100 MA/cm <sup>2</sup> (teorinis) 10,4 (praktinis)
Varis	16,78 n $\Omega\cdot\text{m}$	58,5	400	3,81	4,2
Aliuminis	28,2 n $\Omega\cdot\text{m}$	36,9	235	4,29	0,804
Grafitas	Nuo 2,5 iki 5,0 $\mu\Omega\cdot\text{m}^*$ ir 3,0 m $\Omega\cdot\text{m}^{**}$	Nuo 20 iki 30* ir 0,00033**	168	$1,3\cdot 10^{-5} \text{K}^{-1}$	–
Sidabras	15,9 n $\Omega\cdot\text{m}$	62,1	430	4,10	–
Auksas	24,4 n $\Omega\cdot\text{m}$	44,2	320	3,98	–

\* – lygiagrečiai pagrindo plokštumai; \*\* – statmenai pagrindo plokštumai.

Pagal moksliniuose straipsniuose paminėtas ANV panaudojimo sritis matome, kad jų pritaikymo sritys yra įvairios. Vienasienių anglies nanovamzdelių įvairių savybių palyginimas su skirtingų medžiagų savybėmis pateiktas žemiau esančioje lentelėje (3 lentelė) (Valiulis, 2005).

3 lentelė

ANV įvairių savybių palyginimas

Savybė	Parametro dydis	Savybių palyginimas su kitomis medžiagomis
Matmenys	Skersmuo 0,6–1,8 nm	Elektronų spindulio litografija gali sukurti 50 nm pločio ir keletos nanometrų storio linijas
Tankis	1330–1400 kg/m <sup>3</sup>	Aliuminio tankis – 2700 kg/m <sup>3</sup>
Stiprumo riba	~ 45 GPa	Legiruotojo plieno stiprumo riba ~ 2 GPa
Šiluminis laidumas	6000 W/m · K (20 °C)	Deimanto ~ 3320 W/m · K
Temperatūrinis stabilumas	Vakuume ANV stabilus iki 2800 °C, ore – iki 750 °C	Metalinės vielos mikroschemose lydosi 600 – 1000 °C temperatūroje

Srovės tankis	~1 GA/cm <sup>2</sup>	Vario viela lydosi tekant 1 MA / cm <sup>2</sup> elektros srovei
Tamprumas	Galima sulenkti bet kokių kampu ir ištiesinti nepadarius žalos vamzdeliui	Stipriai sulenkti metalo ir anglies siūlai trūkinėja per grūdelių ribas

**Išvados.** Anglies nanovamzdelių pritaikymas elektros varikliuose, transformatoriuose leistų sumažinti šių įrenginių svorį bei dydį, nesumažinant jų galios. ANV pasižymi aukštesnėmis darbinėmis temperatūromis, mažesniais šiluminiais nuostoliais negu varis ir rekordiškai dideliu perduodamu srovės tankiu, todėl pritaikius šią medžiagą elektros ir elektronikos įrenginiuose galima žymiai pagerinti jų efektyvumą nepadidinus dydžio parametru. Platesnių praktinių anglies nanovamzdelių pritaikymo galimybių galima sulaukti sumažinus šios medžiagos gamybos kainas, kad ji būtų konkurencinga lyginant su vario ir aliuminio kainomis.

## Literatūra

- Ruoff R. S., Qian D., Liu W. K. 2003. Mechanical properties of carbon nanotubes: theoretical predictions and experimental measurements. *Comptes Rendus Physique*, 4 (9), 993–1008.
- Iijima S. 1991. Helical microtubules of graphitic carbon. *Nature*, 354, 56–58.
- Tamulevičius S., Laukaitis G., Prosičevs I. 2004. Fizikiniai medžiagų tyrimo metodai: mokomoji knyga. Kaunas: Technologija.
- Fisher U., Gomeringer R., Heizler M. et al. 2012. *Mechanical and Metal Trades Handbook*. Verlag Europa Lehrmittel: Germany.
- Rees D. W. A. 2009. *Mechanics of Optimal Structural Design: Minimum Weight Structures*.
- Valiulis A. V. 2005. *Naujos medžiagos*. Vilnius: Technika.
- Thess A., Lee R., Nikolaev P. et al. 1996. Crystalline Ropes of Metallic Carbon Nanotubes, *Science*, 273 (5274), 483–487.
- Che J. W., Cagin T., Goddard A. W. 2000. Thermal conductivity of carbon nanotubes. *UK : Nanotechnology*, 11 (2), 65–69.
- Pascual A. M. D., M. N. 2010. High Performance PEEK/carbon nanotube composites compatibilized with polysulfones-II, *Mechanical and Electrical properties*. *Carbon*, vol. 48, 3500–3511.
- Jorio A., Dresselhaus G., Dresselhaus M. S. 2008. *Carbon Nanotubes – Advanced Topics in the Synthesis, Structure, Properties and Applications*. SolidWorks medžiagų savybių duomenų bazė.
- Kavaliauskas Ž. 2010. Superkondensatorių su anglies elektrodais, suformuotais iš elektrolankinio išlydžio argono-aceteleno plazmos, tyrimas. Daktaro disertacija, Fiziniai mokslai, fizika.
- Naidu P. K., Pulagara N. V., Dondapati R. S. 2014. Carbon Nanotubes in Engineering Applications: A Review. *Progress in Nanotechnology and Nanomaterials*, 3 (4), 79–82.
- Pyrhönen J., Vauterin J., Montonen J., Lindh P. 2015. At the cusp of the next electric motor revolution: replacing copper with carbon nanomaterials. EEMODS 2015 Conference, Helsinki.
- Thiele C., Carbon R. D. 2010. *Nanotubes and Graphene for Electronics Applications 2010–2020 Technologies, Players & Opportunities*. IDTechEx, United Kingdom.

## KOKIOS APLINKOS SĄLYGOS PALANKIAUSIOS MAURABRAGINIAMS DUMBLIAMS KURŠIŲ MARIOSE?

Martynas Bučas<sup>1</sup>, Zofija Sinkevičienė<sup>2</sup>, Marija Kataržytė<sup>1</sup>,  
Diana Vaičiūtė<sup>1</sup>, Jolita Petkuvienė<sup>3</sup>, Raimonda Ilginė<sup>3</sup>,  
Vaiva Stragauskaitė<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Jūros mokslų ir technologijų centras, Klaipėda, <sup>2</sup>Gamtos tyrimų centro Botanikos institutas, Vilnius, <sup>3</sup>Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų atviros prieigos centras, Klaipėda, <sup>4</sup>Lietuvos jūrų muziejus, Klaipėda  
*martynas.bucas@jmtc.ku.lt*

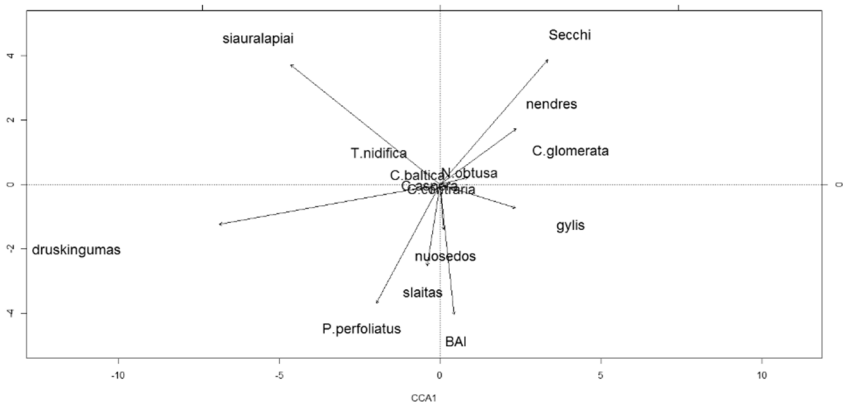
**Įvadas.** Maurabraginiai dumbliai (*Characeae*) yra svarbus ekosistemos elementas (Dugdale et al., 2006; Schmieder et al., 2006), palaiko vandens skaidrumą ir gerą ekologinę būklę. Daugiausia su aplinkos veiksnių poveikiu maurabraginių dumblių augavietėms susijusių tyrimų yra žinoma tik iš Baltijos jūros šiaurinės ir pietinės dalies vandenų (Steinhardt et al., 2009; Rosqvist et al., 2010; Kovtun et al., 2011; Pitkänen et al., 2013; Torn et al., 2015), tačiau labiausiai trūksta duomenų iš didžiausių lagūnų. Analizuojant ryšius tarp maurabraginių dumblių ir aplinkos veiksnių, sąlyginai mažas dėmesys buvo skiriamas biotinėms sąveikoms.

Šio tyrimo tikslas buvo įvertinti potencialių abiotinių ir biotinių aplinkos veiksnių svarbą formuojant erdvinį maurabraginių dumblių pasiskirstymą bei gausumą estuarinėje lagūnoje (Kuršių mariose).

**Metodai.** Makrofitų kartografavimas atliktas 166 taškuose palei rytinį ir vakarinį lagūnos krantus, 2014–2015 m. liepos–rugsėjo periodu. Makrofitų mėginiams paimti naudotas dvigubai dantytas graibštas. Dalis aplinkos veiksnių buvo matuoti *in situ* (gylis, vandens temperatūra, skaidrumas, maistinių medžiagų koncentracija, dominuojančių makrofitų gausumas), kita dalis duomenų gauta iš žemėlapių (nuosėdų dalelių dydis) arba modelių (vandens druskingumas, bangų atvirumo indeksas). Empiriniai ryšiai tarp maurabraginių dumblių (pasiskirstymo bei gausumo) ir aplinkos veiksnių buvo analizuojami kanoninės korespondentinės analizės (*angl.* canonical corespondence analysis) metodu. Maistinių medžiagų koncentracijos stipriai koreliavo tarpusavyje ir su kitais veiksniais (pvz., druskingumu), todėl buvo pašalintos iš statistinės analizės.

**Rezultatai.** Pagal daugiamatės analizės rezultatus vandens druskingumas ir bangų poveikis buvo svarbiausi aplinkos veiksniai, paaiškinantys

maurabraginių dumblių pasiskirstymo ir gausumo dėsningumus Kuršių mariose (1 pav.). Druskingumo gradientas riboja druskiamėgių rūšių (ypač *Chara baltica* ir *Tolypella nidifica*) ir gėlavandenių rūšių (ypač *Nitellopsis obtusa*) pasiskirstymą. Buvo nustatytas teigiamas ryšys tarp vyraujančios rūšies *C. contraria* gausumo bei pasiskirstymo ir druskiamėgės *T. nidifica* gausumo ir bangų poveikio ir su juo susijusiais netiesioginiais veiksniais (dugno šlaito nuolydžiu ir dugno nuosėdų dalelių dydžiu).



1 pav. Kanoninės korespondentinės analizės pirmosios (x ašyje) ir trečiosios (y ašyje) komponentų diagrama su 5 maurabraginių dumblių rūšių aptinkamumu ir aplinkos veiksniais (vektoriai): gylis, druskingumas, Secchi disko gylis (Secchi), nuosėdų dalelių dydis (nuosėdos), dugno šlaito nuolydis (slaitas), bangų atvirumo indeksas (BAI), nendrių juostos plotis (nendres), siauralapių makrofitų gausumas (siauralapiai), permautalapės plūdės gausumas (*P.perfoliatus*) ir žaliaskarės maurarykštės gausumas (*C.glomerata*).

Panašiai kaip ir abiotiniai veiksniai, biotiniai veiksniai atskirai paaiškino mažiau nei 10 % maurabraginių dumblių pasiskirstymo bei gausumo dispersijos, tačiau nebuvo reikšmingos sąveikos tarp jų ir gautasėklių gausumo ar nendrių juostos pločio. Pastarieji du biotiniai veiksniai buvo susiję su abiotiniais veiksniais – tai patvirtino hipotezę, kad abiotiniai veiksniai poveikis yra svarbesnė negu biotinių.

Santykinai maža aplinkos veiksnių poveikiu paaiškinta maurabraginių dumblių pasiskirstymo bei gausumo dispersijos dalis (atitinkamai 28 ir 19 %) rodo panašaus pobūdžio tyrimų reikalingumą, apimančių ir aukštesnės rezoliucijos duomenis, kitų svarbių veiksnių įtraukimą ir tyrimų išplėtimą visos Baltijos jūros lygiu.

**Padėka.** Dėkojame Aplinkos apsaugos agentūros Jūrinių tyrimų departamentui už suteiktus maistinių medžiagų duomenis ir Jovitai Mėžinei už modeliuotus druskingumo duomenis. Projektas (Nr. VAT-MIP-040/2014) finansuotas Lietuvos mokslų tarybos.

## **Literatūra**

- Dugdale T.M., Hicks B.J., de Winton M., Taumoepeau A. 2006. Fish exclosures versus intensive fishing to restore charophytes in a shallow New Zealand lake. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 16, 193–202.
- Kovtun A., Torn K., Martin G. et al. 2011. Influence of abiotic environmental conditions on spatial distribution of charophytes in the coastal waters of West Estonian Archipelago, Baltic Sea. *Journal of Coastal Research SI64*, 412–416 p.
- Pitkänen H., Peuraniemi M., Westerborn M. et al. 2013. Long-term changes in distribution and frequency of aquatic vascular plants and charophytes in an estuary in the Baltic Sea. *Annales Botanici Fennici* 50(SA), 1–54.
- Rosqvist K., Mattilaa J., Sandström A. et al. 2010. Regime shifts in vegetation composition of Baltic Sea coastal lagoons. *Aquatic Botany*, 93, 39–46.
- Schmieder K., Werner S., Bauer H.-G. 2006. Submersed macrophytes as a food source for wintering waterbirds at Lake Constance. *Aquatic Botany*, 84, 245–250.
- Steinhardt T., Selig U. 2009. Comparison of recent vegetation and diaspore banks along abiotic gradients in brackish coastal lagoons. *Aquatic Botany*, 91 (1), 20–26.
- Torn K., Kovtun-Kante A., Herkül K. et al. 2015. Distribution and predictive occurrence model of charophytes in Estonian waters. *Aquatic Botany*, 120, 142–149.

## KAIP VERTINAMAS MAKROFAUNOS JAUTRUMAS IR KOKS JO TIKSLUMAS?

**Romualda Chuševė<sup>1</sup>, Darius Daunys<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Gamtos mokslų katedra, Klaipėda, <sup>2</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Jūros mokslų ir technologijų centras, Klaipėda  
*romualda.chuseve@jmtc.ku.lt*

**Įvadas.** Makrozoobentosas seniai naudojamas jūrinių ekosistemų būklei vertinti (Borja et al., 2000), o makrozoobentosos rodikliais pagrįsti indeksai yra privalomi ir jūrų bei priekrantės vandenų būklės vertinime pagal naujausias aplinkosauginės Europos Sąjungos iniciatyvas: ES Vandens Politikos (2000/60/EC) ir Jūros Strategijos Pagrindų Direktyvas (2008/56/EC). Dugno faunos rūšių jautrumas yra viena svarbiausių būklės indeksų sudedamoji dalis, kuriai apibūdinti dažniausiai naudojamas ekspertinis vertinimas (AMBI, Borja et al., 2000; BENTIX, Simboura, Zenetos, 2002). Bentoso kokybės indeksas (BQI) (Rosenberg et al., 2004; Leonardsson et al., 2009) yra vienintelis rodiklis, kuriame rūšies jautrumas nustatomas skaitiniais metodais, nesikliaujant ekspertiniu vertinimu. Baltijos jūros pavyzdžiu jau parodyta, kad makrozoobentosos rūšių jautrumas priklauso nuo vandens druskingumo (Zettler, 2007) ir organinės medžiagos kiekio nuosėdose (Zettler et al., 2013). Bentoso rūšių jautrumo vertės buvo skaičiuojamos skirtinguose Baltijos jūros regionuose (Rosenberg et al., 2004; Zettler, 2007), skirstant juos pagal druskingumą, gylio klases ir mėginių surinkimo įrankių tipus (Schiele et al., 2016).

Rūšies jautrumą lemia ne tik jos biologinės savybės, bet ir gamtinės sąlygos. Taip pat rūšies atsakas į poveikį priklauso nuo poveikio tipo bei intensyvumo, o jį aprašančios jautrumo vertės ir nuo jų nustatymui naudotos informacijos (t. y. duomenų rinkinio) pilnumo. Šio tyrimo tikslas buvo patikrinti rūšių jautrumo verčių pokyčius keičiantis i) gylio gradientui, ii) bendrijų struktūrai ir iii) antropogeninio poveikio tipui. Tyrimo metu buvo tikrinamas metodo patikimumas nustatant vertes skirtingose gyliuose bei naudojant skirtingus pradinis duomenų rinkinius iš natūralių ir paveiktų vietų.

**Metodai.** Makrozoobentosos rūšių jautrumo analizei buvo panaudoti ilgamečiai pietrytinės Baltijos bentoso gausumo ir rūšinės sudėties duomenys, apimantys laikotarpį nuo 1995 iki 2015. Mėginiai buvo renkami minkštuose gruntuose 13–70 m gylyje Van Veen gruntotraukiu (0,1 m<sup>2</sup>) turinį plaunant pro 0,5 mm akies dydžio sietą. Mėginiai analizuoti pagal HELCOM rekomendacijas (HELCOM, 2012). Visoms jautrumo verčių priklausomybės

analizėms buvo naudoti skirtingi duomenų rinkiniai: i) gylio gradiento, ii) bendrijų struktūros (išskirtos pagal taksono, kurio santykinė biomasė 40 % ir daugiau) iii) antropogeninio poveikio tipo. Gylio gradientui – makrozoobentosos mėginiai surinkti iš 13–70 m gylių intervalo, kuris, remiantis makrozoobentosos rūšine struktūra, sutinkamumu, gausumu ir biomasės duomenimis, buvo suskirstytas į 13–30 m (n=49), 31–50 m (n=50), 51–70 m (n=40). Bendrijų rūšinės sudėties poveikio jautrumui analizei naudoti dviejų priekrantės (13–30 m) dominuojančių makrozoobentosos bendrijų duomenys – dvigeldžio moliusko *Macoma balthica* (n=54) ir daugiašerės kirmėlės *Marenzelleria spp.* (n=51). Antropogeninio poveikio analizei buvo naudoti grunto pylimo (40–50 m gyliai, n=118) ir dugno tralavimų (60–70 m gyliai, n=48) rajonuose surinktų mėginių informacija – rūšių gausumai ir įvairovė. Geriausiu dämpingo poveikio indikatoriumi buvo laikomas daugiašerės kirmėlės *P. elegans* reikšmingas gausumo sumažėjimas (Olenin, 1992). Naudojantis R v3 statistine programa (R-project, 2014) buvo skaičiuojamas kiekvieno mėginio Hurlberto indeksas (ES50) ir makrofaunos rūšių jautrumo vertės (ES50\_005) (Rosenberg et al., 2004; Leonardsson et al., 2009).

**Rezultatai.** Gylio gradiento poveikis makrozoobentosos rūšių jautrumo vertėms. Viso tyrimo metu jautrumo vertės buvo apskaičiuotos 16 makrozoobentosos rūšių naudojant duomenų rinkinius iš 13–30 m, 31–50 m, 51–70 m gylio intervalų. Statistiškai reikšmingas skirtumas buvo rastas tarp jautrumo verčių, gautų iš duomenų rinkinių 13–30 ir 51–70 m gylio intervalų (Vilkoksono rangų ženklų testas,  $p=0,0001$ ), bei tarp jautrumo verčių, gautų iš duomenų rinkinių 31–50 m ir 51–70 m gylio intervalų (Vilkoksono rangų ženklų testas,  $p=0,0001$ ).

Jautrumo vertės, gautos iš duomenų rinkinio priekrantėje (gylio intervalas 13–30 m), buvo paskaičiuotos 14 makrozoobentosos rūšių, tarp kurių didžiausias vidutinis gausumas buvo būdingas daugiašerėms kirmėlėms *Pygospio elegans* ( $548\pm 105$  ind  $m^{-2}$ ) ir *Marenzelleria spp.* ( $1556\pm 242$  ind  $m^{-2}$ ) bei mažaišerei *Oligochaeta undet* ( $847\pm 213$  ind  $m^{-2}$ ). Šiame gylio intervale mažiausios jautrumo vertės buvo rastos spionidams *P. elegans* (4,2), *Marenzelleria spp.*, (4,6), ir *Hediste diversicolor* (4,9), o didžiausios – pilvakojui *Hydrobia sp.* (6,5) ir daugiašerei kirmėlei *Bylgides sarsi* (6,5) (1 lent.). Jautrumo vertės gautos iš duomenų rinkinio 31–50 m gyliams buvo apskaičiuotos taip pat 14 makrozoobentosos rūšių. Mažiausios vertės šiame gylio intervale buvo rastos daugiašerėms kirmėlėms *P. elegans* (4,6), *Marenzelleria spp.* (4,6), priapulidui *Halicryptus spinulosus* (4,3) ir didžiausios – dvigeldžiui moliuskui *Cerastoderma glaucum* (6,9) bei vėžiagyviui *Corophium volutator* (6,6) (1 lent.). Jautrumo vertės gautos iš duomenų rinkinio haloklino zonoje (51–70 m gylio intervalas) buvo

apskaičiuotos 9 makrozoobentosos rūšims. Mažiausios jautrumo vertės šiame gylio intervale buvo rastos daugiašerėms kirmėlėms *Marenzelleria* spp., (3,5), *B. sarsi* (3,5) ir dvigeldžiui moliuskui *M. balthica* (3,8), o didžiausios – kiautavėžiui *Ostracoda* undet (4,6) bei šoniplaukai *M. affinis* (4,5) (1 lent.).

Tyrimo metu nebuvo rasta makrozoobentosos rūšių, turinčių pastovias jautrumo reikšmes keičiant duomenų rinkinius iš visų gylio intervalų (13–70 m). Jautrumo vertės bentos rūšims *Marenzelleria* spp., *P. elegans*, *M. balthica*, *Oligochaeta* undet, *S. entomon*, *M. arenaria* gautos iš duomenų rinkinių 13–50 m gylio intervale kito mažai ( $\pm 0,4$ ) (1 lent.). Kitoms rūšims kaip *H. spinulosus*, *B. sarsi* (gylio intervale 13–50 m) ir *Ostracoda* undet, *M. affinis* (31–50 m gylio intervale) jautrumo vertės buvo didesnės palyginus su vertėmis paskaičiuotomis iš duomenų rinkinio haloklino zonoje (51–70 m gylio). *H. diversicolor* (+1,5), *C. volutator* (+1,1) ir *C. glaucum* (+1,2) rūšims jautrumo vertės buvo didesnės priekrantėje palyginus su 31–50 m gylio intervalu. Mažesnės jautrumo vertės visoms tirtoms rūšims buvo rastos 51–70 m gyliuose, nei 31–50 m gylio intervale. Didžiausi sumažėjimai buvo būdingi daugiašerei kirmėlei *B. sarsi* (–1.8), dvigeldžiui moliuskui *M. balthica* (–1.2) ir spionidui *Marenzelleria* spp. (–1.1) (1 lent.).

1 lentelė

Rūšių jautrumo vertės skirtingoms gylio zonoms

Rūšys/taksonas	Rūšių jautrumas 13–30 m gylio intervale (n=49)	Rūšių jautrumas 31–50 m gylio intervale (n=50)	Rūšių jautrumas 51–70 m gylio intervale (n=40)
<i>Marenzelleria</i> spp.	4,6	4,6	3,5
<i>Pygospio elegans</i>	4,2	4,6	3,9
<i>Macoma balthica</i>	5,3	5,0	3,8
<i>Oligochaeta undet</i>	4,9	4,6	4,0
<i>Halicryptus spinulosus</i>	4,7	4,3	3,8
<i>Bylgides sarsi</i>	6,5	5,3	3,5
<i>Saduria entomon</i>	5,8	5,4	4,0
<i>Mya arenaria</i>	5,3	5,5	-
<i>Hediste diversicolor</i>	4,9	6,4	-
<i>Corophium volutator</i>	5,7	6,6	-
<i>Cerastoderma glaucum</i>	5,7	6,9	-
<i>Hydrobia</i> sp.	6,5	6,4	-
<i>Bathyporeia pilosa</i>	5,3	-	-
<i>Streblospio shrubsoli</i>	5,8	-	-
<i>Ostracoda undet</i>	-	5,3	4,6
<i>Monoporeia affinis</i>	-	5,4	4,5
Jautrumo verčių intervalai	4,2–6,5	4,6–6,9	3,5–4,6



**Bendrijų rūšinės sudėties poveikis makrozoobentosos rūšių jautrumo vertėms.** Dvigeldžio moliusko *Macoma balthica* bendrijoje iš viso buvo rasta 17 makrozoobentosos rūšių, iš kurių jautrumo vertės buvo apskaičiuotos 14 rūšių (13–30 m gylio intervalo duomenų rinkiniui). Rūšių skaičius mėginiuose svyravo nuo 5 iki 11, kur didžiausias vidutinis gausumas buvo rastas daugiašerėms kirmėlėms *Marenzelleria* spp. ( $1435 \pm 213$  ind  $m^{-2}$ ), *P. elegans* ( $438 \pm 84$  ind  $m^{-2}$ ) ir mažašeriai *Oligochaeta* undet ( $736 \pm 196$  ind  $m^{-2}$ ). Didžiausias sutinkamumas rastas *Marenzelleria* spp. (99 %), *Hediste diversicolor* (99 %) ir *P. elegans* (98 %) bei *Oligochaeta* undet (98 %). Daugiašerės kirmėlės *Bylgides sarsi* ir piapulido *Halicryptus spinulosus* sutinkamumas siekė 18 %, o lygiakojų *Saduria entomon* bei šoniplaukų *Gammarus* spp. tik 7 %. Šioje bendrijoje mažiausios jautrumo reikšmės buvo rastos tolerantiškoms daugiašerėms kirmėlėms *Marenzelleria* spp. (4,1), *P. elegans* (4,5), o didžiausios jautrioms rūšims – pilvakojui *Hydrobia* sp. (5,9), daugiašerei kirmėlei *Streblospio shrubsolii* (5,8) ir dvigeldžiui moliuskui *Cerastoderma glaucum* (5,7). Rūšių jautrumas kito nuo 4,1 iki 5,9 (2 lent.).

2 lentelė

Rūšių jautrumo vertės pagal duomenų rinkinius iš skirtingų dominuojančių bendrijų (*Macoma balthica* ir *Marenzelleria* spp. 13–30 m gylio intervale)

Rūšys/taksonas	Rūšių jautrumo vertės <i>Macoma balthica</i> bendrijoje (n=54)	Rūšių jautrumo vertės <i>Marenzelleria</i> spp. bendrijoje (n=51)	Rūšių jautrumo verčių skirtumas tarp bendrijų
<i>Marenzelleria</i> spp.	4,1	1,9	2,2
<i>Pygospio elegans</i>	4,5	3,0	1,5
<i>Macoma balthica</i>	4,9	3,0	1,9
<i>Mya areanaria</i>	4,9	3,9	1,0
<i>Hediste diversicolor</i>	5,2	1,9	3,3
<i>Oligochaeta undet</i>	5,2	2,8	2,4
<i>Cerastoderma glaucum</i>	5,7	2,9	2,8
<i>Corophium volutator</i>	5,7	2,1	3,6
<i>Hydrobia</i> sp.	5,9	2,9	3,0
<i>Bathyporeia pilosa</i>	5,3	4,0	1,3
<i>Halicryptus spinulosus</i>	4,7	2,9	1,8
<i>Bylgides sarsi</i>	5,2		
<i>Saduria entomon</i>	5,8		
<i>Streblospio shrubsolii</i>	5,8		
Jautrumo verčių intervalai	4,1–5,9	1,9–4,0	

Daugiašerės kirmėlės *Marenzelleria* spp. bendrijoje iš viso buvo rasta 13 makrozoobentosos rūšių, iš kurių jautrumo vertės buvo apskaičiuotos 11 rūšių

(12–29 m gylio intervalo duomenų rinkiniui). Rūšių skaičius mėginiuose svyravo nuo 2 iki 9, kur didžiausias vidutinis gausumas buvo rastas daugiašerėms kirmėlėms *Marenzelleria* spp. ( $830 \pm 336$  ind  $m^{-2}$ ) ir *Pygospio elegans* ( $438 \pm 287$  ind  $m^{-2}$ ). Didžiausias sutinkamumas rastas spionidams *Marenzelleria* spp. (100 %) ir *P. elegans* (74 %), bei kirmėlėms *H. diversicolor* (67 %), *Oligochaeta undet* (60 %), o mažiausias – dvigeldžiui *C. glaucum* (17 %), vėžiagyviui *C. volutator* (17 %) ir priapulidui *H. spinulosus* (16 %). Palyginus dvigeldžio moliusko *M. balthica* bendrijos rūšinę įvairovę, *Marenzelleria* spp. bendrijose nebuvo rasta trijų makrozoobentoso rūšių – lygiakojo *Saduria entomon*, daugiašerių kirmėlių *Bylgides sarsi*, *Streblospio shrubsolii*. Šioje bendrijoje mažiausios jautrumo vertės nustatytos tolerantiškoms daugiašerėms kirmėlėms – *H. diversicolor* (1,9), *Marenzelleria* spp. (1,9) ir vėžiagyviui *C. volutator* (2,1), o didžiausios jautrioms rūšims – dvigeldžiui moliuskui *M. arenaria* (3,9) ir šoniplaukai *Bathyporeia pilosa* (4,0). Rūšių jautrumo verčių intervalas kito nuo 1,9 iki 4,0 (2 lent.).

Tirtose makrozoobentoso bendrijose rūšių jautrumo vertės statistiškai reikšmingai skyrėsi (Vilkoksono rangų ženklų testas,  $p=0,0001$ ), tačiau jautrumo verčių intervalai buvo panašūs (2 lent.). Didžiausi rūšių jautrumų skirtumai bendrijose buvo nustatyti vėžiagyviui *C. volutator* (3,6), daugiašerei kirmėlei *H. diversicolor* (3,3) ir *Hydrobia* sp. (3,0), o mažiausi – dvigeldžiui moliuskui *M. arenaria* (1,0), šoniplaukai *Bathyporeia pilosa* (1,3), ir daugiašerei *P. elegans* (1,5).

#### **Makrozoobentoso rūšių jautrumas grunto pylimo poveikiui.**

Dampingo rajone nustatyta 16 makrozoobentoso rūšių, iš kurių pagal biomasę dominavo moliuskas *Macoma balthica*.

Naudojantis nMDS ordinacija pagal daugiašerės *Pygospio elegans* kirmėlės reikšmingą gausumo sumažėjimą (Vilkoksono rangų ženklų testas,  $p=0,0001$ ) išskirtos foninės ( $511 \pm 47$  ind  $m^{-2}$ ,  $n=37$ ) ir poveikio vietos ( $36 \pm 6$  ind  $m^{-2}$ ,  $n=81$ ) (2002–2012 m). Poveikio vietose vidutinis makrozoobentoso gausumas ( $48 \pm 6$  ind  $m^{-2}$ ) reikšmingai skyrėsi nuo foninių vietų rūšių vidutinio gausumo ( $106 \pm 6$  ind  $m^{-2}$ ,  $t=5,54$ ,  $p=0,0001$ ,  $n=118$ ), tačiau rūšinė įvairovė kito nežymiai – foninėse vietose rasta 13 rūšių, poveikio – 10 rūšių.

Makrozoobentoso rūšių jautrumo vertės buvo apskaičiuotos 8 rūšims. Šešių rūšių jautrumų vertės, apskaičiavus jas pagal poveikio ir foninių vietų duomenis buvo statistiškai reikšmingai mažesnės (Vilkoksono rangų ženklų testas,  $p=0,027$ ) lyginant su jautrumo vertėmis, nustatytomis tik foninėse vietose. Daugiašerės kirmėlės *P. elegans* ir *Ostracoda undet* jautrumo vertės nekito keičiantis duomenų rinkiniams. Jautrumo verčių intervalai nustatyti foninėms (4,1–4,9) ir visoms tyrimų vietoms (3,7–4,8) buvo panašūs (3 lent.).

**Makrozoobentosos rūšių jautrumas dugninių tralavimų poveikiui.** Dugninių tralavimų rajone makrozoobentosos bendrijas sudarė 7 makrofaunos rūšys. Remiantis nMDS ordinacijos rezultatais pagal makrozoobentosos rūšinę sudėtį išskirtos 27 foninės ir 21 poveikio vietos (2015 m). Poveikio vietose vidutinis rūšių gausumas ( $11 \pm 1$  ind  $m^{-2}$ ) buvo statistiškai reikšmingai mažesnis (Vilkoksono rangų ženklų testas,  $p=0,0001$ ) negu kontrolės vietose ( $28 \pm 3$  ind  $m^{-2}$ ). Jautrumo vertės apskaičiuotos šešioms rūšims (3 lent.). Visų rūšių jautrumų vertės buvo statistiškai reikšmingai mažesnės (Vilkoksono rangų ženklų testas,  $p=0,027$ ) skaičiuojant jas pagal bendrą duomenų rinkinį visoms tyrimų vietoms (poveikio ir foninėms) ir lyginant su jautrumo vertėmis, nustatytomis tik foninėse vietose. Keičiant duomenų rinkinius didžiausi jautrumo verčių pokyčiai buvo būdingi *M. affinis*, *B. sarsi*, *M. balthica* ir *H. spinulosus* rūšims. Skirtingai nuo šių rūšių, kiaušavėžiams *Ostracoda undet* ir daugiašerei kirmėlei *Marenzelleria* spp. jautrumo vertės keičiant duomenų rinkinius nepakito. Rūšių jautrumo verčių intervalai nustatyti remiantis duomenimis iš foninių (2,0–3,9) ir visų (poveikio ir foninių) vietų (1,0–2,3) buvo panašūs (3 lent.).

3 lentelė

Rūšių jautrumo vertės pagal skirtingus pradinį duomenų rinkinius dviem antropogeninio poveikio tipams

Rūšys/taksonas	Grunto pylimo rajonas		Dugno tralavimų rajonas	
	Rūšių jautrumas foninėse vietose	Rūšių jautrumas poveikio ir foninėse vietose	Rūšių jautrumas foninėse vietose	Rūšių jautrumas poveikio ir foninėse vietose
<i>Macoma balthica</i>	4,2	3,7	3,0	2,0
<i>Marenzelleria</i> spp.	4,1	3,9	2,0	2,0
<i>Saduria entomon</i>	4,5	3,9	-	-
<i>Oligochaeta undet</i>	4,5	4,1	-	-
<i>Pygospio elegans</i>	4,1	4,1	-	-
<i>Ostracoda undet</i>	4,5	4,5	2,0	2,0
<i>Bylgides sarsi</i>	4,9	4,8	2,0	1,0
<i>Halicryptus spinulosus</i>	4,9	4,8	3,0	2,0
<i>Monoporeia affinis</i>	-	-	4,9	3,5
Jautrumo verčių intervalai	4,1–4,9	3,7–4,8	2,0–4,9	1,0–3,5

**Rezultatų aptarimas ir išvados.** Indikatoriaus sėkmingas panaudojimas remiantis rūšių jautrumo vertėmis priklauso nuo jautrumo verčių patikimumo (Leonardsson et al., 2015) ir pradinio makrozoobentosos gausumo duomenų rinkinio, iš kurio vertės išskaičiuojamos (Chuševė ir Daunys, 2017). Rūšių

vertinimas keičiantis gyliui parodė, kaip rūšių jautrumas kinta gamtinėse sąlygose nesant antropogeninio poveikio. Daugeliui makrozoobentosos rūšių jautrumo vertės kito paklaidų ribose iki haloklino zonos (50 m), išskyrus sekliavandenės priekrantės rūšis, tokias kaip dvigeldis moliuskas *Cerastoderma glaucum* ar vėžiagyvis *Corophium volutator*, kurių jautrumas ženkliai padidėja nuo priekrantės iki didesnių gylių (iki 50 m) (1 lent). Gilesnei zonai būdingų rūšių jautrumo vertės ženkliai sumažėja ties haloklino viršutine riba (51–70 m), kur įprastai sutinkamos tolerantiškos rūšys – daugiašerės kirmėlės *P. elegans* bei *Marenzelleria* spp. ir jautrūs deguonies stygiui kiautavėžiai *Ostracoda undet* ir šoniplaukos *Monoporeia affinis*. Dviejų skirtingų bendrijų priekrantėje rūšinė struktūra ir pasiskirstymas parodė reikšmingą įtaką rūšių jautrumo vertinimui. Rastų rūšių jautrumai abiejuose bendrijose (*M. balthica* ir *Marenzelleria* spp.) statistiškai reikšmingai skyrėsi. Antropogeninio poveikio (grunto pylimo ir dugninio tralavimo) makrozoobentosos rūšių jautrumui tyrimas parodė didelius tos pačios rūšies jautrumo verčių skirtumus keičiantis antropogeniniam poveikiui ir gyliui. Taip pat daugiau negu pusei tirtų rūšių jautrumo vertės sumažėjo keičiant duomenų rinkinius tiek grunto pylimo, tiek tralavimo tyrimo rajonuose. Tolerantiškų rūšių jautrumo vertės buvo priklausomos nuo poveikio tipo vietų, kai tuo tarpu jautrios rūšys į šį efektą nereagavo.

Šio tyrimo rezultatai rodo, jog indekso taikymo sėkmė ir įvertintos galutinės vandens būklės tikslumas gali būti tiesiogiai susiję su tuo, kokiems antropogeniniams poveikiams, gylio zonai ar bendrijos struktūrai nustatyti makrozoobentosos rūšių jautrumai. Naudojant bentoso kokybės indeksą (*angl.*, BQI) pietrytinės Baltijos jūros dalies būklės vertinime rekomenduotina naudoti atrinktus duomenų rinkinius su patikimomis rūšių jautrumo vertėmis atsižvelgiant į gamtines sąlygas, bendrijų rūšinę sudėtį bei atskirus antropogeninius poveikius.

## Literatūra

- Borja A., Franco J., Perez V. 2000. A Marine Biotic Index to Establish the Ecological Quality of Soft-Bottom Benthos Within European Estuarine and Coastal Environments. *Marine Pollution Bulletin*, 40 (12), 1100–1114.
- Chuševė R., Daunys D. 2017. Can Benthic Quality Assessment be impaired by Uncertain Species Sensitivities? *Marine Pollution Bulletin*, 116, 332–339.
- EU Commission, 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy (Water Framework Directive).
- EU Commission, 2008. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for Community actions in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive). *Official Journal of the European Communities*.

- HELCOM, 2012. Development of a set of core indicators: interim report of the HELCOM CORESET project. PART A. Description of the selection process. In: Baltic Sea Environment Proceedings No. 129A.
- Olenin, S. 1992. Changes in a south-eastern Baltic soft-bottom community induced by dredged spoil dumping. Proc. 12th Baltic Marine Biologists Symposium. E. Bjørnstad, L. Hagerman, K. Jensen (ed-s). Olsen&Olsen: International Symposium Series, Fredensborg: 119–123.
- Leonardsson K., Blomqvist M., Magnusson M. et al. 2015. Calculation of species sensitivity values and their precision in marine benthic faunal quality indices. *Marine Pollution Bulletin*, 93 (1-2), 94–102.
- Leonardsson K., Blomqvist M., Rosenberg R. 2009. Theoretical and practical aspects on benthic quality assessment according to the EU-Water Framework Directive– examples from Swedish waters. *Marine Pollution Bulletin*, 58, 1286–1296.
- R-project, 2014. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria (ISBN 3-900051-07-0), <http://www.R-project.org>
- Rosenberg R., Blomqvist M., Nilsson H. C. et al. 2004. Marine quality assessment by use of benthic species – abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*, 49, 728–739.
- Schiele K. S., Darr A., Zettler M. L. et al. 2016. Rating species sensitivity throughout gradient systems – a consistent approach for the Baltic Sea. *Ecological Indicators*, 61, 447–455
- Simboura N., Zenetos A., 2002. Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems including a new biotic index. *Mediterr. Mar. Sci.*, 3 (2), 77–111.
- Zettler M. L., Proffitt C. E., Darr A. et al. 2013. On the Myths of Indicator Species: Issues and Further Consideration in the Use of Static Concepts for Ecological Applications. *Plos One*, Volume 8, Issue 10.
- Zettler M. L., Schiedek D., Bobertz B. 2007. Benthic biodiversity indices versus salinity gradient in the southern Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 55, 258–270.

## DYZELINO IR SUSLĖGTŲ GAMTINIŲ DUJŲ MIŠINIŲ DIRBANČIO VARIKLIO DARBO PROCESO SKAITINIS MODELIAVIMAS

Vygintas Daukšys<sup>1</sup>, Sergejus Lebedevas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų atviros prieigos centras, Klaipėda,

<sup>2</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Jūrų inžinerijos katedra, Klaipėda  
*vygintas.dauksys@ku.lt*

**Ivadas.** Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetas užsibrėžė tikslą iki 2050 metų transporto sektoriaus šiltnamio dujų emisiją sumažinti 60 %. Šiam tikslui pasiekti skatinama energetiškai efektyvesnių ir mažiau taršių degalų panaudojimo infrastruktūros plėtra (White Paper, 2011). Europoje kaip ir visame pasaulyje, kartu su kitomis alternatyvomis, sparčiai vystosi natūralių gamtinių dujų, kaip degalų, panaudojimo transporte kryptis. Gamtinės dujos degimo metu sudaro apie 25 % mažiau klimato atšilimą skatinančių degimo produktų. Suslėgtos arba suskystintos gamtinės dujos kaip alternatyvūs degalai yra naudojamos vidaus degimo varikliuose (Karim, 2015). Konstrukciniu atžvilgiu paprasčiausias gamtinių dujų tiekimo į variklį būdas yra dujų karbiuravimas jas įpurškiant į variklio įsiurbimo kolektorių (Yousefi et al., 2015). Šis būdas labai plačiai paplitęs mažiau energetiškai išsivysčiusiose šalyse kaip Afrika, Tailandas, Iranas ir kt. Dvejopais degalais dirbančius variklius naudojant mažosios energetikos jėgainėse, pavyzdžiui dyzelinių generatorių dviejų degalų rūšių sistemose, kur naudojamos gamtinės dujos arba bio-dujos kartu su dyzelinu elektros energijos bei šilumos gamybai (Kakaee et al., 2013). Energetinių ir ekologinių rodiklių gerinimui užtikrinti, darbo procesams vertinti ir optimizuoti bei šilumos išsiskyrimo parametrų reikšmėms nustatyti panaudotas matematinis modeliavimas.

**Metodai.** Skaitinio modeliavimo metu naudota programa „AVL BOOST“. Siekiant sumodeliuoti dviem degalų rūšimis dirbančio kompresinio tipo variklio darbo procesą, panaudotas programoje esantis I. I. Vibe vienzonis matematinis modelis (Vibe, 1962). Šis modelis skirtas efektyviai ir santykinai tiksliai modeliuoti dyzelinio variklio šilumos išsiskyrimo cilindre procesą, aprašomą specifiniu šilumos išsiskyrimo rodikliu, kuris nurodo šilumos išsiskyrimo eigą priklausomai nuo šilumos išsiskyrimo trukmės ( $\varphi_z$ ). I. I. Vibe vienzonis modelis yra ganėtinai paprastas, kadangi sudaroma viena pagrindinė balanso integralinė lygtis:

$$\frac{dx}{d\left(\frac{\varphi}{\varphi_z}\right)} = 6,908(m+1)\left(\frac{\varphi}{\varphi_z}\right)^m e^{-6,908\left(\frac{\varphi}{\varphi_z}\right)^{m+1}} \quad (1)$$

kur:  $m$  – formos parametras ir  $\varphi_z$  – šilumos išsiskyrimo trukmė.

Vienzoniame dyzelinio variklio modelyje darbo kūnas yra suprantamas kaip vienodai pasiskirstęs visame variklio cilindro tūryje, o šilumos išsiskyrimas degalų degimo metu išreiškiamas šilumos išsiskyrimo santykinio rodikliu.

Norint įvertinti dviem degalų rūšimis dirbančio dyzelinio variklio darbo proceso parametrus, atlikti variaciniai  $m$  ir  $\varphi_z$  kitimo diapazonų nustatymo skaičiavimai. Tam panaudotas T. Bulaty ir W. Glazman grafinis metodas (Bulaty and Glazman, 1984). Šie mokslininkai pasiūlė grafinį metodą, kuriuo remiantis santykinai tiksliai apskaičiuojami  $m$  ir  $\varphi_z$  parametrai, tačiau tam reikalingas bent vienas eksperimentiniu būdu nustatytas degimo procesą apibūdinantis parametras: maksimalus ciklo slėgis arba vidutinis indikatorinis slėgis. Atlikus variacinius skaičiavimus gauti  $m$  ir  $\varphi_z$  diapazonai toliau naudojami dyzelinio variklio darbo proceso matematiniam modeliavimui.

Lyginant eksperimentinio tyrimo duomenis su matematinio modeliavimo  $m$  ir  $\varphi_z$  variaciniais skaičiavimais, pagal T. Bulaty ir W. Glazman grafinį metodą iš eksperimentinių duomenų, neturint eksperimentinių duomenų apie slėgio kitimą variklio cilindre, pasirenkamas kitas objektyviai cilindre vykstančių procesų pokytį apibūdinantis parametras  $T_{ID}$  – išmetamųjų dujų temperatūra.

*1 lentelė*

Matematinio modeliavimo variaciniuose skaičiavimuose naudotos I.

I. Vibe parametrų kombinacijos

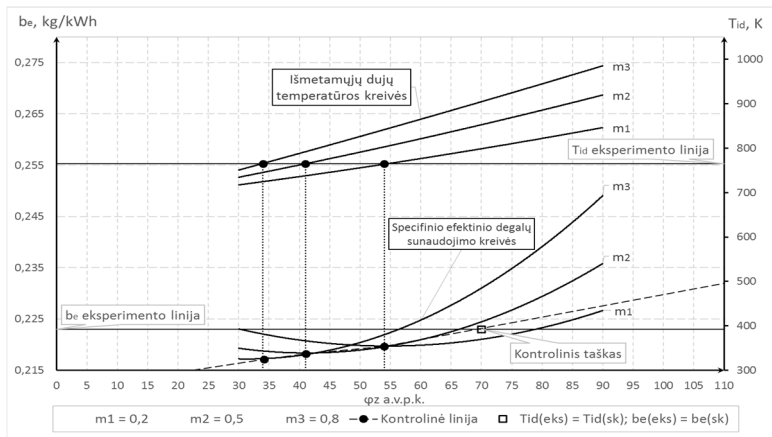
Parametras	$m_1$	$m_2$	$m_3$
$\varphi_{z1}$ °a.v.p.k.	$m_1 = 0,2; \varphi_{z1} = 30$	$m_2 = 0,5; \varphi_{z1} = 30$	$m_3 = 0,8; \varphi_{z1} = 30$
$\varphi_{z2}$ °a.v.p.k.	$m_1 = 0,2; \varphi_{z2} = 60$	$m_2 = 0,5; \varphi_{z2} = 60$	$m_3 = 0,8; \varphi_{z2} = 60$
$\varphi_{z3}$ °a.v.p.k.	$m_1 = 0,2; \varphi_{z3} = 90$	$m_2 = 0,5; \varphi_{z3} = 90$	$m_3 = 0,8; \varphi_{z3} = 90$

Dviem degalų rūšimis dirbančio variklio darbo parametrams nustatyti sudaroma variacinių skaičiavimų lentelė pagal I. I. Vibe parametrus, žiūr. 1 lentelę.

**Rezultatai.** Eksperimentinio tyrimo metu į variklį buvo tiekiami įvairių proporcijų dyzelino ir suslėgtų gamtinių dujų mišiniai. Specifinis efektinis degalų mišinio sunaudojimas paskaičiuojamas pagal lygtį:

$$b_e^{dyz+sgd} = \frac{G_f^{dyz} + G_f^{sgd} \frac{H_z^{sgd}}{H_z^{dyz}}}{P_e} \quad (2)$$

kur:  $b_e^{dyz+sgd}$  – specifinis efektinis dviejų degalų mišinio sunaudojimas kg/kWh,  $G_f^{dyz}$  ir  $G_f^{sgd}$  – dyzelino ir suslėgtų gamtinių dujų sąnaudos kg/h,  $H_z^{dyz}$  ir  $H_z^{sgd}$  – dyzelino ir suslėgtų gamtinių dujų degimo žemutinė energetinė vertė MJ/kg,  $P_e$  – variklio galia priklausomai nuo apkrovos kW.



2 pav. Pavaizduotas grafinio šilumos išsiskyrimo parametru  $m$  ir  $\varphi_z$  diapazono nustatymas.

Matematinio modelio sudarymo sąlygos:

- variklis dirba pastoviais apsisukimais 2000 min<sup>-1</sup>;
- variklis dirba 100 % apkrova prie fiksuotų apsisukimų;



- siūlomas masinis degalų mišinio santykis, naudojamas variklyje (dyzelino 70 %, suslėgtų gamtinių dujų 30 %).

Ekspirimentinio tyrimo metu nustatyta, jog varikliui dirbant pagal šias sąlygas, proceso parametrai turi tokias reikšmes  $T_{ID} = 765K$ ,  $b_e = 223$  g/kWh.

Panaudoję T. Bulaty ir W. Glazman grafinį metodą pagal eksperimento metu išmatuotą temperatūrą, grafinio sprendimo būdu nutiesiame linijas iki susikirtimo su specifinio efektinio degalų sunaudojimo kreivėmis. Surandame susikirtimo taškus ir per juos brėžiame kontrolinę liniją.

Taškas, kuriame kontrolinė linija susikerta su eksperimento metu nustatyto specifinio efektinio degalų sunaudojimo linija, yra taškas, kuriame sutampa eksperimentinio ir matematinio modeliavimo parametrų diapazonas:  $m \in (0,2, 0,5)$  ir  $\varphi_z \in (65^\circ \text{avpk}, 75^\circ \text{avpk})$ . Šie diapazonai sąlyginai geriausiai atitinka eksperimentą (2 pav.).

**Išvados.** Atlikus matematinio modeliavimo ir eksperimentinių duomenų palyginimą pagal I. I. Vibe šilumos išsiskyrimo parametrų grafinio nustatymo T. Bulaty ir W. Glazman metodą, surasti pagrindinių šilumos išsiskyrimo parametrų diapazonai  $m \in (0,2, 0,5)$  ir  $\varphi_z \in (65^\circ \text{avpk}, 75^\circ \text{avpk})$ , kurių ribose gauti pagrindiniai variklio darbo proceso rodikliai santykinai tiksliausiai atitinka eksperimentinio variklio darbo dviem degalų rūšimis (dyzelino 70 %, suslėgtų gamtinių dujų 30 %) procesą. Sukurtas matematinis modelis atitinka eksperimento rezultatus ir gali būti naudojamas tolesniuose variklio darbo gamtinių dujų ir dyzelino mišinių tyrimuose.

**Padėka.** Straipsnyje apibūdinti tyrimo rezultatai gauti panaudojus virtualią vidaus degimo variklių modeliavimo programą AVL BOOST, įgytą pasirašius bendradarbiavimo sutartį tarp AVL Advanced Simulation Technologies ir Vilniaus Gedimino Technikos Universiteto Transporto inžinerijos katedros.

**Acknowledgments.** The results of the research, described in the article, were obtained by using a virtual internal engine simulation tool AVL BOOST, acquired by signing the Cooperation Agreement between AVL Advanced Simulation Technologies and Faculty of Transport Engineering of Vilnius Gediminas Technical University.

## Literatūra

- Bulaty T., Glanzman W. 1984. Bestimmung der Wiebe – Verbrennungsparametr, „MTZ“ (45): No. 7–8, 299–303.
- Kakaee AH., Paykani A., 2013. Research and development of natural-gas fueled engines in Iran, Renewable Sustainable Energy, 26, 805–21.
- Karim A. G., 2015, Dual – Fuel Diesel Engines, International Standard Book, 13, 19–53.
- Vibe I. I. 1962. Новое о рабочем цикле двигателей, 273 p.

## Jūros ir krantų tyrimai 2017. Konferencijos medžiaga

- White Paper, 2011, Taking stock of EU transport policy - achievements and challenges, 12 November 2015.
- Yousefi A., Gharehghani A., Birouk M., 2015. Comparison study on combustion characteristic and emissions of a homogeneous charge compression ignition (HCCI) engine with and without pre-combustion chamber. *Energy Conversion and Management*, 100, 232–41.

## **DUGNO TRALAVIMŲ BALTIJOS JŪROS LIETUVOS AKVATORIJOJE VERTINIMAS IR REKOMENDACIJOS SVARBIŲ TERITORIJŲ STEBĖSENAI**

**Darius Daunys<sup>1</sup>, Ingrida Bagdanavičiūtė<sup>2</sup>, Andrius Šiaulys<sup>1</sup>,  
Romualda Chuševė<sup>1</sup>, Aleksej Šaškov<sup>3</sup>, Tomas Zolubas<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Jūros mokslų ir technologijų centras, Klaipėda, <sup>2</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Gamtos mokslų katedra, Klaipėda,

<sup>3</sup>Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų atviros prieigos centras, Klaipėda,

<sup>4</sup>Žuvininkystės tarnyba prie Lietuvos Respublikos Žemės ūkio ministerijos, Klaipėda

*darius.daunys@jmtc.ku.lt*

Žvejyba dugniniais tralais yra vienas efektyviausių ir pasaulyje labiausiai paplitusių žvejybos būdų, tuo pačiu žinoma ir kaip stipriai aplinką keičianti veikla.

Dešimties metų VMS (Laivų stebėjimo sistemos) duomenų analizė apie tralerių judėjimą Lietuvos jūrinuose vandenyse rodo, kad kasmet tralavimų plotas užima apie pusę (vidutiniškai  $52,9 \pm 2,4$  %) teritorijos taikant 1x1 m jūrmylės gardelę. Ilgalaikėje perspektyvoje intensyviausi tralavimų rajonai pietvakarinėje Lietuvos išskirtinės ekonominės zonos (IEZ) dalyje 40–70 m gyliuose buvo tie patys. Nors kai kuriose akvatorijos dalyse metinis dugninių tralavimų intensyvumas viršijo 200 %, daugiametis dugninių tralavimų intensyvumo vidurkis buvo tik  $13,7 \pm 0,7$  %.

Atlikus VMS duomenų analizę, o taip pat šios analizės rezultatus tikrinant intensyviausiuose dugno tralavimų rajonuose nustatyta, kad tralavimų požymiai akustiniais metodais (daugiaspinduliniiais echolotais ir šoninės alokacijos sonarais) gali būti registruojami tik minkštuose gruntuose giliau nei 55 m.

Skirtingos tralo dalys dugne palieka skirtingus pėdsakus, tačiau ryškiausiai jų, vidutiniškai 3,2 m pločio ir 8 cm gylio griovos, yra paliekami tralo skėtoklių. Tralo iškasta medžiaga suklostoma ir geomorfologiškai atpažįstama griovų pakraščiuose vidutiniškai 1,5 m atstumu.

Nors rezultatai rodo, kad tralavimų žymės sutampa su struktūriniais dugno bendrijų pažeidimais, tačiau tokias lokaliai pažeistas dugno vietas be akustikos tiksliai nustatyti neįmanoma. Kita vertus, dugninių tralavimų rajonų persidengimas su svarbiomis gamtinėmis teritorijomis nedidelis ir neviršija 10 % pastarųjų ploto.

Igyvendinant gamtosaugines direktyvas šių teritorijų būklės stebėseną turės būti efektyvesnė.

Atliktas tyrimas rodo, kad VMS duomenų analizė yra ypač informatyvi ir pigi nustatant tralavimo veiklą konkrečioje teritorijoje, tačiau tiksli tralavimo padėtis ir dugno būklė gali būti įvertinta tik tiesioginių dugno tyrimų metu.

## STINTŲ (*OSMERUS EPERLANUS*, L.) POPULIACINIAI PARAMETRAI BALTIJOS JŪROS LIETUVOS IŠSKIRTINĖJE EKONOMINĖJE ZONOJE 2011–2015 M.

**Jelena Fedotova, Romas Statkus, Žilvinas Kregždys**

Žuvininkystės tarnyba prie Lietuvos Respublikos Žemės ūkio ministerijos,  
Klaipėda  
*jelena.fedotova@zuv.lt*

**Ivadas.** Pastaraisiais metais Lietuvos Respublikoje žymus dėmesys skiriamas kompleksiniams žuvininkystės tyrimams. Viena iš pagrindinių žuvininkystės mokslo užduočių yra verslinių žuvų išteklių išsaugojimas, kuris užtikrintų jų racionalų panaudojimą. Du pagrindiniai veiksniai, kurie veikia žuvų išteklių struktūrą ir populiacijos atsistatymą yra žvejybos intensyvumas ir selektyvumas.

Mūsų darbo tikslas – pateikti duomenis apie stintų populiacinius parametrus Baltijos jūros LIEZ. Šie parametrai padės įvertinti stintų išteklių būklę, ir laiku priimti sprendimus dėl verslinės žvejybos ir šios rūšies išsaugojimo priemonių.

**Medžiaga ir metodika.** Žuvų mėginiai gauti iš Baltijos jūros LIEZ mokslinių laimikių sužvejotų tralais bei tinklais 2011–2015 m. Žuvų amžius nustatomas pagal otolitus, naudojantis patvirtintomis metodikomis (Grigiel et al., 2001), o lytis ir brandos stadijos – vadovaujantis praktiniu vadovu (Алексеев и др., 1996). Priklausomybė tarp žuvų ilgio ir masės buvo išreikšta pagal 1 formulę (Ricker, 1975):

$$W = aL^b \quad (1)$$

kur  $W$  – žuvies kūno svoris, g;  $L$  – kūno ilgis, cm;  $a$  bei  $b$  – koeficientai.

T.

Fultono įmitimo koeficientas ( $K$ ), kuris rodo žuvies masės ir kūno ilgio santykį, apskaičiuotas pagal 2 formulę:

$$K = (W \cdot 100) / L^3 \quad (2)$$

kur  $W$  – žuvies kūno svoris, g, o  $L$  – žuvies kūno ilgis, cm (Fulton, 1902).

Stintų augimo parametrai apskaičiuojami naudojant Bertalanfio lygtis: 3 lygtis ilgiui ir 4 lygtis masei:

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-K(t-t_0)}) \quad (3)$$

$$W_t = W_\infty \left(1 - e^{-K(t-t_0)}\right)^b \quad (4)$$

kur  $L_\infty$  ir  $W_\infty$  stintų augimo ilgio ir masės teorinė riba (Hohendorf, 1966; Beverton et al., 1957; Ricker, 1975).

Augimo greitis buvo apskaičiuotas naudojant 5 ir 6 formules (Pauly, 1989):

$$\phi = \text{Log}k + 2\text{Log}L_\infty \quad (5)$$

$$\phi' = \text{Log}k + 2/3\text{Log}W_\infty \quad (6)$$

Momentinio mirtingumo koeficientas ( $Z$ ) (7) apskaičiuotas pagal Biverton-Holt metodą (Biverton et al., 1957):

$$Z = \frac{K(L_\infty - L_y)}{(L_y - L_c)} \quad (7)$$

kur  $L_\infty$  stintų augimo ilgio teorinė riba;  $L_y$  – vidutinis stintų ilgis laimikyje,  $L_c$  – minimalus sugautas stintų ilgis.

Natūralus mirtingumas ( $M$ ) gautas pagal 8 formulę:

$$\text{Log}M = -0.0066 - 0.279\text{Log}_\infty + 0.6543\text{Log}K + \text{Log}T \quad (8)$$

kur  $T$  – vidutinė metų vandens temperatūra (Pauly, 1983).

Vidutinė vandens temperatūros reikšmė tyrimo metu nustatyta 12,6 °C. Žvejybinis mirtingumas ( $F$ ) gautas pagal 9 formulę (Gulland, 1971), o žvejybinės eksploatacijos koeficientas ( $E$ ) įvertintas pagal 10 formulę (Gulland, 1971):

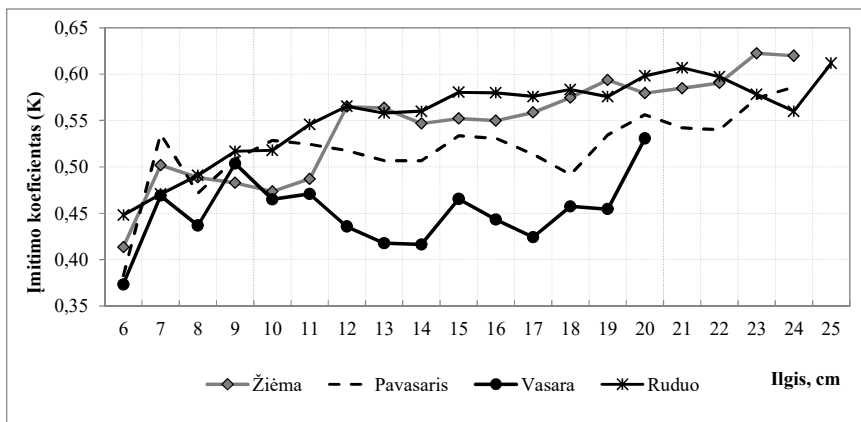
$$F = Z - M \quad (9)$$

$$E = F / Z \quad (10).$$

**Išvados ir jų aptarimas.** Per 5 metus buvo surinkta ir išanalizuota daugiau nei 3400 vnt. stintų. Laimikių pagrindą sudarė 2 metų (38,2 %) ir 3 metų (31,2 %) žuvis. Tyrimo metu stintų patelių buvo daugiau (53,1 %) nei patinų (38,1 %), o lytiškai nesubrendę individai sudarė 8,8 %. Patelių vidutinis ilgis buvo 16,6±0,08 cm, vidutinis svoris – 29,4±0,31 g. Patinai buvo šiek tiek mažesni, vid. ilgis – 15,7±0,06 cm, o vid. svoris – 23,6±0,46 g.

Priklausomybė tarp žuvų ilgio ir masės išreikšta atlikus taikomąją regresinę analizę ir buvo aprašyta šiomis regresijos lygtimis: patinams  $W = 0,0042L^{3,091}$ ,  $R^2 = 0,99$ ; patelėms  $W = 0,0031L^{3,203}$ ,  $R^2 = 0,98$ , gautas determinacijos koeficientas labai gerai aprašo duomenis. Šių regresijos lygčių skirtumai tarp lyčių nebuvo statistiškai reikšmingi (ANOVA testas,  $p > 0,05$ ).

Fultono įmitimo koeficiento vidutinės reikšmės varijuoja priklausomai nuo žuvies ilgio (1 pav.). Žuvis būna labiau įmitusios rudenį ir žiemą, o mažiau – vasarą, po neršto.



1 pav. Stintų įmitimo koeficiento sezoninė dinamika 2011–2015 m.

Lyginant 2015 m. stintų linijinio augimo Bertalanfio lygčių parametrus ( $L_{\infty}=24,87$  cm;  $W_{\infty}=94,16$  g) su mūsų ankstesniais duomenimis (Fedotova, 2013) matome, kad per paskutinius 3 metus stintų augimo tempas, jų vidutinio ilgio bei svorio rodikliai, taip pat ir augimo parametrai ( $L_b$ ,  $W_l$ ) padidėjo. Tyrimo metu vidutinė vandens temperatūros reikšmė nustatyta 12,6 °C.

Momentinio mirtingumo koeficientas (Z) buvo 0,67. Pagal Pauly (1983) natūralaus mirtingumo koeficientas (M) buvo 0,32. Gautas žvejybinio mirtingumo koeficientas – 0,35.

Optimali žvejybos eksploatacijos koeficiento  $E$  reikšmė lygi 0,5 (Guland, 1971), o mūsų duomenimis gautas koeficientas 0,65 rodo, kad yra stintų išteklių nedidelis pergaudymas. Norint sumažinti stintų populiacijos išgaudymo riziką, reikalinga šiuolaikinė žvejybos kontrolė ir mokslinėmis rekomendacijomis paremtas žvejybos reguliavimas. Siūloma griežčiau riboti žvejybos leidimų, žvejybos įrankių skaičius bei kontroliuoti minimalų verslinių žuvų ilgį tiek verslinėje, tiek mėgėjiškoje žvejybose, kad nebūtų sumažintas jaunų, nesubrendusių individų kiekis stintų ištekliuose, duodant jiems galimybę subręsti ir nors vieną kartą išsineršti.

## Literatūra

- Beverton R. J. H., Holt, S. J. 1957. On the Dynamics of Exploited Fish Populations. U.K. Min. Agric. Fish., Fish. Invest. Ser. 2, 19, 533 pp.
- Fedotova J. 2013. Stintų (*Osmerus eperlanus*, L.) biologinių charakteristikų ir sezoninio paplitimo kaita Baltijos jūros Lietuvos išskirtinėje ekonominėje zonoje // Jūros ir krantų tyrimai – 2013, konferencijos medžiaga, Klaipėda, 2013, balandžio 3–5 d., 81–85.
- Fulton T. W. 1902. The rate of growth of fishes. 20th Annual Report of the Fishery Board for Scotland, 1902, Part 3, 326–446.
- Grygiel W. 2001. Manual for sampling of the Baltic Sea commercial fisheries / W. Grygiel, E. Aro, H. Degel, P. Ernst, H. Müller et al. // EU project 98/024. 26 pp.
- Gulland J. A. 1971. Science and fishery management. J. Cons. CIEM. 33, 471–477.
- Hohendorf K. Eine Discussion der Bertalanffy. 1966. Functionen und ihre anwendung zur Charakterisierung des Wasktums von Fischen // Kieler Meer. Forch. – 22, №1. 70–97.
- Pauly D. 1983. Some simple methods for the assessment of tropical Fish stocks, FAO Fish., Tech. Pap., Rome: 52–234.
- Ricker W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. BoardCan. 191, 382–391.
- Алексеев Ф.Е.1996. Определение стадий зрелости гонад и изучение половых циклов, плодовитости, продукции икры и темпа полового созревания у морских промысловых рыб: метод. пособие / Ф.Е. Алексеев, Е.И. Алексеева; АлантНИРО. – Калининград, 1996. 73 с.



## BALTIJOS JŪROS KRANTAI IR ŽMONĖS ANKSTYVAJAME HOLOCENE

**Algirdas Girininkas, Vladas Žulkus**

Klaipėdos universiteto Baltijos regiono istorijos ir archeologijos institutas,  
Klaipėda  
*sakaliske@gmail.com*

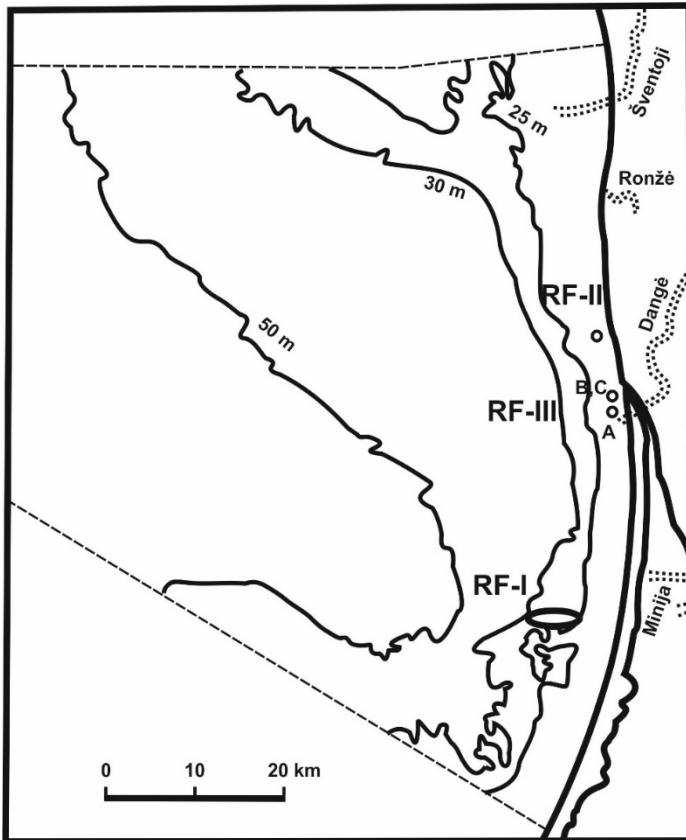
**Įvadas.** Poledynmetyje Baltijos jūros krantai keitėsi keletą kartų, sudarydami skirtingas sąlygas kraštovaizdžiams formuotis ir akmens amžiaus žmonėms gyventi. Šių dienų Baltijos jūros Lietuvos pakrantėse tiek ankstyvojo mezolito, tiek ankstyvojo neolito paminklų nežinoma. Jų reikėtų ieškoti prie buvusių to meto Baltijos jūros (Joldijos jūros ir Litorinos jūros antrosios regresijos) krantų bei tuo metu buvusių upių deltų, kurios šiuo metu yra po vandeniu. Tokia priešistorės gyvenviečių topografija yra būdinga visam Baltijos jūros regionui (Hansson et al., 2016; Lübke et al., 2011). Tyrimus apsunkina tai, kad jūros užlieti kraštovaizdžiai yra dar mažai tyrinėti.

**Metodai.** Užlietų krantų linijos interpretuojamos naudojant batimetrinius duomenis, atliekami dugno tyrimai akustiniais prietaisais, paieška vykdoma nardant, o aptikti krantų reliktai tiriami fiziniais ir archeologiniais metodais.

**Rezultatai.** Tyrimai patvirtina, kad po vandeniu skirtinguose gyliuose yra gamtinių kraštovaizdžių reliktų, o į krantą išplauti pavieniai dirbiniai įrodo, kad užlietų priešistorės gyvenviečių esama ir Lietuvos vandenyse (Žulkus et al., 2015). Iš tauriojo elnio ragų pagamintų T formos kirvių radiniai Lietuvos pajūryje liudija jūroje esant ankstyvojo neolito gyvenviečių, įsikūrusių II-osios Litorinos jūros regresijos laikotarpio pakrantėse. Žmogaus gyvenimo pėdsakų aptikta netoli Klaipėdos uosto pietinio molo. Tai žvejybai skirtos užtvaros liekanos, datuojamos 7585–7470 cal. BC, arba viduriniu mezolitu ir buvusios Dangės upės ankstyvojo borealio laikotarpio deltoje, buvusioje keli kilometrai į vakarus nuo šių dienų pakrantės. Buvusių jūros pakrantėse, o dabar esančių po vandeniu, gyvenviečių pėdsakai padeda nustatyti Baltijos jūros vandens lygio svyravimus ankstyvojo ir vidurinio holoceno laikotarpiu. Pajūryje tuo metu egzistavo reikšmingas gyventojų mitybai ekologinis efektas, kurį sudarė paukščių, žinduolių (ypač ruonių), žuvų migracijų keliai. Štai kodėl tam tikrų laikotarpių archeologinių paminklų neaptinkama dabartinių Baltijos jūros pakrančių zonoje – ji tuo metu buvo toli sausumoje, atokiau nuo gerų ekologinių ir ūkinio požiūriu gyvenamų vietų.

Ieškant mezolito ir ankstyvojo neolito laikotarpių gyventojų veiklos pėdsakų po vandeniu yra svarbūs keli veiksniai, tarp jų – buvusios krantų linijos, dabartinių upių paleodeltos ir reliktinės lagūnos. Joldijos laikotarpyje,

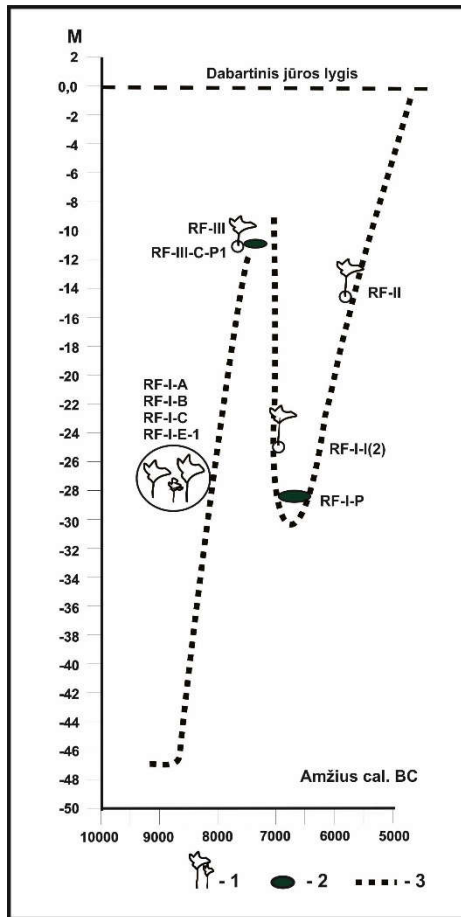
kai vandens lygis buvo nukritęs iki –50 m (Gelumbauskaitė, 2009), senieji krantai ties Nida buvo apie 50 km, o ties Šventaja – apie 60 km į vakarus nuo dabartinės pakrantės (1 pav.).



1 pav. Izobatos atspindinčios buvusias Baltijos jūros krantų linijas, upių paleodeltas, užlietų kraštovaizdžių (RF) tyrimų vietas.

Ties Palanga esanti –30 m izobata rodo buvus apie 30 km ilgio siaurą iškyšulį, kurio neliko vandeniui pakilus iki –25 m. Užlietuose pakrantėse rasta holoceno laikotarpio reliktnių gamtinių kraštovaizdžių. Kai kurių pajūrio paleoupių deltų vietos apytikriai yra nustatytos (Damušytė, 2011). Jau tyrinėto reliktnio miško RF-I aplinkoje, aptikus Minijos paleodeltą, yra didelė tikimybė rasti ir mezolito gyventojų pėdsakų. Dangės paleodeltos artimoje aplinkoje, 11 m gilyje, buvo rasti vidurinio mezolito laikotarpio žvejybai

skirtų užtvarų fragmentai. Labai tikėtini akmens amžiaus radiniai jūroje ties Palanga, Ronžės paleodeltos aplinkoje.



2 pav. Baltijos jūros vandens lygio svyravimo kreivė. 1 – reliktiniai medžiai; 2 – reliktiniai durpių klodai; 3 – vandens lygio kreivė.

**Išvados.** Jūros dugne yra išlikusių akmens amžiaus žmonių veiklos pėdsakų ir tolimesnės jų paieškos yra perspektyvios. 2016 m. šalia uosto rasti reliktinio miško fragmentai (RF-III-B, C) su durpių klodais leidžia pakoreguoti Baltijos jūros vandens lygio kitimo kreives (2 pav.). RF-III-B ir RF-III-C medžių liekanos  $^{14}\text{C}$  yra datuotos 7610-7460 cal. BC laikotarpiu (visi  $^{14}\text{C}$

datavimui buvo atlikti Gamtos tyrimų centre; tyrimų protokolai Nr. BGRL-244, -245). Ažuolo kamienas, esantis 25 m gylyje, buvo datuotas apie 6950-6925 cal. BC. Šie duomenys rodytų, kad jūros vandens lygis Ancyclus transgresijos metu galėjo pakilti aukščiau –11 m lygio ne anksčiau nei kad RF-III-C-P1 vietoje susiformavo durpė – 7330–7180 cal. BC. Ažuolo RF-I-I(2) ir durpės RF-I-P, aptiktos 29 m gylyje ties Juodkrante (7200–6570 cal. BC), datos rodo, kad anksčiau pakilęs vanduo vėl labai greitai krito mažiausiai iki – 30 m žemiau dabartinio jūros lygio, kol po kelių šimtmečių prasidėjo Litorinos jūros transgresija.

## Literatūra

- Damušytė A. 2011. Lietuvos pajūrio geologinė raida poledynmečiu: daktaro disertacija: fiziniai mokslai, geologija (05P). Vilnius.
- Gelumbauskaitė L. Ž. 2009. Character of sea level changes in the subsiding south-eastern Baltic Sea during Late Quaternary. *Baltica*, 22 (1), 23–36.
- Hansson A., Nilsson B., Sjöström A. et al. August 2016. A submerged Mesolithic lagoonal landscape in the Baltic Sea, south-eastern Sweden – Early Holocene environmental reconstruction and shore-level displacement based on a multiproxy approach. *Quaternary International*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2016.07.059> (in press)
- Lübke H., Schmölcke U., Tauber F. 2011. Mesolithic Hunter-Fishers in a Changing World: a case study of submerged sites on the Jäckelberg, Wismar Bay, northeastern Germany. *Submerged Prehistory*, Oxford: Oxbow Books, 21–37.
- Žulkus V., Girininkas A., Stančikaitė M., et al. 2015. Shores of the Yoldia Sea and Ancyclus Lake. Maritime landscapes in the Lithuanian waters: multidisciplinary study. In: *The Baltic Sea – a Mediterranean of North Europe. In the Light of Archaeological, Historical and Natural Science Research from Ancient to Early Medieval Times*, Gdańsk, 9–18.

## PELAGINIO MIKROBINIO MITYBINIO TINKLO STRUKTŪROS TYRIMAS MEZOKOSMUOSE IMITUOJANT KLIMATO KAITOS SCENARIJŲ BOTNIJOS ĮLANKOJE

**Evelina Grinienė<sup>1</sup>, Agneta Andersson<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų atviros prieigos centras, Klaipėda,

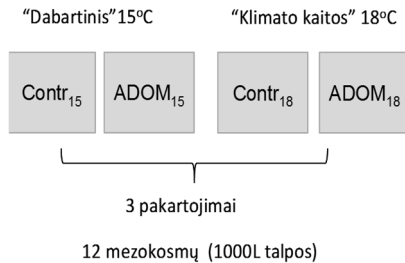
<sup>2</sup>Umea universiteto Ekologijos ir aplinkotyros katedra, Umea, Švedija  
*evelina.griniene@apc.ku.lt*

**Įvadas.** Klimato kaitos modeliai šiaurinėje Baltijos jūros dalyje prognozuoja per ateinančius šimtą metų vandens paviršiaus temperatūros padidėjimą 2–4 °C, bei ~30 % didesnį kritulių kiekį (HELCOM, 2013; Andersson et al., 2015). Manoma, jog dėl padidėjusio kritulių kiekio, su upių nuotėkiu iš sausumos į priekrantės vandenį pateks daugiau alochtoninės ištirpusios organinės medžiagos (ADOM), maistmedžiagių bei antropogeninės kilmės organinių teršalų. Padidėjusi ADOM koncentracija turės įtakos mitybinio tinklo pagrindiniams komponentams, o tai savo ruožtu paveiks ir aukštesnius mitybos tinklo lygmenis (Wikner et al., 2012; Lefébure et al., 2013). Tranvik (1988) ir Jansson et al. (2007) tyrimų rezultatai parodė, kad ADOM yra bakterijų maisto šaltinis, skatinantis jų augimą ir mažinantis fitoplanktono augimą, nes dėl intensyvesnės rudos spalvos, kurią ADOM suteikia humusinės medžiagos, sumažėja šviesos prasiskverbimo gylis. Bakterijos tampa stipriu fitoplanktono konkurentu dėl neorganinių maistmedžiagių, dėl to gali sumažėti fitoplanktono biomasė ir produkcija, bei sistema iš autotrofinės gali tapti heterotrofine. Dėl šių pasikeitimų sumažėja energijos perdavimo efektyvumas pelaginėje mitybos grandinėje: energija perduodama ne tiesiogiai mezozoplanktonui, bet per tarpinius trofinius lygmenis – heterotrofinius žiuželinius ir infuzorijas. Aukštesniuose mitybos lygmenyse stebimas sumažėjęs mitybinio tinklo efektyvumas ir produkcija (Berglund et al., 2007). Apibendrinus atliktus tyrimus, galima teigti, jog temperatūros ir ADOM koncentracijos padidėjimas skatina sistemos heterotrofiškumą bei pailgina mikrobinę mitybos grandinę tarpiniais lygmenimis (pirmuonių grandimi). Nors fundamentinių tyrimų Botnijos ekosistemoje atlikta daug, vis dar trūksta žinių kaip ADOM veikia pirmuonių funkcinę įvairovę bei jų mitybines sąveikas su bakterijomis ir fitoplanktonu.

Mes atlikome eksperimentinį tyrimą mezokosmuose tam, kad išsiaiškintumėme klimato šiltėjimo ir padidėjusios ADOM koncentracijos poveikį pirminei ir bakterijų produkcijai, mitybinio tinklo efektyvumui

priekrantės sistemoje. Mūsų hipotezės: 1) ADOM koncentracijos padidinimas ir temperatūros pakėlimas skatins bakterijų produkciją ir jomis mintančių pirmuonių biomasę; 2) Pirmuonių bakterijų išėdimo greitis bei mastas bus didesnis mezokosmuose su padidinta ADOM koncentracija ir pakelta temperatūra.

**Tyrimų medžiaga ir metodai.** Mezokosmų eksperimentas buvo vykdomas Umeå Jūros mokslų centre Švedijoje (Umeå Marine Sciences Centre) 2013 m. birželio–liepos mėn. (trukmė 6 savaitės). Eksperimentui naudota natūrali Baltijos jūros Botnijos įlankos pelaginė bendrija (63°34'N, 19°54'E). Eksperimentą sudarė: kontroliniai mezokosmai (Contr) ir mezokosmai, kuriuose buvo padidinta (30 %) ADOM koncentracija, laikomi prie skirtingų temperatūrinių režimų: 15 ir 18 °C, atitinkančių “dabartinį” ir “klimato kaitos” scenarijus (1 pav.). Fizikiniai cheminiai bei biologiniai vandens parametrai mezokosmuose registruojami vieną kartą per dieną, mėginiai pirmuonių gausumui nustatyti imti kas savaitę. Šie mėginiai fiksuojami Liugolio tirpalu ir toliau apdorojami pagal standartinę Utermöhl (1958) metodiką.

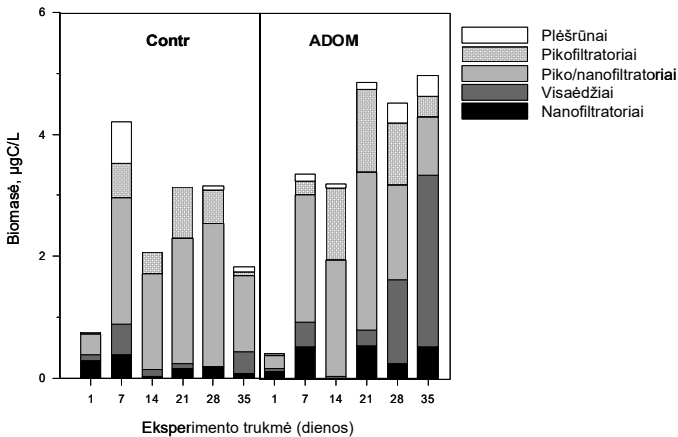


1 pav. Mezokosmų eksperimento schema (foto A. Berglund).

Ketvirtą ir šeštą eksperimento savaitę skiedimo eksperimentais (Landry and Hassett, 1982) buvo nustatytas mikrozooplanktono (<200 µm dydžio organizmai) poveikis bakterijoms bei atskiroms fitoplanktono dydžių frakcijoms (<3 ir 3–50 µm) skirtinguose mezokosmuose: Contr<sub>15</sub>, Contr<sub>18</sub>, ADOM<sub>15</sub>, ADOM<sub>18</sub>.

**Rezultatai ir jų aptarimas.** Eksperimento metu buvo aptiktos 44 planktono infuzorijų rūšys/taksonai. Visos identifikuotos infuzorijos remiantis literatūros duomenimis (daugiausiai Mironova et al., 2012) buvo sugrupuotos į penkias trofines grupes: pikofiltratorių (mintančių bakterijomis), piko/nanofiltratorių (mintančių bakterijomis, dumbliais), nanofiltratorių (mintančių dumbliais), visaėdžių (mintančių dumbliais, bakterijomis, heterotrofiniais žiuželiniais, infuzorijomis) ir plėšrūnų (mintančių

infuzorijomis). Priešingai nei tikėtasi, eksperimento eigoje ADOM mezokosmuose padidėjo ne bakterijomis mintančių (pikofiltratorių bei piko/nanofiltratorių) biomasė, bet išaugo visaėdžių infuzorijų biomasė, ypač per paskutines dvi eksperimento savaites. Tuo tarpu kontroliniuose (Contr) mezokosmuose visaėdžių biomasė išliko maža viso eksperimento metu (2 pav.).



2 pav. Infuzorijų trofinių grupių vidutinė biomasė Contr (Contr<sub>15</sub>, Contr<sub>18</sub>) ir ADOM (ADOM<sub>15</sub>, ADOM<sub>18</sub>) mezokosmuose eksperimento metu.

Temperatūros pakėlimas neturėjo reikšmingos įtakos infuzorijų funkcinė grupių biomasei. ADOM bei Laiko×ADOM sąveika buvo statistiškai reikšminga tik visaėdžių biomasei (1 lentelė).

1 lentelė

Eksperimentinių veiksnių sąveikos su laiku efektas infuzorijų trofinių grupių biomasei eksperimento metu. Pakartotinių matavimų dispersinė analizė (p reikšmės, n.s. – statistiškai nereikšmingas)

Faktoriai	Piko filtratoriai	Piko/nano filtratoriai	Nano filtratoriai	Plėšrūnai	Visaėdžiai
ADOM	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,0001
Temperatūra	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
ADOM × Temperatūra	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Laikas	0,004	0,0001	0,01	0,01	0,0001
Laikas × ADOM	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,0001
Laikas × Temperatūra	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Laikas × ADOM × Temperatūra	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Skiedimo eksperimentų rezultatai parodė, kad mikrozooplanktonas, kuriame dominavo infuzorijos, minta bakterijomis bei piko-fitoplanktono frakcija  $<3 \mu\text{m}$ , bet neturi poveikio  $3\text{--}50 \mu\text{m}$  fitoplanktono frakcijai (2 lentelė). Mikrozooplanktonas Contr<sub>15</sub>, Contr<sub>18</sub> ir ADOM<sub>18</sub> mezokosmuose suvaržė nuo 82 iki 91 % potencialios bakterijų produkcijos ir kiek mažiau – 60 % ADOM<sub>15</sub> mezokosmuose. Reikšmingas pikofitoplanktono frakcijos išėdimas buvo nustatytas tik Contr<sub>18</sub> ir ADOM<sub>15</sub> mezokosmuose, atitinkamai, 105 ir 92 % šios frakcijos potencialios produkcijos (2 lentelė).

2 lentelė

Pradinis aukų: bakterijų ir fitoplanktono frakcijų ( $<3 \mu\text{m}$   $3\text{--}50 \mu\text{m}$ ) gausumas bei jų augimo greitis ( $\mu$ , per dieną), mikrozooplanktono išėdimo greitis (g, per dieną), taip pat potencialios produkcijos suvaržymas per dieną (%) skirtinguose mezokosmuose. Augimo ir išėdimo greičiai gauti iš tiesinės regresijos (T) arba pritaikius netiesinius priklausomybės modelius (N).

Aukų tipas	Mezokos.	Pradinis gausumas, ind/ml	Modelis	Parametrai			Suvartota PP %
				$\mu$	g	R <sup>2</sup>	
Bakterijos	Contr <sub>15</sub>	1832051	T	0,52	0,46	0,82	91
	Contr <sub>18</sub>	1206263	N	0,58	0,47	0,97	85
	ADOM <sub>15</sub>	1538119	N	0,31	0,17	0,76	60
	ADOM <sub>18</sub>	1652092	N	0,42	0,36	0,89	82
Fitoplanktono frakcijos	<b><math>&lt; 3 \mu\text{m}</math></b>						
	Contr <sub>15</sub>	31611	-	-	-	-	-
	Contr <sub>18</sub>	62795	T	0,35	0,37	0,92	105
	ADOM <sub>15</sub>	68286	T	0,23	0,21	0,67	92
	ADOM <sub>18</sub>	62327	-	-	-	-	-
	<b><math>3\text{--}50 \mu\text{m}</math></b>						
	Contr <sub>15</sub>	3238	-	-	-	-	-
	Contr <sub>18</sub>	3404	-	-	-	-	-
	ADOM <sub>15</sub>	10249	-	-	-	-	-
	ADOM <sub>18</sub>	8593	-	-	-	-	-

Apibendrinus galima padaryti išvadą, jog padidinta ADOM koncentracija bei temperatūra neturėjo poveikio mikrozooplanktono bakterijų išėdimo greičiui ir mastui. Ši rezultatą paaiškina mikrozooplanktono (infuzorių) trofinių grupių struktūros panašumai tarp mezokosmų: pikofiltratorių ir pikonanofiltratorių (grupės, kurios potencialiai gali misti bakterijomis) biomasei statistiškai reikšmingo poveikio ADOM koncentracijos padidinimas ir temperatūros pakėlimas neturėjo (2 pav., 1 lentelė).



## Literatūra

- Andersson A., Meier H. E. M., Ripszam M. et al. 2015. Projected future climate change and Baltic Sea ecosystem management. *AMBIO*, 44, S345–S356.
- Berglund J., Müren U., Båmsted U., Andersson A. 2007. Efficiency of a phytoplankton-based and a bacteria-based food web in a pelagic marine system. *Limnology and Oceanography*, 52, 121–131.
- HELCOM, 2013. Baltic Sea Environment Proceedings No. 137.
- Jansson M., Persson L., De Roos A. M. et al. 2007. Terrestrial carbon and intraspecific size-variation shape lake ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution*, 22 (6), 316–322.
- Landry M. R., Hassett R. P. 1982. Estimating the grazing impact of marine microzooplankton. *Marine Biology*, 67, 283–288.
- Lefebvre R., Dagerman R., Andersson A. et al. 2013. Impacts of elevated terrestrial nutrient loads and temperature on pelagic food-web efficiency and fish production. *Global Change Biology*, 19, 1358–1372.
- Mironova E. I., Telesh I. V., Skarlato S. O. 2012. Diversity and seasonality in structure of ciliate communities in the Neva Estuary (Baltic Sea). *Journal of Plankton Research*, 34 (3), 208–220.
- Tranvik L. J. 1988. Availability of dissolved organic carbon for planktonic bacteria in oligotrophic lakes of differing humic content. *Microbial Ecology*, 16 (3), 311–322.
- Wikner J., Andersson A. 2012. Increased freshwater discharge shifts the trophic balance in the coastal zone of the northern Baltic Sea. *Global Change Biology*, 18, 2509–2519.
- Utermöhl H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*, 9, 1–38.

## IŠGARAVIMO IŠ KURŠIŲ MARIŲ PROGNOZĖ XXI A. PAGAL RCP SCENARIJUS

**Darius Jakimavičius**

Lietuvos energetikos instituto Hidrologijos laboratorija, Kaunas  
*darius.jakimavicius@lei.lt*

**Įvadas.** Tirdami didelių vandens telkinių hidrologinį režimą, dažniausiai prognozuojame daugiamečių vandens balansą, kad galėtume nustatyti hidrologinio režimo pokyčius ateityje. Išgaravimas yra vienas iš vandens balanso elementų, kuris gali būti įvertinamas trimis metodais: išmatuojamas (tiksliausias), suskaičiuojamas pagal balanso lygtį (mažiausiai tikslus) ir apskaičiuojamas empiriniais metodais (tikslumas priklauso nuo parinkto metodo-lygties). Išgaravimo matavimas yra labai sudėtingas procesas. Praeityje plaukiojančiais garintuvais Lietuvoje išgaravimas buvo matuotas Sartuose, Siesartyje, Rudėsyje, Glūke ir Drūkšiuose (Kilkus, 2005; Kilkus, Valiuškevičius 2006). Ilgiausiai išgaravimas Lietuvoje buvo matuotas Drūkšių ežere (1974–1997 m.) (Janukėnienė, 1992).

Nerasta jokių duomenų, kad išgaravimas būtų matuotas Kuršių mariose – dažniausiai šio telkinio garavimas būdavo įvertinamas taikant empirinius metodus (Jakimavičius et al. 2010; Jakimavičius, Kriaučiuėnienė, 2013). Todėl išgaravimą prognozuoti galime tik pasitelkę empirinius metodus. Tyrimo tikslas – apskaičiuoti galimą išgaravimą iš Kuršių marių XXI a. taikant klimato kaitos modelių išvesties duomenis pagal RCP scenarijų.

**Tyrimų objektas ir metodai.** Kuršių marios yra didžiausia gėlavandenė Baltijos jūros lagūna. Nuo Baltijos jūros Kuršių marios atskirtos nerija, o vandens apykaita su Baltijos jūra vyksta per Klaipėdos sąsiaurį. Marių vandens tūris yra 6,2 km<sup>3</sup>, vanduo atsinaujina 4,5 karto per metus arba kas 81 dieną (Gailiušis ir kt., 2001). Prognozuojant išgaravimą iš Kuršių marių naudoti naujausi **GFDL**, **Hadgem2\_es** ir **Noresm1** globalios cirkuliacijos modelių išvesties duomenys pagal keturis emisijų scenarijus (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5), kurie apima 2016–2035 bei 2081–2100 m. laikotarpius. Kadangi į Lietuvos teritoriją patenka tik keli globalios cirkuliacijos modelių taškai, todėl prognozuojant buvo panaudoti du statistiniai tinklelio raiškos didinimo metodai (*angl.* statistical downscaling) – CF (*angl.* change factor), BC (*angl.* bias correction) (Sunyer et al., 2015). Gautos reikšmės pateikiamos kaip trijų modelių vidurkis pagal keturis emisijų scenarijus ir du statistinius modelio tinklelio raiškos didinimo metodus. Rezultatai lyginami su 1986–2005 m. laikotarpiu, kuris pagal TKKK AR5 rekomendacijas (IPCC, 2013) yra laikomas foniniu laikotarpiu.

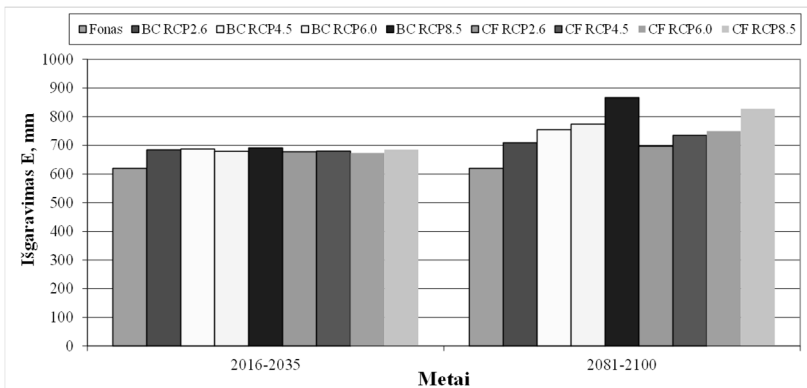
Išgaravimui apskaičiuoti yra panaudotas Thornthwaite metodas. Šis skaičiavimo metodas pradėtas taikyti gan seniai, tačiau išsamūs pastarojo metodo užsienio (Lu et al., 2005) ir Lietuvos mokslininkų tyrimai (Jakimavičius et al., 2013) parodė, kad išgaravimas, apskaičiuotas pagal Thornthwaite lygtį, yra artimas išmatuotam ir gali būti taikomas moksliniuose tyrimuose. Suminis išgaravimas per mėnesį apskaičiuojamas taikant šias lygtis (Thornthwaite, 1948):

$$E = 16 \times \left( \frac{10 \times T}{I} \right)^a \times \frac{\mu \times N}{360}, \quad (1)$$

kur:  $E$  – išgaravimas per mėnesį (mm),  $T$  – vidutinė mėnesio oro temperatūra ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $I$  – empirinis metinis šilumos indeksas,  $a$  – empirinė  $I$  eksponentė,  $\mu$  – dienų skaičius per konkretų mėnesį,  $N$  – vidutinis saulėtų valandų skaičius per mėnesį, priklausomai nuo vietovės platumos.

**Rezultatai.** Atlikus tyrimą ir palyginus gautus rezultatus su foninio laikotarpio reikšmėmis nustatyta, kad išgaravimas XXI a. didės (1 pav.).

Lyginant su foninio laikotarpio reikšmėmis išgaravimas 2016–2035 m. padidės nuo 8,6 % (CF RCP6.0) iki 11,4 % (BC RCP8.5). Žymiai didesni skirtumai prognozuojami XXI a. pabaigoje, kai išgaravimas padidės nuo 12,3 % (CF RCP2.6) iki 39,8 % (BC RCP8.5).



1 pav. Išgaravimo iš Kuršių marių kaita XXI a. pradžioje ir pabaigoje lyginant su foniniu laikotarpiu.

Kaip matyti iš 1 pav., išgaravimas 2016–2035 m. laikotarpiu pagal visus emisijų scenarijus ir statistinius modelio tinklelio raiškos metodus tarpusavyje skirsis labai nedaug (skirtumas tarp mažiausio ir didžiausio prognozuojamo

išgaravimo tik 17,5 mm). Tačiau antruoju laikotarpiu šie skirtumai labai ryškūs (analogiškas skirtumas net 170 mm). Šiuo laikotarpiu didžiausias išgaravimas prognozuojamas pagal RCP8.5 scenarijų, o mažiausias – pagal RCP2.6 scenarijų.

**Išvados.** 1. Remiantis atliktu tyrimu nustatyta, kad tiek 2016–2035 m., tiek 2081–2100 m., išgaravimas iš Kuršių marių didės pagal visus tiriamus scenarijus. Prognozuojama, kad pirmuoju laikotarpiu išgaravimas (vidutiniškai pagal visus scenarijus) padidės 10,0 %, o antruoju – 23,2 % lyginant su foniniu laikotarpiu.

2. Didžiausi išgaravimo pokyčiai prognozuojami XXI a. pabaigoje, kai išgaravimas pagal BC RCP8.5 scenarijų gali padidėti iki 39,8 %, lyginant su foniniu laikotarpiu.

3. Palyginus rezultatus, gautus pagal skirtingus statistinius modelio tinklėlio raiškos didinimo metodus, nustatyta, kad nepriklausomai nuo tiriamo laikotarpio didesnis išgaravimas prognozuojamas taikant BC metodą ir mažesnis – CF metodą.

4. Šie išgaravimo pokyčiai galimai vyks dėl klimato kaitos, t. y. dėl kylančios oro temperatūros.

## Literatūra

- Gailiušis B., Jablonskis, J., Kovalenkoviėnė M. 2001. Lietuvos upės. Hidrografija ir nuotėkis. Kaunas, LEI, 792 p.
- IPCC. 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F. et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- Jakimavičius D., Kovalenkoviėnė M. 2010. Long-term water balance of the Curonian Lagoon in the context of anthropogenic factors and climate change. *Baltica*, 23 (1), 33–46.
- Jakimavičius D., Kriaučiūnienė J. 2013. The climate change impact on the water balance of the curonian lagoon. *Water resources*, 40 (2), 120–132.
- Jakimavičius D., Kriaučiūnienė J., Gailiušis B., Šarauskiėnė D. 2013. Assessment of uncertainty in estimating the evaporation from the Curonian Lagoon. *Baltica*, 26, (2), 177–186.
- Janukėnienė A. 1992. Investigations of the lake water surface evaporation dynamics under the Influence of the INPP capacity increase. *In* Žukauskas A. (ed.), Ecosystem of the water-cooling reservoir of Ignalina nuclear power-station an the initial stage of this operation. Vilnius “Academia”, 80–89.
- Kilkus K. 2005. *Ežerotyra*. Vilniaus Universiteto leidykla, 272 p.
- Kilkus K., Valiuškevičius G. 2006. *Antano Bariso hidrologija*. Vilnius Universiteto leidykla, 168.
- Lu J., Sun G., McNulty S. G., Amatya D. M. 2005. A Comparison of Six Potential Evapotranspiration Methods for Regional Use in the Southeastern United States. *Journal of the American Water Resources Association*, 31 (6), 612–633.
- Sunyer M. A. et al. 2015. Inter-comparison of statistical downscaling methods for projection of extreme precipitation in Europe. *Hydrology and Earth System Sciences*, 19 (4), 1827–1847.
- Thornthwaite C. W. 1948. An Approach Toward a Rational Classification of Climate. *Geographical Review*, 38 (1), 55–94.

## KURŠIŲ MARIŲ LIETUVOS AKVATORIJOS IR NEMUNO DELTOS DUGNO NUOSĖDŲ UŽTERŠTUMAS SUNKIAISIAIS METALAIS

**Kęstutis Jokšas, Arūnas Galkus, Rimutė Stakėnienė**

Gamtos tyrimų centro Geologijos ir geografijos institutas, Vilnius  
*joksas@geo.lt*

**Įvadas.** Kuršių marių Lietuvos akvatorija yra Baltijos jūros link palaipsniui judančio gėlo vandens sekus baseinas. Dėl jūros vandens prasiskverbimų į marias gėlas vanduo neretai pasūreja. Daugiausia vandens ir nuosėdinės medžiagos į šią akvatoriją atiteka Nemuno deltos atšakomis, kurių didžiausios yra Atmata ir Skirvytė. Vandens teršalų sklaidos kelius ypač gerai reprezentuoja sunkiųjų metalų spektro ir koncentracijų dugno nuosėdose kaita (Pekey et al., 2004; Nasr et al., 2006). Šio darbo tikslas yra nustatyti Kuršių marių dugno nuosėdų užterštumo sunkiaisiais metalais mastą, atskirų teršalų reikšmę bendrajam užterštumui, įvertinti sunkiųjų metalų patekimo į Kuršių marias galimybę tiek su upių vandenimis, tiek ir iš Klaipėdos uosto. Straipsnyje analizuojamas Kuršių marių Lietuvos akvatorijos ir Nemuno deltos su Minijos upės žemupiu paviršinių dugno nuosėdų užterštumas sunkiaisiais metalais Zn, Cr, Cd, Ni, Cu, Pb and Hg, nustatyti imliausi teršalams dugno nuosėdų arealai.

**Medžiaga ir metodika.** Dugno nuosėdų paviršinio sluoksnio (0–3 cm) mėginiai (41) paimti 2013–2014 metų tarpsniu Kuršių marių Lietuvos akvatorijoje ir Nemuno deltoje. Smėlio ir dumblo frakcijos išskirtos pagal LAND 46A-2002 (Lithuanian standards, 2002). Sunkiųjų metalų Zn, Cr, Cd, Ni, Cu, Pb ir Hg koncentracijos nustatytos ICP-MS metodu (Loring et al., 1992; Montaser, 1998), organinės anglies koncentracija – oksidacijos aukštoje temperatūroje metodu (Tiessen et al., 1993).

Nuosėdų užterštumui sunkiaisiais metalais įvertinti panaudotos norvegų mokslininkų apskaičiuotos ribinių leistinų koncentracijų (MCL) reikšmės (Bakke et al., 2010), kurias nustatant labiausiai atsižvelgiama į metalo toksinį poveikį vandens organizmams ir žmogaus sveikatai (Bakke et al., 2010; Galkus et al., 2012). Kuršių marių dugno nuosėdų užterštumo sunkiaisiais metalais laipsnis įvertintas apskaičiuojant Nemerovo užterštumo rodiklį (PI), adaptuotą dugno nuosėdoms (Gouzhang et al., 2006). Kiekvieno metalo (i) taršos indėlis į bendrą nuosėdų užterštumą (vienetinis rodiklis  $PI_i$ ) įvertinamas kaip santykis tarp išmatuotos metalo koncentracijos ( $C_i$ ) ir jo MCL reikšmės ( $L_i$ ). Bendrasis užterštumo sunkiaisiais metalais rodiklis PI apskaičiuojamas pagal formulę (Gouzhang et al., 2006):

$$PI = \sqrt{\frac{[AVG(PI_i)]^2 + [MAX(PI_i)]^2}{2}} \quad (1)$$

kur:  $AVG(PI_i)$  – atskirų sunkiųjų metalų  $PI_i$  vidurkis,  $MAX(PI_i)$  didžiausia  $PI_i$  reikšmė. Kai  $PI(PI_i) \leq 0,7$  – nuosėdos švarios,  $0,7 < PI(PI_i) \leq 1$  – nuosėdos dar neužterštos, tačiau jau yra netoli pavojingos taršos ribos,  $1 < PI(PI_i) \leq 2$  – mažai užterštos nuosėdos,  $2 < PI(PI_i) \leq 3$  – vidutiniškai užterštos nuosėdos,  $PI(PI_i) > 3$  – labai užterštos nuosėdos (Gouzhang et al., 2006; Galkus et al., 2012).

Skirtingu atstumu nuo potencialių taršos šaltinių nutolusių dugno nuosėdų užterštumo sunkiaisiais metalais įvertinimui palengvinti Kuršių marių Lietuvos akvatorija buvo suskirstyta į penkias sedimentacinės zonos: I – nuo Klaipėdos uosto akvatorijos iki  $55^{\circ}33'30''$  šiaurės platumos, II – nuo  $55^{\circ}33'30''$  iki  $55^{\circ}27'50''$ , III – nuo  $55^{\circ}27'50''$  iki  $55^{\circ}21'10''$ , IV – nuo  $55^{\circ}21'10''$  šiaurės platumos iki valstybinės sienos su Rusijos administruojama Kuršių marių akvatorija ir V – Nemuno deltos zona.

**Tyrimų rezultatai.** Kuršių marių Lietuvos akvatorijoje ir Nemuno deltoje labiausiai paplitę smėlio nuosėdos. Šiame darbe analizuojamų mėginių paėmimo metu daugumą jų sudarė smulkiagrūdis smėlis (0,25–0,1 mm >50 %). Vidutingrūdzio smėlio (0,5–0,25 mm >50 %) rasta tik kai kur Nemuno deltoje.

Dumblo nuosėdų mėginiai paimti iš kelių lokalių dumblo kaupimosi arealų III ir IV sedimentacinėse zonose. Šiuose mėginiuose aptiktos didžiausios tirtoje Kuršių marių akvatorijoje sunkiųjų metalų koncentracijos. (1 lentelė). Sunkiųjų metalų vidurkinės koncentracijos dumblo nuosėdose yra didesnės, negu vidutiniškai smėlyje: Cu – 7,4 karto, Hg – 6,7, Ni – 6,0, Cd – 5,3, Zn – 5,1, Cr – 4,1, Pb – 3,7 karto.

1 lentelė

Kuršių marių Lietuvos akvatorijos ir Nemuno deltos paviršinių dugno nuosėdų rodikliai

Stotis	Rodiklis*	C <sub>org</sub> , %	Koncentracija, mg/kg						
			Cu	Pb	Zn	Ni	Cr	Cd	Hg
Smėlis 34 stotys	AVG	0,38	3,9	7,6	15,1	3,3	7,0	0,12	0,015
	MIN	0,05	0,9	3,8	5,6	0,8	2,0	<0,1	<0,01
	MAX	1,1	12,3	18,9	33	8,4	18,0	0,20	0,03
Dumblas 7 stotys	AVG	4,39	28,9	28,0	76,4	19,8	28,7	0,64	0,10
	MIN	2,8	12,6	14,9	45,5	8,4	19,0	0,30	0,03
	MAX	6,3	65,7	44,7	105	39,6	40,0	0,90	0,21
	MCL		35,0	30,0	150,0	30,0	70,0	0,25	0,15

\* AVG – vidurkinė reikšmė; MIN – minimali reikšmė; MAX – maksimali reikšmė; MCL – ribinės leistinos koncentracijos reikšmė.

Vertinant dugno nuosėdų prisotinimo sunkiaisiais metalais laipsnį, sunkiųjų metalų vidurkinės koncentracijos kiekvienoje iš mūsų išskirtų sedimentacinių zonų labiausiai priklauso nuo to, ar zonoje yra dumblo nuosėdų. Dumblo nuosėdų turinčios pietinės III ir IV sedimentacinės zonos tampa ryškiais lyderiais pagal vidurkinės sunkiųjų metalų koncentracijas dugno nuosėdose. Bendrojo taršos rodiklio  $PI$  vidurkinė reikšmė labiausiai išauga avandeltinėje IV zonoje (iki 1,01), antroje vietoje – III zona (0,82). Mažiausiai reikšmingas bendrajam nuosėdų užterštumui yra  $PI_{Zn}$  (0,17), nedaug reikšmingesnis –  $PI_{Cr}$  (0,18). Toliau  $PI_i$  pagal reikšmingumą išsidėsto taip:  $PI_{Hg}=0,19$ ,  $PI_{Ni}=0,20$ ,  $PI_{Cu}=0,23$ ,  $PI_{Pb}=0,37$ ,  $PI_{Cd}=0,77$ . Įvertinus tik dumblo nuosėdas,  $PI$  reikšmės labai išauga ir svyruoja nuo 0,96 iki 2,66.  $PI_{Cd}$  dumblo nuosėdoms visais atvejais viršija 1.  $PI_i > 1$  reikšmė  $PI_{Pb}$  atveju nustatyta trims (1,04–1,5),  $PI_{Cu}$  – dviems (1,3–1,9),  $PI_{Hg}$  – vienam (1,4) iš dumblo mėginių.

Kadangi dumblo nuosėdų tyrimų rezultatai smarkiai paveikia tam tikro arealo dugno nuosėdų užterštumo sunkiaisiais metalais rodiklių vidurkinės reikšmės, galimam Klaipėdos uosto ir Nemuno upės išnašų poveikiui Kuršių marių užterštumui sunkiaisiais metalais įvertinti toliau naudosime tik smėlio mėginių analitinių tyrimų rezultatus (2 lentelė).

2 lentelė

Sunkiųjų metalų vidurkinės koncentracijos (mg/kg) ir  $PI_i$  vidurkinės reikšmės Kuršių marių Lietuvos akvatorijos ir Nemuno deltos sedimentacinėse zonose

Elementas	Sedimentacinė zona				
	I	II	III	IV	V
Hg	0,017	0,010	0,012	0,012	0,006
Cu	4,97	3,63	4,27	3,57	2,20
Pb	8,29	6,88	7,29	8,37	6,93
Zn	21,5	11,9	8,88	15,9	13,2
Ni	4,28	2,55	3,73	3,43	1,93
Cd	0,11	0,083	0,067	0,092	0,092
Cr	8,88	5,97	5,03	9,57	4,60
$PI_{Hg}$	0,11	0,07	0,08	0,08	0,04
$PI_{Cu}$	0,14	0,10	0,12	0,10	0,06
$PI_{Pb}$	0,28	0,23	0,24	0,28	0,23
$PI_{Zn}$	0,14	0,08	0,06	0,10	0,09
$PI_{Ni}$	0,14	0,09	0,12	0,11	0,06
$PI_{Cd}$	0,44	0,33	0,27	0,37	0,37
$PI_{Cr}$	0,13	0,09	0,07	0,14	0,06
$PI$	0,39	0,30	0,29	0,32	0,29

Daugumos sunkiųjų metalų didžiausios vidurkinės koncentracijos yra arčiausiai Klaipėdos uosto esančioje I zonoje. Tik švino ir chromo vidurkinės koncentracijos maksimalias reikšmes pasiekia avandeltinėje IV zonoje.

Minimaliomis vidurkinėmis daugelio metalų (Hg, Cu, Ni, Cd, Cr) koncentracijomis pasižymi Nemuno deltos nuosėdos. Švino mažiausiai rasta II, cinko ir kadmio – III zonoje.

Nepaisant nevienodo nuosėdų prisotinimo sunkiaisiais metalais laipsnio, visos smėlio nuosėdos pagal užterštumą sunkiaisiais metalais patenka į švurių nuosėdų kategoriją ( $PI \leq 0,7$ ). Santykinai didžiausias užterštumo lygis yra I sedimentacinėje zonoje. Antroji vieta pagal užterštumą tenka IV zonai. Didžiojoje smėlio nuosėdų dalyje PI reikšmės svyruoja 0,21–0,34 ribose. Kaip ir dumble, aukščiausias reikšmes tarp visiems analizuotiems sunkiesiems metalams apskaičiuotų  $PI_i$  nustatėme  $PI_{Cd}$ : iki 0,8, (vidutiniškai visoms smėlio nuosėdoms – 0,4). Smėlio nuosėdose mažiausiai bendrajam užterštumui reikšmingas yra  $PI_{Hg}$  (0,08). Pagal vidurkines  $PI_i$  sunkiųjų metalų reikšmė nuosėdų užterštumui auga šia tvarka:  $PI_{Zn}=0,09$ ,  $PI_{Cr}=0,098$ ,  $PI_{Ni}=0,103$ ,  $PI_{Cu}=0,104$ ,  $PI_{Pb}=0,25$ ,  $PI_{Cd}=0,36$ .

Palyginus su ankstesniais tyrimais (Pustelnikovas, 1998; Jokšas, 1999; Emelyanov et al., 2015) šiame straipsnyje pateikiamos sunkiųjų metalų vidurkinės koncentracijos nedemonstruoja didesnių dugno nuosėdų užterštumo sunkiaisiais metalais pokyčių laiko bėgyje. Vienintelis nikelis ir smėlyje, ir dumble pagal mūsų tyrimų rezultatus nesiekia anksčiau nustatytų koncentracijų vidurkių, o varis dumblo nuosėdose juos viršija.

**Išvados.** Kuršių marių dugno nuosėdų paviršiniame horizonte (0–3 cm) sunkiųjų metalų koncentracijos turi tendenciją didėti nuosėdų dalelėms smulėjant ir nuosėdoms dumbležant.

Palyginus su ankstesniais tyrimais, šiame darbe aprašytos sunkiųjų metalų koncentracijos nedemonstruoja didesnių dugno nuosėdų užterštumo sunkiaisiais metalais pokyčių per pastaruosius 40 metų.

Apskaičiavus užterštumo rodiklio reikšmes nustatyta, kad Kuršių marių Lietuvos akvatorijoje ir Nemuno upės deltoje smėlio nuosėdos visur atitinka švurių dugno nuosėdų kategoriją. Marių dumblo nuosėdos yra nežymiai užterštos sunkiaisiais metalais.

Nustatyta, kad į arčiausiai Klaipėdos uosto esantį Kuršių marių arealą patenka daugiau teršalų, negu į kitas marių zonas. Sunkiųjų metalų patekimo iš Nemuno upės deltos arealo požymių smėlio dugno nuosėdose neaptikta.

Kuršių marių Lietuvos akvatorijos ir Nemuno deltos dugno nuosėdų užterštumui sunkiaisiais metalais reikšmingiausias teršėjas yra kadmio. Pagal reikšmingumą tyrinėti sunkieji metalai išsidėsto taip:  $Cd > Pb > Cu > Ni > Hg > Cr > Zn$ .

## Literatūra

Bakke T., Kälqvist T., Ruus A. et al. 2010. Development of sediment quality criteria in Norway. Soils Sediments, 10, 172–178.



- Emelyanov E. M., Gulbinskas S., Suzdalev S. 2015. Biogenic components and trace elements in the sediments of river mouths and accumulation areas of Curonian Lagoon (south-eastern Baltic Sea). *Baltica*, 28 (2), 151–162.
- Galkus A., Jokšas K., Stakėnienė R. et al. 2012. Heavy Metal Contamination of Harbor Bottom Sediments, *Pol. J. Environ. Stud.*, 21 (6), 1583–1594.
- Gouzhang Z., Leping Y., Zhipei L. et al. 2006. Assessment on heavy metals pollution of agricultural soil in Guazhong District, *J. Geographical Sciences*, 16 (1), 105–113.
- Jokšas K. 1999. Metal distribution in the sediments of Kuršių Marios Lagoon, Lithuania. *Baltica*, 12, 38–42
- Lithuanian standards: Rules for Dredging in Sea and Seaport Basins and for the Disposal of the Dredged Soil (LAND 46A-2002). 2002. *Valstybes Žinios* 139.
- Loring D. H., Rantala R. T. 1992. Manual for the Geochemical Analysis of Marine Sediments and Suspended Particulate Matter. *Earth Science Reviews*, 32, 235–283.
- Montaser A. (Ed.). 1998. *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*. New York: WILEY-VCH.
- Nasr S. M., Okbah M. A., Kasem S. M. 2006. Environmental assessment of heavy metal pollution in bottom sediments of Aden Port. *Yemen International Journal of Oceans and Oceanography*, 1 (1), 99–109.
- Pekey H., Karakas D., Ayberk S. et al. 2004. Ecological risk assessment using trace elements from surface sediments of Izmit Bay (Northeastern Marmara Sea) Turkey. *Marine Pollution Bulletin*, 48 (9–10), 946–953.
- Pustelnikovas O. 1998. *Geochemistry of Sediments of the Curonian Lagoon (Baltic Sea)*. Vilnius: Institute of Geography.
- Tiesen H., Moir J. O. 1993. Total and organic carbon. In: Carter M.E. (Ed.), *Soil Sampling and Methods of Analysis*, Ann Arbor: Lewis Publishers, 187–211.

## PIETRYČIŲ BALTIJOS KONTEINERIŲ TERMINALŲ APŽVALGA IR KROVOS TENDENCIJOS

**Mindaugas Jusis<sup>1</sup>, Tomas Eglynas<sup>1</sup>, Audrius Senulis<sup>4</sup>,  
Saulius Gudas<sup>2</sup>, Sergej Jakovlev<sup>3</sup>, Marijonas Bogdevičius<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Informatikos ir statistikos katedra, Klaipėda, <sup>2</sup>Vilniaus universiteto Programų sistemų inžinerijos skyrius, Vilnius, <sup>3</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Jūros mokslų ir technologijų centras, Klaipėda, <sup>4</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Inžinerijos katedra, Klaipėda  
*mindaugas.jusis@gmail.com*

**Įvadas.** Didėjantys krovinių srautai, augančios uostų krovos apimtys bei didesni atplaukiantys laivai didina Klaipėdos uosto infrastruktūros plėtros poreikį. Per analizuojamą laikotarpį nuo 2009 metų konteinerių krova uoste didėjo beveik dvigubai (195000 TEU) ir šiuo metu siekia ~449 tūkst. TEU (VĮ „Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcija“, 2016). Šiame darbe analizuojami pietryčių Baltijos šalių konteinerių terminalų krovos pajėgumai (KTKP), krovos apimtys bei pokyčiai per pastaruosius 5 metus, lyginamos konteinerių krovos apimtys. Darbe, įvertinus Klaipėdos uosto plėtros planus bei kitų uostų pokyčių patirtį, taikant linijinį metodą, prognozuojama Klaipėdos uosto artimiausių metų konteinerių preliminarinė krova ir aptariamoms Klaipėdos KTKP plėtros galimybės. Taip pat pateikiamas išvestinis rodiklis uosto KTKP palyginimui – konteinerių krovos pajėgumas terminalo krantinės ilgiui (Paulauskas, 2011). Šis įvertis suteikia galimybę lengviau palyginti KTKP apimtis.

**Konteinerių krovos terminalų rodikliai ir statistika.** Klaipėdos uostas per pastaruosius metus padarė reikšmingą pažangą konteinerių krovos srityje. Klaipėdos Smeltės terminale buvo įdiegti nauji krantinės kranai, galintys aptarnauti „Postpanamax“ tipo konteinerinius laivus (UAB „Klaipėdos Smeltė“, 2016). Ši investicija leido pasiekti 44 % didesnę krovą lyginant su analizuojamo laikotarpio pradžia, 2009 metais (UAB „Klaipėdos Smeltė“, 2016). Klaipėdos uoste įsikūrę du konteinerių terminalai, kuriuose vykdoma konteinerių krova 2016 metais pasiekė ~449 tūkst. TEU, o jų krantinių bendras krantinės ilgis siekia 1888 metrus (VĮ „Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcija“, 2016). Klaipėdos konteinerių krovos terminalas geriausia krovą buvo pasiekęs 2014 metais, kai konteinerių krova sudarė 5,61 mln. t arba ~450 tūkst. TEU per metus (VĮ „Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcija“, 2016). Klaipėdos uoste didžiausias aptarnautas konteinerinis laivas (2015 metai)

vertinant laivo ilgį, plotį ir talpą – „MSC ASYA“. Šio laivo ilgis – 336,68 m, plotis – 45,6 m ir talpa – 9178 TEU (UAB „Klaipėdos smeltė“, 2016).

Rygos uosto maksimalus metinis KTKP, kuris sudaro 550 tūkst. TEU, yra 52 % Klaipėdos uosto KTKP (Freeport of Riga Authority, 2016), o Talino TRANSIIDIKESKUSE AS konteinerių terminalas – sudaro ~67 % Klaipėdos uosto pajėgumų – 700 tūkst. TEU (Transiidikeskuse AS, 2016). Gdansko uosto metinis KTKP beveik 3 kartus didesnis nei Klaipėdos uosto, nors krantinės ilgis mažesnis ~30 %. Gdynės uosto metiniai KTKP ~14 % viršija Klaipėdos uosto metinius KTKP, tačiau krantinės trumpesnės 3 kartus. Apibendrinta nagrinėjamų uostų krova ir infrastruktūros įtaka krovai pateikta 1 lentelėje (Freeport of Riga Authority, 2016; VĮ „Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcija“, 2016; Transiidikeskuse AS, 2016; Port of Gdansk Authority SA, 2016; Port of Gdynia Authority S.A. 2015).

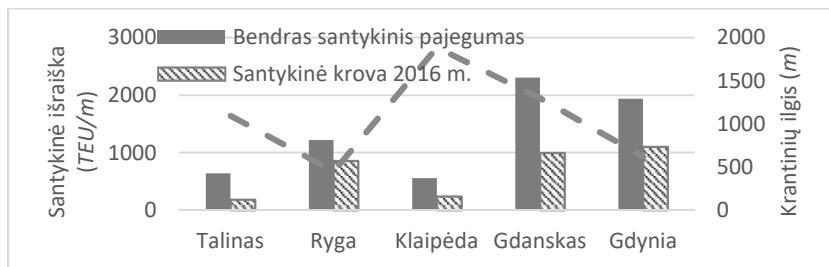
*1 lentelė*

Pietryčių Baltijos konteinerinių terminalų krovos pajėgumai

Miestas	Terminalų krantinių ilgis (m)	Metinis pajėgumas (TEU)	Krova 2016 m. (TEU)	Bendras santykinis pajėgumas (TEU/m)	Santykinė krova 2016 m. (TEU/m)
Talinas	1094	700000	202000	640	185
Ryga	450	550000	385000	1222	856
Klaipėda	1888	1050000	443000	556	235
Gdanskas	1300	3000000	1299373	2308	1000
Gdynė	620	1200000	684796	1935	1105

Palyginimui pateikiamas išvestinis uosto KTKP rodiklis, kuris leidžia įvertinti krovos efektyvumą tenkantį vienam metrui turimos terminalo krantinės, vertinant ne faktinę krova, o infrastruktūrinį pajėgumą. Lyginant su kitais Baltijos šalių pietryčių pakrantės uostais, Klaipėdos konteinerių terminalai turi ilgiausią krantinę (1 lentelė). Tačiau santykinė krova 2016 metais yra viena mažiausių, mažesnė suskaičiuota santykinė krova vykdoma tik Talino konteinerių terminale, kuris pagal šį rodiklį neefektyviai naudoja krantinę.

Klaipėdos konteinerių terminalo ir Klaipėdos Smeltės didžiausios krovos apimtys sudaro bendrą Klaipėdos uosto metinį KTKP, lygų 1050 tūkst. TEU. Tačiau išanalizavus situacija ir įvertinus santykinės krovos tenkančios vienam konteinerių terminalo krantinės metrui rodiklį (1 pav.), galima teigti, kad Klaipėdos konteinerių terminalai turimą krantinę išnaudoja nepakankamai efektyviai lyginant su Rygos, Gdansko ar Gdynės terminalais.



1 pav. Baltijos šalių pietryčių pakrantės uostų konteinerių krovos statistika.

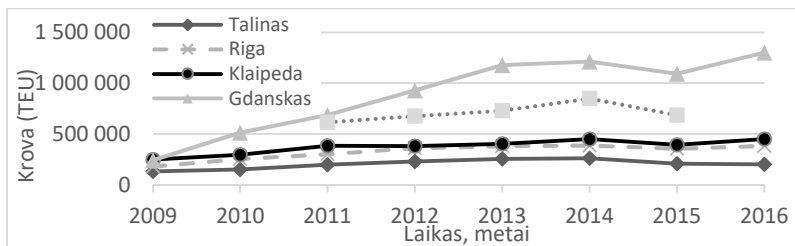
Palyginimui, vieno efektyviausių Gdynės konteinerių terminalo krantinės ilgis yra ~67 % trumpesnis nei Klaipėdos, tačiau jo santykinė krova 2016 metais yra beveik keturis kartus didesnė. Gdynės terminalo metinis pajėgumas siekia 1,2 mln. TEU, o santykinis – 1935 TEU/m ir lyginant su Klaipėdos turimu krantinės ilgiu yra beveik 3,5 karto didesnis. Kaimyninėje Latvijoje santykinė krova yra beveik keturis kartus didesnė nei Klaipėdoje.

Lyginant Klaipėdos uosto ir kitų pietryčių Baltijos jūros uostų konteinerių santykinės krovos, galima teigti, kad Klaipėdos uosto konteinerių terminalai nepakankamai efektyviai išnaudoja turimą krantinę krovai vykdyti. Tai lemia nepakankamas modernių krovos valdymo technologijų diegimas ir turimos infrastruktūros panaudojimas krovai, sandėliavimui ar transportavimui. Šiai dienai konteinerinių krovai Klaipėdos uoste išnaudoja daugiau nei 40 % (1 lentelė) deklaruojamų KTKP (VĮ „Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcija“, 2016). Atsižvelgiant į uosto plėtros perspektyvas ir vykdomus laivybos kanalo gilinimo darbus yra tikėtina didesnė konteinerinių krovai. Dėl minėtų infrastruktūros gerinimo darbų didieji konteineriniai laivai turės technines galimybes krauti Klaipėdoje. Modernios infrastruktūros, gilesnio uosto arba giliau vandens uosto pavyzdžiai pietryčių Baltijos terminalų praktikoje rodo efektyvesnę terminalų darbą (1 pav.).

**Statistinės analizės rezultatai.** Apibendrinant uosto pajėgumus žemiau pateiktame grafike (2 pav.) vaizduojama visų regiono uostų konteinerių krova.

Konteinerių krova Klaipėdos uoste 2016 metais siekia 449 tūkst. TEU, iš kurių UAB „Klaipėdos Smeltė“ terminale – ~185 tūkst. (~41 %). Nors ir turinti didžiuosius kranus UAB Klaipėdos Smeltė konteinerių krovos apimtys nesiekia galimų pajėgumų dėl to, kad uosto gylis riboja didesnių laivų atplaukimą.

Klaipėdos uosto konteinerių krovos preliminarini prognozė, siekiant įvertinti KTKP plėtros poreikį, buvo atlikta naudojant linijinį prognozės metodą ir 2009–2016 metų krovos duomenis.



2 pav. Uostų konteinerių krovos statistika.

Vertinant dabartinę krovą galima preliminariai nustatyti uosto plėtros arba KTKP didinimo laiką, todėl tokiems vertinimams tikslinga naudoti linijinį prognozės metodą, kurio lygtis (Paulauskas, 2011):

$$Q_t = a + b t \quad (1)$$

kur:  $a$  – koeficientas ( $-5,0021 \cdot 10^7$  TEU);  $b$  – koeficientas (25042 TEU/metams);  $t$  – laikas, metais. Koeficientai nustatyti naudojantis programiniu paketu Matlab.

Remiantis praeities statistiniais duomenimis ir linijiniu prognozavimo metodo skaičiavimo rezultatais Matlab aplinkoje, konteinerių krova Klaipėdos uoste 2030 metais esant realistiniam variantui bus 813675 TEU su pasikliautiniu intervalu [572721; 1054629] TEU, kai reikšmingumo lygmuo  $p = 0,1417$  (nėra didelė). Preliminariai, esant optimistiniam variantui, konteinerių krova Klaipėdos uoste 2030 metais galėtų viršyti esamus KTKP (1050000 TEU). Tačiau šiuos skaičiavimus reiktų patikslinti naudojant netiesinį arba daugiakriterinį prognozės metodus, kurie įvertintų Lietuvos ir pasaulio ekonomikos vystymąsi (BVP pokytį), krovinių krovos ir transportavimo kaštų kaitą, investicijų dydį į infrastruktūrą ir kitus parametrus. Todėl autorių nuomone, siūloma konteinerių terminalą plėsti arba didinti efektyvumą diegiant modernias krovos valdymo technologijas, leidžiančias terminalo esamus KTKP panaudoti efektyviau ir leistų paspartinti uosto plėtrą.

**Rezultatų aptarimas ir išvados.** Vieni iš pagrindinių regiono konkurentų Gdanskas ir Gdynė konteinerių terminalai turi giliau vandenius uostus, o tai lėmė šių uostų konteinerių krovos plėtrą per pastaruosius metus. Tačiau atsižvelgiant į Klaipėdos uosto perspektyvą gilinti iki 17,5 m ir platinti iki 250 metrų įplaukos kanalą, Klaipėdos uosto konteinerių krova turėtų ženkliai padidėti, o ypač UAB „Klaipėdos Smeltė“, kuri įsirengė modernius konteinerių krovos kranus galinčius aptarnauti didelės grimzles POSTPANAMAX laivus.

Gauti preliminarūs prognozės rezultatai, taikant linijinį prognozavimo metodą ir remiantis praeitais statistine informacija, leidžia daryti prielaidą, kad esamos Klaipėdos uosto konteinerių krovos terminalų infrastruktūros turėtų pakakti. Konteinerių krovai augant optimistiniais tempais (2030 m. – 1054629 TEU) Klaipėdos uosto infrastruktūros konteinerių pajėgumų krovai pakaks artimiausiems 13 metų. Tačiau ilgalaikėje perspektyvoje (nuo 2030 metų) būtina planuoti uosto plėtrą arba didinti uosto krovos galimybes diegiant modernias krovos valdymo technologijas ar plėtotis veiklą statant gilia vandeni uostą. Tai lemia pagrindinių konkurentų – Gdynės, Rygos ir Gdanskio efektyvesnis krantinių išnaudojimas ir geresni konkurentų uostų santykiniai KTKP.

## Literatūra

- Freeport of Riga Authority. 2016. Statistics. [žiūrėta 2017-02-06]. Prieiga per internetą <http://rop.lv/en/about-port/statistics.html>.
- Paulauskas V. 2011. Optimalus uostas. Klaipėda: Klaipėdos universiteto leidykla.
- Port of Gdansk Authority SA. 2016. Cargo Statistics. [žiūrėta 2017-02-06]. Prieiga per internetą <https://www.portgdansk.pl/about-port/cargo-statistics>.
- Port of Gdynia Authority S.A. 2015. Cargo Statistics. [žiūrėta 2017-02-06]. Prieiga per internetą <http://www.port.gdynia.pl/en/about-port/statistics>.
- Transiidikeskuse AS. 2016. Container Terminal. [žiūrėta 2017-02-06]. Prieiga per internetą <http://www.tk.ee/en/terminals/container-terminal/>.
- UAB „Klaipėdos smeltė“. 2016. Konteinerių terminalų paslaugos. [žiūrėta 2017-02-10]. Prieiga per internetą <http://www.smelte.lt/lt/paslaugos/konteineriu-terminalo-paslaugos/>.
- VĮ „Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcija“. 2016. Uosto statistika. [žiūrėta 2017-02-06]. Prieiga per internetą <http://www.portofklaipeda.lt/uosto-statistika>.

## SEZONINIAI DUGNO RELJEFO POKYČIAI PIETINĖJE ATMATOS ATŠAKOS DALYJE 2014–2015 METAIS

Enrika Juzėnaitė<sup>1</sup>, Igor Osadčij<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Gamtos mokslų katedra, Klaipėda, <sup>2</sup>Šilutės hidrometeorologijos stotis, Šilutė  
*enrika.juzenaite@gmail.com*

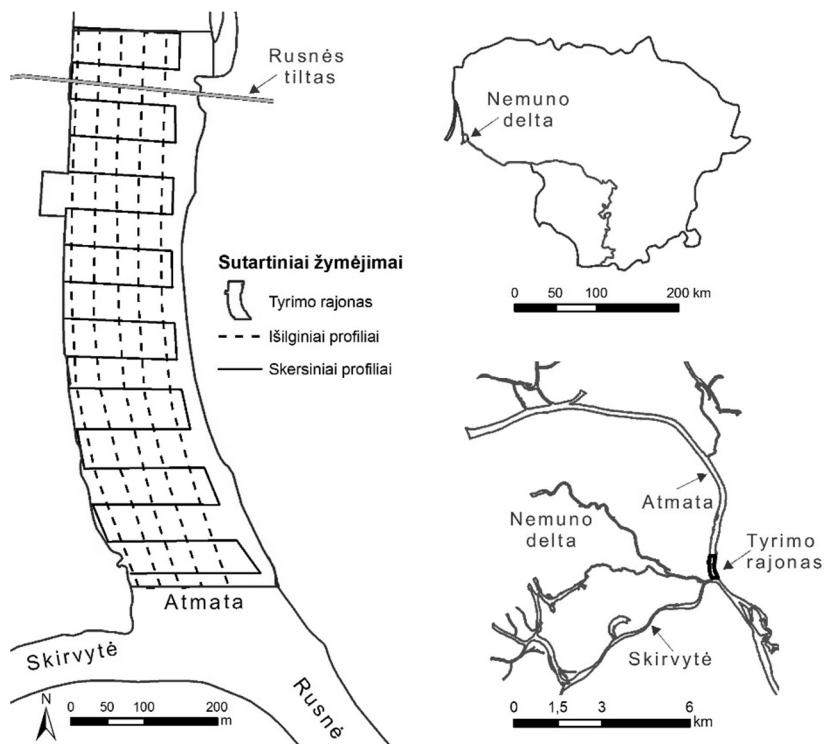
**Įvadas.** Pirmosios senojo pasaulio žinios apie Baltijos jūros rytinį krantą, Kuršių marias ir neriją bei Nemuno delta siekia antikos laikus (Žaromskis, 2013). Nemuno delta pradėjo formuotis maždaug prieš 13–14 tūkstančių metų, priedėdyninio baseino paliktoje, limnoglacialinėje lygumoje (Trimonis, 2005). Atlikti detalesnius tyrimus anksčiau galimybės nebuvo tokios plačios kaip šiandien, todėl išsamesni šiaurinėje Nemuno deltoje esančios Atmatos atšakos batimetriniai tyrimai yra svarbūs norint pamatyti šiandieninę situaciją šiame ruože. Atmatos atšakos dugno reljefo kitimą sąlygoja gamtiniai (vandens lygio kaita, srovių veikla, nešmenys ir t. t.) ir antropogeniniai veiksniai. Pagal Žilinską (2012), antropogeninė veikla pasireiškia per Atmatos krantų pastovų tvirtinimą, o žiotyse – per gilinimą. Šie Atmatoje ir visoje Nemuno deltoje vykstantys procesai skatina domėtis šio segmento pokyčių dinamika.

Darbo tikslas – analizuoti sezoninius Atmatos dugno reljefo pokyčius nuo Rusnės išsišakojimo į Atmatą ir Skirvytę iki nusistatytos ribos už Rusnės tilto.

**Metodai.** Gylių matavimai Atmatos atšakos dalyje (1 pav.) buvo vykdomi 2014–2015 m. pavasario, vasaros ir rudens sezonais. Matavimai vyko dviem būdais: Klaipėdos universiteto, laivų projektavimo specialybės magistrantų sukurtu katamaranu (2014 m. matavimas) bei paprasta valtimi (2015 m. matavimai). Katamaranas plaukia 1 m/s greičiu iš anksto sudarytais ir į sistemą įvestais matavimo profiliais, o plaukiant valtimi turimas kompiuteris, kurio ekrane matomi profiliai ir valties padėtis, jai plaukiant 1–2 m/s greičiu. Matuojant gylius abiem būdais prie prietaisų yra pritvirtinamas echolotas. Pagal Agapovą (1972) echolotas yra elektrinis prietaisas, kuris siunčia garsą jūros dugno link, o garsas atsispindi nuo dugno ir grįžta į laivą, išmatavęs per kiek laiko garsas ėjo iki dugno ir atgal, nustatydamas gylio reikšmes.

Pasak Žaromskio (2013) nepastovių upių vandeningumą atskleidžia vagos skersinio ir išilginio profilių kaita, todėl tiriamoje atkarpoje buvo matuojama 16 skersinių ir 5 išilginiai profiliai (1 pav.). Atstumai tarp matavimo profilių parinkti pagal Valiuškevičiaus (2011) gylių matavimo metodiką ir siekė 25 m tarp išilginių profilių. Skersiniuose profiliuose atstumai tarp profilių parinkti didesni – 50 m, dėl tolydaus reljefo tiriamoje dalyje.

Pradiniam gylių reikšmių apdorojimui naudojamas HYMER programos rinkinys, kuris pagal Smith (2015) yra apibrėžiamas kaip hidrometrinės programinės įrangos paketas suteikiantis galimybę analizuoti hidrometrinius, hidrologinius ar klimato duomenis. Matavimų rezultatus privedus prie vieno vandens lygio (Rusnės vandens matavimo stoties (toliau – VMS) „nulio grafiko“, 1 lentelė), kad geriau atsiskleistų Atmos atšakos sezoninė dugno reljefo kaita, ArcGIS Desktop programa atliekama tiesinė gylių interpoliacija. Tiesinė interpoliacija – tai zoninė pirmo laipsnio polinomo interpoliacija, kur jungtys tarp gretimų zonų sutampa su duomenų taško padėtimi (Mozgeris ir kt., 2008).



1 pav. Tyrimo vieta Nemuno deltos atšakoje – Atmatoje.

**Rezultatai.** Per 2014–2015 metų matavimus buvo išmatuota 85 313 gylių taškų. 1 lentelėje yra nurodyta, kiek išmatuotų taškų surinkta kiekvieno matavimo metu, pateiktos išmatuotos ir sutvarkytos (gyliai pristesti prie Rusnės



VMS „nulinio grafiko“) gylių reikšmių vidutinės, didžiausios ir mažiausios vertės metrais. Nustatyta gylių paklaida siekia ~15 cm.

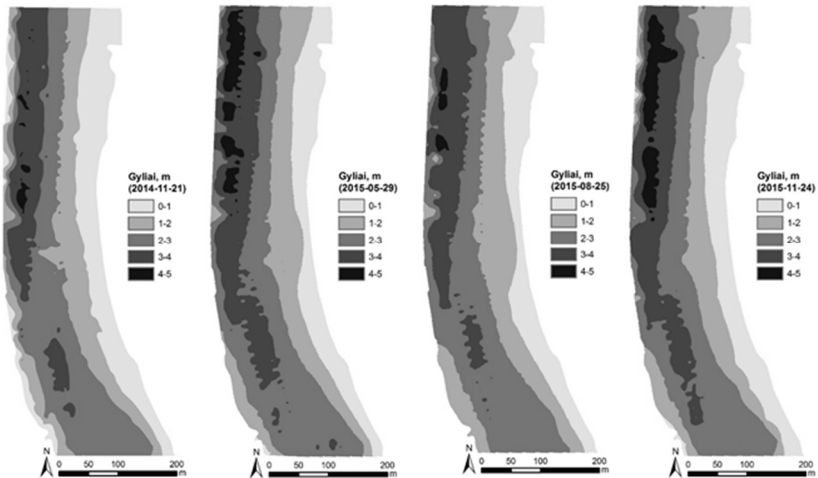
1 lentelė

2014–2015 metų Atmatos atšakos matavimo rezultatai

Matavimo data	Vandens lygis, cm*	Išmatuotų taškų skaičius	Vidutinis išmatuotas gylis, m	Didžiausias išmatuotas gylis, m	Mažiausias išmatuotas gylis, m
2014 11 21	159	7 247	2,21	4,52	0,32
2015 05 29	200	26 968	2,73	4,64	0,55
2015 08 25	153	30 577	2,52	4,23	0,41
2015 11 24	224	20 521	2,84	4,72	0,54

\*Vandens lygis nurodytas cm virš Rusnės VMS „nulinio grafiko“, kurio aukštis yra –1,67 m BS.

Gylių reikšmių (nuo 0 m iki 5 m) išsidėstymas tyrimo laikotarpiu yra panašus: didžiausi gyliai kairėje Atmatos atšakos dalyje, o seklesni dešinėje (2 pav.). Toks gylių išsidėstymas grindžiamas tuo, kad kairėje Atmatos atšakos dalyje nuolatos gilinamas farveteris, laivybai ir geresniam vandens pralaidumui potvynių metu.



2 pav. Išmatuoti sezoniniai gyliai Atmatos atšakos dalyje, po tiesinės interpoliacijos.

Didžiausių išmatuotų gylių reikšmės atskirais sezonais siekė nuo 4,2 iki 4,7 m, o mažiausių – svyravo nuo 0,3 iki 0,5 m. Vidutinis gylis tarp sezonų kito nuo 0,2 iki 0,5 m. Didžiausias vidutinio gylio pokytis yra 0,52 m tarp 2014 m. rudens ir 2015 m. pavasario matavimų. Tokį vidutinės gylių reikšmės pokytį gali nulemti pavasario potvynis, kurio metu vyrauja didesnės vandens srovės, pernešančios daugiau susikaupusių nešmenų. 2015 m. vasaros metu

matuotų gylių vidutinė reikšmė buvo 0,21 m mažesnė už pavasario vidutinius gylius, o tarp 2015 m. vasaros ir 2015 m. rudens sezonų gyliai padidėjo 0,32 m. Tokį pagilėjimą tarp sezonų galima pagrįsti rudenį gausesniu kritulių kiekiu – lietaus poplūdziais, kurie sąlygoja nešmenų išplovimą. Bendrus visų matavimų dugno reljefo pasikeitimus atskirais sezonais nulemia Nemuno deltoje nuolatos vykstantys morfologiniai procesai, kurie savo ruožtu tai padidina, tai sumažina gylius atskirų sezonų laikotarpiu.

**Išvados.** Gylių išsidėstymas tyrimo rajone yra netolygus: kairėje tiriamos atkarpos dalyje gyliai siekia 2–5 m, o dešinėje – 0–2 m. Tyrimo rajono pradžioje (Rusnės išsišakojime į Skirvytę ir Atmatą) beveik visas skersinis profilis siekia 2–3 m gylį, o tyrimo rajono pabaigoje ši riba susiaurėja iki pusės vagos pločio. Ryškiausi pokyčiai tarp matavimų pastebimi 3–4 m ir 4–5 m gylių ribose, o mažiausias pokytis 0–1 m reikšmėse. Didžiausi gyliai fiksuoti 2015 m. pavasario ir rudens sezonais, o mažiausi 2014 m. rudenį. Tyrimo laikotarpio pradžioje (2014-11-21) vidutinė gylių reikšmė siekė 2,21 m, o po metų (2015-11-24) – 2,84 m. Atsižvelgus į galimas matavimo paklaidas, gyliai tyrimo rajone per metus padidėjo ~0,5 m.

## Literatūra

- Agapovas S., Sokolovas S., Tichomirovas D. 1972. Geografijos žodynas. 121 p. Kaunas.
- Mozgeris G., Dumbrasukas M. 2008. Geoinformacinių sistemų pagrindai. Mokomoji knyga. Kaunas.
- Smith O. 2015. HYMER is the efficient tool in hydrological data handling. Prieiga per internetą: <http://www.orbicon.com/Hydrometric-data-management---HYMER.11746.aspx>
- Trimonis E. 2005. Sedimentologija. 165–170 p. Vilnius.
- Valiuškevičius G. 2011. Hidrometrija. 82–100 p. Vilnius.
- Žaromskis R. 2013. Nemuno delta. Klaipėda.
- Žilinskas G., Jarmalavičius D., Pupienis D., ir kt. 2012. Kuršių marių akvatorijos gamtinių, ypatumų, esamos Kuršių marių krantų būklės ir jos kaitos tendencijų analizė. Vilnius.

## **MOBILE TECHNOLOGY OF FREQUENCY- RESONANCE PROCESSING AND REMOTE SENSING OF THE EARTH (RSE) INTERPRETATION FOR SEA- OCEAN PROSPECTING: APPLICATION EXPERIENCE**

**Sergii Karabovych<sup>1</sup>, Ignat Korchagin<sup>1</sup>, Sergii Levashov<sup>2</sup>,  
Nikolay Yakymchuk<sup>2</sup>, Dmitriy Bozhezha<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Institute of Geophysics of Ukraine National Academy of Science, Kiev, Ukraine, <sup>2</sup>Institute of Applied Problems of Ecology, Geophysics and Geochemistry, Kiev, Ukraine  
*servalkars@yahoo.com*

**Introduction.** New paradigm of geophysical researches by frequency-resonance method (FRM) includes gathering, processing and interpretation of the following data:

- Frequency-resonance method of remote sensing of the Earth (RSE);
- Mapping by method of forming a short-pulsed electromagnetic field (FSPEF);
- A method of vertical electric-resonance sounding (VERS);
- Software for the measurement data registrations, processing and interpretation with technique for the field observations conducting.

New «substantial» paradigm geophysical researches within the limits of mobile method «direct search» concrete physical substance is carried out: gas, oil, waters, ore and minerals (gold, platinum, iron, silver, zinc, uranium, diamonds etc.) (Yakymchuk et al., 2015). In formation of this “substantial” paradigm it is possible to consider as the initial stage early studies and workings out on “direct” methods of searches of oil and gas. It’s now used in geological-geophysical terminology – anomaly of type “deposit” (ATD).

**Practical approbation of technology FRM.** Mobile «direct search» methods of frequency-resonant data processing RSE, the FSPEF and VERS as a whole, and also methodical questions of their application at the decision of concrete practical problems were developed and fulfilled by authors in an experimental mode on the search areas and objects in regions with various structurally-tectonic conditions.

Ukraine – gas, a gas condensate, oil, coal, drinking, mineral and geothermal water, uranium, gold, silver, copper, zinc, lead, amber. CIS (Belarus, Kazakhstan, the Russian Federation) – oil, gas, a gas condensate, gas-hydrate, gold, diamonds, zinc. Bulgaria – oil, gas. Gyana – gold, manganese. Iran – oil, gas. Lithuania – oil and gas (test). Madagascar – gold.

*Mongolia* – oil, gas, iron and uranium ores, geothermal water. *Turkey* – oil, gas, gold, platinum, geothermal waters. *Sudan* – oil, gas, gold. *An area of Antarctic Peninsula* – gas-hydrate, oil, gas, glaciers mapping, capacity of ice adjournment. *A shelf of the Falkland Islands* – oil, gas. *USA* – oil, gas; etc.

Some data on efficiency of drilling's results (for 2012) on shelves: *Norway* – drilled 43 search and prospecting boreholes, 14 openings (Norway..., 2013) were made (efficiency – 36 %); *England* – 66 boreholes were drilled, two have appeared as commercial (Poor..., 2013); *Namibia* – drilled 4 boreholes, commercial inflows hydrocarbons not received (Hodgson, 2013).

**Why so occurs?** The vice-president of company EMGS Ken Feather has expressed the opinion on new technologies (Feather, 2007): “For all benefits that successful game – changing technologies generate, history shows that they often have a relatively difficult time to start with. In fact, the user community tends to reject them, sometimes out of ignorance, sometimes out of fear, but mostly because they generally upset the status quo. They are often, in the best sense of the word, disruptive technologies”. In other words, the companies the contractors having millions-strong portfolios, frequently the state orders, are not interested in technologies cutting down expenses. As well as employees, as well as trade unions”.

**Examples of effective utilization technology FRM.** *Investigation in the Antarctic Peninsula region.* Mobile geophysical methods (including FSPEF and VERS) were tested during the seasonal works of the Ukrainian Antarctic expeditions (UAE) in the area located not far from the Ukrainian Antarctic Station (UAS) “Academic Vernadskij” in 2004, 2006 and 2012 (Feather, K. 2007, Bakhmutov et al., 2010). Obviously, much larger resources currently needed for the development of Arctic and Antarctic areas. In this regard, application of modern electromagnetic methods (such as FRM) along with the seismic ones is increasing in order to make the marine exploration of oil and gas more effective.

*Investigation in the Azov Sea offshore northern shelf.* These results are included to demonstrate the possibility of detection of anomalous polarized layers bedding depths by vertical scanning of RSE. The investigations in Azov Sea were conducted for the assessment of hydrocarbon accumulations (oil and gas) prospects within the local structures "Belosarayskaya" and "Udarnaya". FRM and RSE data processing and decoding using up to the exploratory wells drilling completing. RSE data over a local site and cross-section interval, where the fractured basement rocks (interval of 1690–2270 m) are located, six APL of “oil” type were allocated. The total thicknesses of all APL of “oil” type are equal 39 m.

*Investigation in the Republic of Lithuania, the test area, 2015. Oil and gas.* The main objective of test work – to draw attention of the service companies of the Baltic region to more effective and environmentally friendly approach to geological and exploration works. Testing results have shown the conformity of ATD to already known objects. Additionally, it has helped to allocate perspective sites for the research purposes and drilling activities.

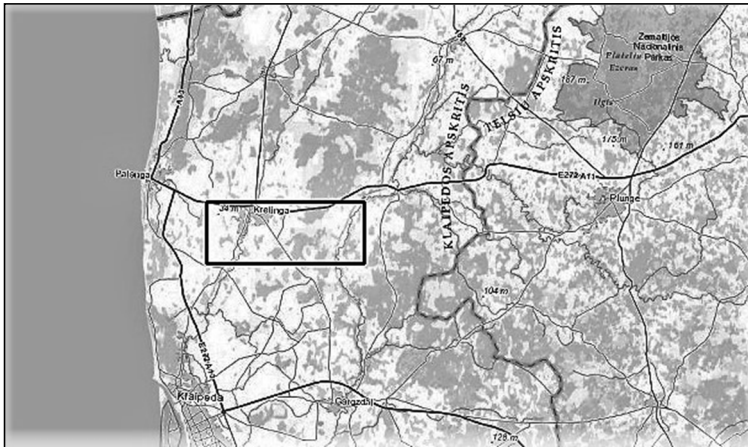


Fig. 1. Position of the test area on the administrative map of Lithuania.

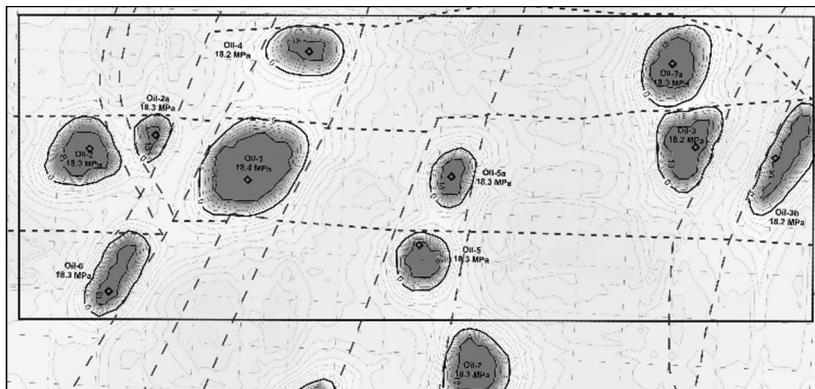
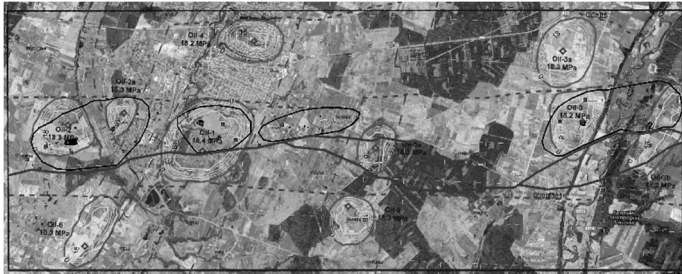


Fig. 2. Arrangements, contours and data about collector's pressure upon anomalies of type "Deposit" AT.



*Fig. 3.* Comparisons of the data of FRM interpretation and contours of deposits of hydrocarbons fulfilled now (it is allocated black). A red continuous line – a tectonic fracture zone by data 3-D seismicity. Red dashed lines – tectonic fracture zones allocated by FRM.

**Conclusions.** 1. The executed demonstration pilot studies of reconnaissance character in full measure demonstrate the operability of frequency-resonance technology of RSE data processing and interpretation testify of expediency of its practical application when carrying out searching and prospecting works for oil, gas and other mineral substances.

2. Considering that time and material (financial) expenditure on RSE data processing is incomparable to the costs of seismic and geoelectric investigations, the wider use of this technology together with traditional geophysical (seismic and geoelectric) methods can promote the essential acceleration and optimization of the whole prospecting process.

## References

- Bakhmutov V., Solovyov V., Korchagin I., et al., 2010. Drake Passage: crustal structure, tectonic evolution and new prognosis for local HC accumulations along the Antarctic Peninsula margin. *Geophysical journal*, 32 (4), 12–15 p.
- Feather K. 2007. The rapid adoption of seabed logging. *Scandinavian Oil and Gas Magazine*, 5/6, 37–38.
- Hodgson N. 2013. Derisking deep-water Namibia. *First Break*, 31 (12), 91–96 p.
- Yakymchuk N. A., Levashov S. P., Korchagin I. N., Bozhezha D. N. 2015. Mobile Technology of Frequency-Resonance Processing and Interpretation of Remote Sensing Data: The Results of Application in Different Region of Barents Sea // *Offshore Technology Conference Arctic Technology Conference*, 23–25 March, Copenhagen, Denmark, 2015. doi:10.4043/25578-MS. Available at: <https://www.onepetro.org/conference-paper/OTC-25578-MS> (Accessed 25 March 2016).
- Norway looks forward to continuing offshore fortunes. 2013. *First Break*, 31 (2), 25–26 p.
- Poor exploration results could blight UK's offshore progress, Wood Mackenzie report suggests. 2013. *First Break*, 31 (2), p. 28.

## **ELEKTRINIO KELEIVINIO KELTO ENERGIJOS TALPOS POREIKIO NUSTATYMAS KURŠIŲ MARIŲ AKVATORIJOS MARŠRUTUI „NAUJOJI PERKĖLA – SMILTYNĖ“**

**Arvydas Karpavičius<sup>1</sup>, Audrius Senulis<sup>1, 2</sup>, Martynas Sprogys<sup>1</sup>,  
Brigita Bogužaitė<sup>1</sup>, Donatas Cirtautas<sup>1</sup>, Andrius Jonkus<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto  
Inžinerijos katedra, Klaipėda, <sup>2</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir  
gamtos mokslų fakulteto Jūros mokslų ir technologijų centras, Klaipėda,

<sup>3</sup>AB Axis Industries, Kaunas

*audrius.senulis@ku.lt*

**Įvadas.** Pasaulyje šiuo metu vis sparčiau plinta įvairaus tipo elektrinės transporto priemonės – elektromobiliai, elektriniai autobusai (Hawkins et al., 2012), elektrinių lėktuvų prototipai (Gohardani et al., 2011), elektriniai laivai (Thongam et al., 2013) ir t. t.

Antžeminis elektrinis transportas yra jau įgijęs vystymosi pagreitį, tačiau jūrinis elektrinis transportas labiau išvystytas tik keliuose srityse – mažuose elektriniuose laivuose, kateriuose (Bolvashenkov et al., 2014) bei paskutiniiais metais vis labiau vystomas elektrinių keltų sektorius (Siemens, 2013). Taip pat jūrinio elektrinio transporto geografinis paplitimas yra fragmentuotas. Elektrinio kelto, kaip transporto priemonės, naudojimas yra aktualus dėl šių priežasčių – efektyvesnės energetinės sistemos, anglies dvideginio išmetimo sumažinimo, mažesnio tepalų kiekio, kuris gali užteršti vandenį, naudojimo, sumažinto skleidžiamo triukšmo ir kitų naudingų veiksnių (Thongam et al., 2013). Todėl darbe yra nagrinėjamas galimo elektrinio kelto, kuris keltų per Kuršių marias maršrutu „Naujoji perkėla – Smiltynė“, energijos talpos poreikio ir galimo tipo nustatymas, nes tai yra vieni iš aktualiausių klausimų, susiję su kelto eksploatavimu, nuplaukiamu atstumu, energijos talpos svoriu bei investicijomis.

**Kelto vykdomų operacijų įvertis ir minimalus baterijos energijos kiekis kelto reisui.** Klaipėdoje yra vykdoma keleivių ir transporto priemonių perkėlimo paslauga tarp Klaipėdos ir Kuršių nerijos. Keleivių perkėlimas yra vykdomas dviem maršrutais – „Naujoji perkėla-Smiltynė-Naujoji perkėla“ ir „Senoji perkėla-Smiltynė-Senoji perkėla“. Intensyvesnis perkėlos darbas vykdomas Naujojoje perkėloje, todėl ji buvo pasirinkta tyrimui atlikti. Naujojoje perkėloje kursuoja trys keltai – „Žalgiris“, „Baltija“ ir „Neringa“ (AB „Smiltynės perkėla“, 2017). Dažniausiai Kuršių mariose kursuoja du

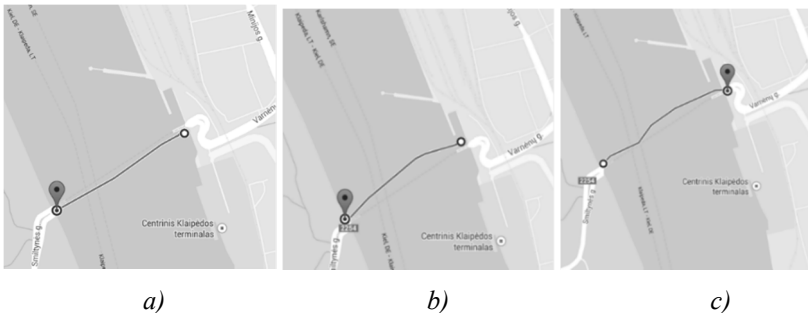
keltai, trečiasis keltas yra nenaudojamas. Šių keltų pagrindiniai techniniai duomenys pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė

Naujojoje perkėloje kursuojančių keltų techninės charakteristikos

Kelto pavadinimas	„Žalgiris“	„Baltija“	„Neringa“
Kelto ilgis, m.	52	62	50
Kelto plotis, m	14	14	14
Perkeliamų lengvųjų automobilių kiekis, vnt.	40	40	40
Keliamų keleivių skaičius uždareme salone, vnt.	100	100	100
Maksimalus kelto greitis, km/h	20	20	20
Pagrindinių variklių kiekis, vnt.	2	2	2
Naudojamas kuras	Dyzelinis	Dyzelinis	Dyzelinis
Pagrindinio variklio galia, kW	470	474	474
Reisų kiekis per valandą žiemą/vasarą	3/4	3/4	3/4
Plaukimo atstumas viena kryptimi, m	600	600	600

Tyrimo metu buvo priimta prielaida, kad energijos suvartojimas perkelti nuo vieno kranto į kitą, esant toms pačioms meteorologinėms ir kelto apkrovos sąlygoms, yra panašus, išskyrus energijos nuostolius įrenginiuose, vykdančiuose įvairias operacijas – laivo varytuvuose, švartavimosi įrenginiuose, trapo pakėlimo ir nuleidimo gervėse ir t. t. Pasinaudojus šia prielaida, buvo analizuojami minėtų keltų eksploatacijos duomenys – judėjimo trajektorija (1 pav. a–c), keltų judėjimo greitis, vykdomų operacijų trukmės. Judėjimo trajektorijos ir greičio matavimai buvo atliekami naudojant GPS sistemą. Eksperimento metu buvo išmatuotos 5 kelto plaukimo trajektorijos. Kelto mechanizmų operacijų trukmė buvo nustatoma eksperimentiniu stebėjimu.



1 pav. Išmatuotos keltų judėjimo trajektorijos.



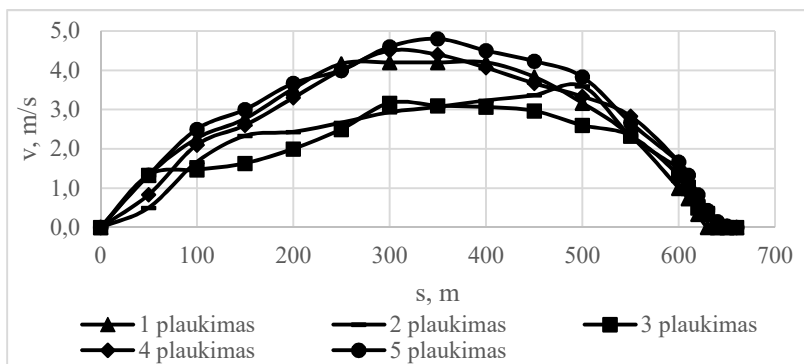
Kaip matyti iš duomenų – kelto greitis ir trajektorija priklauso nuo kelių veiksnių – vėjo, bangavimo lygio, srovių uosto akvatorijoje (2 lentelė). Geriausia trajektorija buvo gauta pirmuoju plaukimu, nes šiam plaukimui didelę įtaką turėjo kryptingai pučiantis vėjas. Didžiausias trajektorijos nuokrypis įvyko per 5 plaukimą dėl gūsingo rytų krypties vėjo, padidėjusio bangavimo ir srovės uosto akvatorijoje.

2 lentelė

Oro sąlygos matuojant plaukimo trajektorijas

Plaukimo Nr.	Vėjo greitis, m/s	Vėjo kryptis	Oro temperatūra, °C	Krituliai
1	4	Rytų	11	-
2	5	Pietvakarių	12	Silpnas lietus
3	1	Pietų	5	Silpnas lietus
4	2	Šiaurės	9	-
5	6	Pietų	7	-

Iš 2 paveiksle pateiktų duomenų ir išmatuotų plaukimo trajektorijų greičių priklausomybių nuo kelio nustatyta, kad 5 plaukimu keltas pasiekė didžiausią greitį bei nuplaukė didžiausią atstumą. Praplaukiančius laivus privalęs praleisti keltas plaukė dvigubai lėčiau, nei leidžia kelto techniniai duomenys.



2 pav. Keltų judėjimo greičio ir nuplaukto atstumo sąryšis.

Analizuojant elektrinio kelto perspektyvas Kuršių mariose būtina nustatyti pagrindines kelto atliekamas operacijas įvairiu paros metu. Kelto darbas priklauso nuo mašinų ir žmonių srautų, todėl išskiriami du laiko tarpai – maksimalios apkrovos metas laikas ir ne maksimalios apkrovos laikas. Pagrindinės kelto atliekamas operacijos ir jų trukmės pateiktos 3 lentelėje.

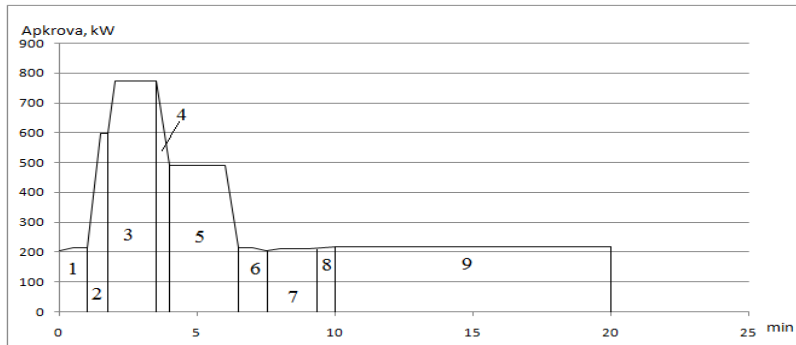
Išanalizavus visus įmanomus keltų mechanizmus ir jų apkrovos pobūdžius, buvo sudarytas keltų vieno plaukimo apkrovos grafikas (3 pav.). Analizuojant šio grafiko laiką ir naudojamą galingumą, keltų operacijų metu buvo nustatytas reikalingas energijos kiekis šių operacijų atlikimui, o tai leidžia parinkti akumuliatorių tipą ir talpą.

3 lentelė

Pagrindinės keltų atliekamų operacijų trukmės

Operacijų pavadinimai	Maks. apkrovos metu	Ne maks. apkrovos metu
Aparatūros pakėlimas	50 s	50 s
Plaukimas	2 min 20 s	2 min 40 s
Stabdymas ir švartavimasis	2 min 10 s	2 min 35 s
Mašinų/žmonių kiekis	25/10	10/5
Aparatūros nuleidimas	45 s	45 s
Iškrovimas, stovėjimas, pakrovimas su užvestu varikliu	13 min 30 s	19 min 20 s

Apskaičiuotas būtinas minimalus suminis energijos kiekis vienam plaukimui, esant maksimaliam keltų apkrovimui, yra 105 kWh, o vienam reisui – plaukimui „Naujoji perkėla-Smiltnė-Naujoji perkėla“ – reiktų 210 kWh.



3 pav. Keltų sistemų apkrovos grafikas.

Įvertinus tai, kad akumuliatoriai dažniausiai dirba ir yra iškraunami ne mažiau kaip iki 10 % talpos, o gali būti įkraunami iki 90 % talpos, būtina akumuliatorių talpa vienam reisui (įvertinus 80 % panaudą ir 25 % atsargos koeficientą vienam reisui) – 328 kWh.

**Rezultatų aptarimas ir išvados.** Atlikus literatūros analizę, buvo nustatyta, kad elektrinių laivų ir keltų prototipai jau egzistuoja. Tai perspektyvus technologinis sprendimas, galintis pakeisti vidaus degimo variklių panaudojimą laivuose keleiviams ir kroviniams transportuoti vidaus

vandenyse arba trumpais atstumais. Atlikus kelto judėjimo trajektorijos ir judėjimo greičio matavimus bei laivo mechanizmų operacijų galios poreikio įvertinimą, buvo sudarytas keltų sistemų apkrovos grafikas, leidžiantis apskaičiuoti reikalingą vieno reiso „Naujoji perkėla-Smiltynė-Naujoji perkėla“, esant maksimaliai kelto apkrovai ir 25 % energijos rezervui, reikalingą energijos kiekį – 328 kWh, kuris būtų talpinamas laive akumuliatoriuose arba superkondensatoriuose.

## Literatūra

- AB „Smiltynės perkėla“. 2017. Naujoji perkėla. Tvarkaraščiai. [žiūrėta 2017 m. vasario 26 d.]. Prieiga per Internetą <http://www.keltas.lt/>.
- Bolvashenkov I., Herzog H. G., Rubinraut A. et al. 2014. Possible Ways to Improve the Efficiency and Competitiveness of Modern Ships with Electric Propulsion Systems. IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC), Coimbra.
- Gohardani A. S., Doulgeris G., Singh R. 2011. Challenges of future aircraft propulsion: A review of distributed propulsion technology and its potential application for the all electric commercial aircraft, *Progress in Aerospace Sciences*, 47 (5), 369–391. Elsevier.
- Hawkins T. R., Singh B., Majeau-Bettez G. et al. 2012. Comparative environmental life cycle assessment of conventional and electric vehicles. *Journal of Industrial Ecology*, 17 (1), 158–160. Yale: Yale University.
- Siemens, 2013. Siemens develops world's first all-electric car ferry for Norway [interaktyvus]. Ecochunk [žiūrėta 2017 m. vasario 27 d.]. Prieiga per Internetą <http://www.ecochunk.com/5434/2013/01/12/siemens-develops-worlds-first-all-electric-car-ferry-for-norway/>.
- Thongam J. S., Tarbouchi M., Okou A. F. et al. 2013. All-electric ships—A review of the present state of the art. Eighth International Conference and Exhibition on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER), Monte Carlo, 1–8.

## HIDRAULINĖ ENERGIJĄ TAUPANTI SISTEMA PAREMTA HIDRAULINIO SMŪGIO EFEKTU

**Mykola Karpenko, Marijonas Bogdevičius**

Vilniaus Gedimino technikos universiteto Transporto technologinių įrenginių  
katedra, Vilnius

*mykola.karpenko@vgtu.lt*

**Įvadas.** Kelių statybos mašinų įrangoje plačiai naudojamos hidraulinės pavaros įprastai reikalauja visos vidaus degimo variklio galios. Šių pavarų naudingumo koeficientas paprastai siekia nuo 60 % iki 80 %. Kiekvienais metais vyksta šios įrangos tobulinimas bei įrangos ir hidraulinė pavarų optimizavimas. Dėl to yra aktualu ir svarbu kurti naujas hidraulinė pavarų schemas ir atlikti jų tyrimus, didinant jų efektyvumą naudojant energiją taupančiąsias sistemas. Energijos taupymo pavarų modernioje įrangoje problema tampa vis svarbesnė. Hidraulinės pavaros su energijos taupymo technologijomis, leidžia ne tik sumažinti energijos naudojimą, bet taip pat padidinti patikimumą, supaprastinti hidraulinės sistemos struktūrą, žymiai padidinti komponentų, eksploatacinių skysčių ir riebokšlių tarnavimo laiką.

Dažnai energijos taupymui hidraulinėse pavarose naudojami šiuolaikiniai energijos tėkmės skirstytuvai (skysčio srautų reguliatoriai). Funkcionaliai šios sistemos leidžia naudoti optimalų įrangos veikimo technologinį procesą skirstant skysčių srautus vartotojams, didinant taikymo efektyvumą (Pelevin et al., 2016). Vienas iš pagrindinių krypčių, kuriant energijos taupymo sistemas hidraulinėms pavaroms, yra hidraulinė akumuliacijų naudojimas.

Atlikus mokslinių darbų analizę, buvo nustatyti hidraulinė akumuliacijų naudojimo atvejai:

1. Skysčio srauto energijos kaupimas naudojant darbinės įrangos potencinę energiją. Eksploatuojant ekskavatorius, skysčių srauto energijos panaudojimas šiuo atveju yra tik apie 48 %, įskaitant strėlės pakėlimą – apie 15 %, ekskavatorių platformos pasukimą – daugiau nei 17 %, o kaušo rotaciją – apie 16 % (Tianliang et al., 2016; Mingdong et al., 2017).

2. Mažinant triukšmą ir išlyginant skysčių srauto pulsacijas. Tai sutrumpina hidraulinėje sistemoje esančių diafragmos ir stūmoklinių siurblių efektyvaus darbo laiką. Siekiant sumažinti skysčio srauto pulsacijas, siurblio išėjimo magistralėje jungiamas hidraulinis ir pneumatinis akumuliacorius (Nesmiyanov et al., 2007; Pierpaolo et al., 2013).

3. Hidraulinio smūgio mažinimas. Padidinto slėgio metu, hidraulinėje sistemoje įdiegti hidrauliniai akumuliacoriai, kurie visiškai neutralizuojantys arba gerokai sumažinantys slėgį hidraulinėje pavaroje (Hu et al., 2014).

4. Išlaikyti pastovų slėgį ir skysčio srauto energijos kaupimo lygį. Hidraulinis akumulatorius naudojamas kompensuoti slėgio nuostolius, kurie atsiranda dėl nuotėkio hidraulinės sistemos elementuose, o naudojant hidraulinius akumulatorius leidžia naudoti mažiau galingus siurblius ir variklius (Prodan et al., 2007).

Norint sumažinti hidraulinės pavaros energijos suvartojimą, stengiamasi mažinti skysčio srauto charakteristikų kitimą. Tai gali būti pasiekama montuojant slopintuvus, paprastai - hidraulinius akumulatorius. Pavyzdžiui, pakrovimo manipuliatoriuje, kurio keliamoji galia yra 0,8 t, į aukšto slėgio magistralę prie hidraulinių cilindrų įjungus hidraulinius akumulatorius, energijos sąnaudos kinta nuo 7 % iki 12 %, mažėja slėgio pulsacijos ir dinaminis poveikis hidrauliam siurbliui (Lu et al., 2013).

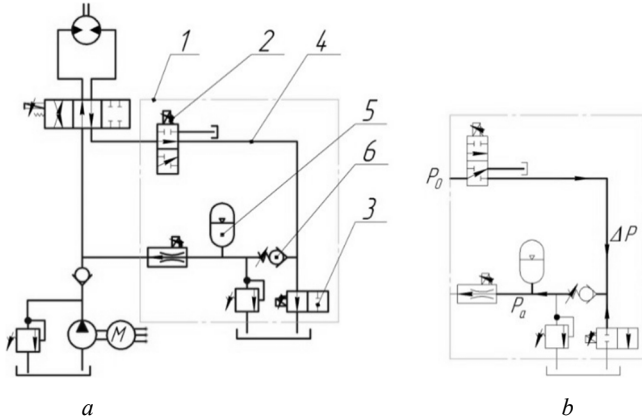
Todėl bet kurios hidraulinės pavaros (dažniausiai ciklinio veikimo) veikimo metu persijungiantys vožtuvai, greito atsako paskirstymo įrenginiai sukelia nekontroliuojamas skysčio slėgio pulsacijas, sklindančias per visą hidraulinę sistemą. Tyrimo tikslas – padidinti hidraulinės pavaros efektyvumą naudojant energiją taupančias sistemas, paremtas hidraulinio smūgio reiškiniu, ir panaudojant energijos konvertavimo bloką.

**Hidraulinė pvara su hidrauliniu akumulatoriumi.** Hidraulinės linijos veikia statinio ir dinaminio apkrovimo sąlygomis. Paprastai hidraulinis slėgio impulsas yra slopinamas įvairiais hidraulinės sistemos elementais, tačiau skysčio slėgis ir jo energija tokiais atvejais gali būti naudojama naudingiems tikslams.

Siūloma hidraulinė schema (1 pav. a), su pastoviu hidraulinio akumulatoriaus pakrovimu, panaudojant kontroliuojamą hidraulinio smūgio energiją (1 pav. b).

Konversijos bloko veikimas 1 bloke, žemo slėgio magistralėje reguliuojamas kontroliuojamais 2 ir 3 vožtuvais. Magistralėje 4, nepaveikiant veikimo mechanizmo, sukuriamas aukštas skysčio slėgis.

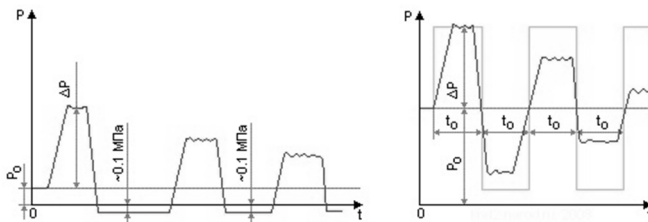
Skysčio tūrio ir slėgio kompensavimui pereinamuosiuose siurblio procesuose, panaudojama skysčio energija įkrauti hidraulinį akumulatorių 5 per elektromagnetinį atbulinį vožtuvą 6. Sukaupta hidraulinė energija akumulatoriuje naudojama mažinti slėgio pulsacijas ir padidinti slėgį aukšto slėgio magistralėje. Parenkant racionalus hidraulinio smūgio vykdymo laiko momentus, priklausomai nuo hidraulinės sistemos apkrovimo, galima sumažinti hidraulinio siurblio našumą ir vidaus variklio kuro sąnaudas.



1 pav. Hidraulinė sistema su hidrauliniu akumuliatoriumi:  
*a* – hidraulinės pavaros schema; *b* – energijos generavimo blokas (konversijos blokas); 1 – konversijos blokas; 2, 3 – reguliuojami vožtuvai; 4 – magistralė; 5 – hidraulinis akumuliatorius; 6 – atbulinis vožtuvas.

Naudojant siūlomą energijos generavimo bloką įmanoma sukurti kelis kartus didesnę nei pradinį skysčio slėgį. Priklausomai nuo slėgio impulso laiko  $\tau$ , ir vožtuvo sutapimo laiko  $t$ , galima sukurti vieną iš dviejų poveikių (2 pav.):

- visas (tiesioginis) hidraulinis poveikis, jei  $t < \tau$ ;
- dalinis (netiesioginis) hidraulinis poveikis  $t > \tau$ .



2 pav. Skysčio slėgio pasikeitimas tiesioginio ir netiesioginio hidraulinio smūgio metu.

Kairėje pusėje (2 pav.), pavaizduotas slėgio kitimas esant hidrauliniam smūgiui. Dešinėje pavaizduotas slėgio kitimas esant daliniam (netiesioginiam) hidrauliniam smūgiui.

Mėlyna linija ( $P_0$ ) rodo pradinį slėgį (prieš hidraulinį smūgį), šviesi mėlyna linija – idealią slėgio kaitos charakteristiką, kai nėra energijos nuostolių;  $\Delta P$  – maksimalus slėgio padidėjimas hidraulinio smūgio metu;  $t_0$  –

pusė hidraulinio smūgio periodo. Nulinėje (0) slėgio magistralėje yra atmosferos slėgis.

Pagrindiniai parametrai tiriant sistemą yra slėgis  $p(x, t)$  ( $Pa$ ) ir skysčio tekėjimo greitis  $v(x, t)$  ( $m/s$ ). Skysčio srauto parametrų (slėgis ir greitis) kitimai hidraulinėje sistemoje nustatomi sprendžiant hiperbolinio tipo diferencialinių lygčių sistemą (Flippo, 2008; Bogdevičius, 2009; Mamcic, 2010):

$$[A] \left\{ \frac{\partial u}{\partial t} \right\} + [B] \left\{ \frac{\partial u}{\partial x} \right\} = \{F(u, t)\}, \quad (1)$$

kur  $[A]$ ,  $[B]$  yra matricos ir  $\{F\}$  yra vektorius, kuris priklauso nuo  $t$ ,  $x$  ir vektoriaus  $\{u\}^T = [p, v]$ .

Skaičiavimams svarbu įvertinti hidraulinės sistemos parametrų pradines sąlygas:

$$v(x, t = 0) = v_0(x); p(x, t = 0) = p_0(x) \quad (2)$$

kur  $v_0(x)$  ir  $p_0(x)$  – skysčio greitis ir slėgis magistralėje kurioje įvyks hidraulinis smūgis. Hidraulinės sistemos kraštinės sąlygos:

$$v(x = l, t) = 0; p(x = 0, t) = p_0(t). \quad (3)$$

kur  $l$  – magistralės ilgis, m.

Viena iš pagrindinių būsimų mokslinių tyrimų kryptių yra hidraulinio akumulatoriaus skysčio tūrio kitimo analizė, naudojant energijos generavimo bloką.

**Išvados.** Hidraulinių akumuliatorių naudojimas yra viena iš pagrindinių kryptių kuriant energijos taupymo sistemas hidraulinėms pavaroms. Su siūlomu energijos generavimo bloku galima per trumpą laiko tarpą (apie keliasdešimt milisekundžių) padidinti skysčio slėgį kelis kartus, lyginant slėgį su hidraulinės sistemos pirminiu slėgiu ir pakrauti hidraulinį akumuliatorių. Hidrauliniame akumuliatoriuje sukauptą skysčio potencinę energiją galima panaudoti slėgio pulsacijoms hidraulinėse magistralėse mažinti. Hidrauliniame akumuliatoriuje sukauptą skysčio tūrį galima panaudoti skysčio tūriui ir slėgiui lyginti per pereinamuosius siurblio procesus hidraulinėje kelių mašinų pavaroje. Tolimesniuose tyrimuose numatoma atlikti naujos hidraulinės pavaros, kurios nupylimo magistralėje inicijuojamas hidraulinis smūgis ir pakraunamas hidraulinis akumuliatorius, teorinius tyrimus ir nustatyti optimalius hidraulinės schemos parametrus.

## Literatūra

- Bogdevičius M., Janutėnienė J., Vladimirov O. 2009. Simulation of hydrodynamics processes of hydraulic braking system of vehicle, *Solid State Phenomena*, 147–149, 296–301.
- Flippo W. 2008. Accumulators deliver new payoffs. *Machine Design*, 80 (3), 46–49.

- Hu H., Shan J., Gou J. et al. 2014. Simulation of advanced accumulator and its application in CPR100 LBLOCA analysis. *Annals of nuclear energy*, 69, 183–195.
- Lu L., Yao B., Liu Z. 2013. Energy saving control of a hydraulic manipulator using five cartridge valves and one accumulator. 6th IFAC symposium on mechatronic systems, Volume 56, 84–90, School of mechanical engineering at Purdue university, USA.
- Mamcic S., Bogdevicius M. 2010. Simulation of dynamic processes in hydraulic accumulators. *Transport*. Vilnius, 25 (2), 215–221.
- Mingdong C., Dingxuan Z. 2017. The gravitational potential energy regeneration system with closed-circuit of boom of hydraulic excavator. *Mechanical systems and signal processing*, 82, 178–192.
- Pierpaolo P., Paderi M. 2013. Hydro-pneumatic accumulators for vehicles kinetic energy storage: Influence of gas compressibility and thermal losses on storage capability. *Journal of Energy*, 57, 326–335.
- Prodan D., Gheorghiu H., Bucuresteanu A. 2007. Mathematic modeling of hydraulic systems with pneumohydraulic accumulators, in *Proceedings of the 18th International DAAAM Symposium Intelligent Manufacturing & Automation: Focus on Creativity, Responsibility and Ethics of Engineers*, 24–27th October 2007, Zadar, Croatia, 613–614.
- Tianliang L., Weiping H., Haoling R. et al. 2016. New compound energy regeneration system and control strategy for hybrid hydraulic excavators. *Automation in construction*, 68, 11–20.
- Несмиянов И. А., Хавронин В. П. 2007. Эластичный привод гидронасоса как способ снижения энергопотребления гидромашин. *Тракторы и сельскохозяйственные машины*, 6, 45–46.
- Пелевін Л., Карпенко М. 2016. Теоретичні засади управління системою розподілу енергопотоків у гідро- та пневмоприводах. *Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр./ Харьков: ХНАДУ*, 73, 48–51.



## MAUDYKLOS LIETUVOS PAJŪRYJE: MIKROBIOLOGINĖS TARŠOS IR JOS SKLAIDOS TYRIMAI

**Marija Kataržytė<sup>1</sup>, Georg Umgieser<sup>1,2</sup>, Gerald Schernewski<sup>1,3</sup>,  
Ramutė Staponkienė<sup>4</sup>, Simona Liaugaudaitė<sup>4</sup>, Natalja Čerkasova<sup>1</sup>,  
Jovita Mėžinė<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Jūros mokslų ir technologijų centras, Klaipėda, <sup>2</sup>CNR – Italijos nacionalinės mokslo tarybos, ISMAR – Jūros mokslų institutas Venecijoje, Italija,

<sup>3</sup>Leibnico Baltijos jūros tyrimų institutas, Varnemiundė, Vokietija,

<sup>4</sup>Nacionalinė visuomenės sveikatos priežiūros laboratorija, Klaipėdos skyrius, Klaipėda

*marija.katarzyte@jmtc.ku.lt*

**Įvadas.** Jūriniai ir tarpiniai vandenys yra svarbios ekosistemos teikiančios įvairių paslaugų, kita vertus, šios ekosistemos patiria didelį poveikį dėl antropogeninės veiklos: urbanizacijos, intensyvios žemės ūkio veiklos, nepakankamai išvalytų valymo įrenginių nuotėkų ir įvairios rekreacinės veiklos, dėl ko galimas padidėjęs taršos patekimas į aplinką.

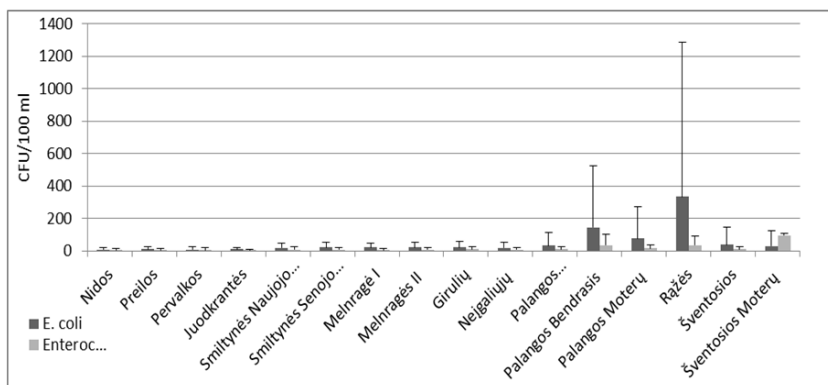
Europos Aplinkos Apsaugos Agentūros (EEA, 2013) statistika rodo, kad pagrindiniai turistų srautai koncentruojasi pajūrio zonoje daugiausiai dėl to, kad ten yra paplūdimiai, galimybė maudytis jūroje ir tinkama maudymuisi vandens kokybė. Europoje maudyklų vandens kokybė vertinama remiantis Maudyklų Vandens Direktyvoje (2006/7/EC) apibrėžtais dviem indikatoriais: žarninių lazdelių ir enterokokų kiekiu, tačiau jų vertinimas leidžia nustatyti tik esamą trumpalaikę taršą, bet ne taršos šaltinį. Skiriamas vis didesnis dėmesys naujų metodų paieškai, kurie leistų atsekti taršos šaltinius ir prognozuoti galimas rizikas (pvz. hidrodinaminis modeliavimas, molekuliniai metodai).

Mūsų tyrimo tikslas buvo įvertinti mikrobiologinės taršos situaciją Baltijos pajūrio maudyklose bei taikant inovatyvius metodus įvertinti potencialius taršos šaltinius ir galimas rizikas Kuršių mariose.

**Tyrimo metodai.** Mikroorganizmų kiekiai (*E. coli* ir *Enterococci*) Kuršių mariose ir Baltijos jūros priekrantėje paimti iš nacionalinio monitoringo metu surinktų duomenų. Taip pat 2015–2016 gegužės–rugpjūčio mėnesiais vandens mėginiai buvo surinkti iš 19 tyrimo vietų Kuršių mariose ir į marias įtekančiose upėse (Minijoje, Atmatoje, iš žuvininkystės tvenkinių ištekančiame kanale) ir juose nustatytas *E. coli* kiekis taikant membraninio filtravimo metodą. Siekiant nustatyti *E. coli* kamienus, 2015 metų mėginiai

taip pat tirti taikant DNR analizės metodą – rep–PGR DNR „pirštų atspaudų“ analizę. *E. coli* kiekiai panaudoti 3D hidrodinaminiam transporto modeliavimui, vertinant galimą taršos sklaidą Kuršių mariose, ypačiai ties Nidos gyvenvietė, kadangi ten numatoma atidaryti paplūdimį. Vertinti skirtingi scenarijai (pvz. nevalytų nuotėkų patekimas į ekosistemą, padidėjusi tarša patenkanti į Kuršių marias su upių nuotėkiu ir pnš.).

**Rezultatai.** Iš 2008–2016 laikotarpiu stebėtų 16 pajūrio paplūdimių maudyklų trumpalaikė tarša *E. coli* bakterijoms užfiksuota Palangos Bendrajame, Moterų, Rąžės ir Kintų paplūdimiuose, o tarša *Enterococci* – Palangos Bendrajame, ties Botanikos parku, Rąžės ir Kintų paplūdimiuose (1 pav.).



1 pav. Lietuvos pajūrio maudyklų vandens kokybės rodikliai (*E. coli* ir *Enterococci* kiekiai) 2008–2016 metų laikotarpiu (vidutinės reikšmės, standartiniai nuokrypiai).

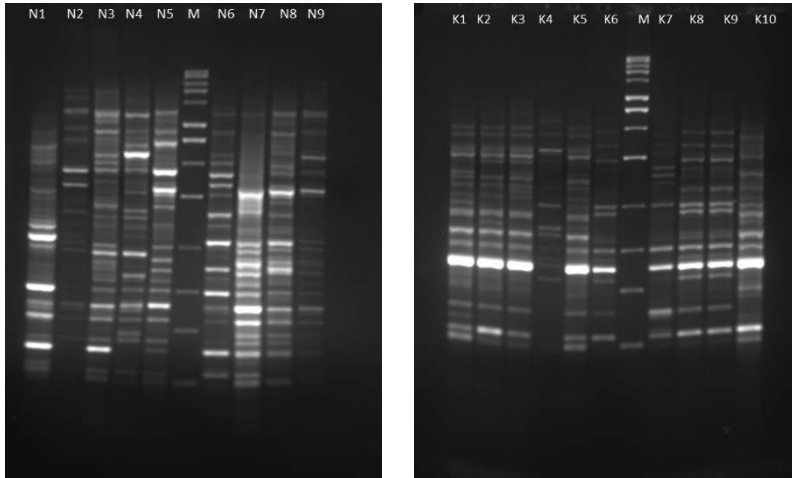
Iš tirtų *E. coli* DNR „pirštų atspaudų“ (2 pav.) 60 % buvo unikalūs. Unikalių DNR „pirštų atspaudų“ panašumas svyravo nuo 4 iki 89 %.

Nustatyta, kad *E. coli* irimo greitis Kuršių mariose kinta nuo 0,55 iki 2,3 dienų, priklausomai nuo aplinkos sąlygų. Taikant hidrodinaminį modeliavimą ir įvertinus skirtingus scenarijus nustatyta, kad taršos rizika ties Nida būtų stebima tik tuo atveju jei į Kuršių marias patektų neišvalytos nuotėkos.

**Rezultatų aptarimas ir išvados.** Lietuvos pajūrio paplūdimių maudyklų vandens kokybė yra palyginus gera. Tačiau trumpalaikė mikrobiologinė maudyklų tarša vis dar stebima keletoje vietų: Kintų paplūdimyje (Kuršių mariose) ir paplūdimiuose ties Palanga.

Nors kai kurie autoriai teigia, kad tyrimai taikant „pirštų atspaudus“ gali atskleisti potencialius taršos šaltinius (Chudzik et al., 2005), mūsų tyrimai parodė, kad tokioje heterogeniškoje sistemoje kaip Kuršių marios šis metodas nėra tinkamas. Tai sąlygoja keletas priežasčių ir tai patvirtina kitų autorių

rezultatus (Quero et al., 20015): didelė *E. coli* genetinė įvairovė atspindi didelę fekalinės taršos įvairovę patenkančią į Kuršių marias su upių vandeniu, paukščių išmatomis bei gyvenviečių (Nidos, Preilos ir t. t.) nuotekomis. Manome, kad naujos kartos sekos kaitos metodai, kurie pradėti taikyti ir Kuršių marių tyrimams, leis atskleisti daugiau informacijos apie potencialius taršos šaltinius.



2 pav. *E. coli* DNR “pirštų atspaudai” vandens mėginiuose iš Kuršių marių (N – vandens mėginiai iš Nidos, K – vandens mėginiai šalia kormoranų perimvietės ties Juodkrante; M – kilobazės DNR markeris).

Tuo tarpu hidrodinaminio modeliavimo Kuršių mariose rezultatai parodė, kad didžiausią poveikį esamoms ir potencialioms maudykloms turi taškiniai taršos šaltiniai – arčiausiai esančių valymo įrenginių nuotekos. Upių nuotėkis didelio vaidmens neturi, nes *E. coli* veikiant įvairioms aplinkos sąlygoms paprastai žūva. Tačiau savo tyrimų metu mes neįvertinome nuosėdų, kuriose *E. coli* bakterijos gali išgyventi ar netgi daugintis, vaidmens.

Norėtūsi atkreipti dėmesį ir į melsvabakteres, kurios, nors ir nėra įtrauktos į Maudyklų Vandens Direktyvą kaip indikatoriai, vaidina svarbų vaidmenį dėl galimo toksiškumo ir santalkų esamose ir potencialiose maudyklose tiek Kuršių mariose, tiek Baltijos jūroje, ir manome, kad turėtų būti skiriamas didesnis dėmesys integruojant jų tyrimus kartu su mikrobiologinės taršos vertinimu.

**Padėka.** Tyrimas parengtas pagal BONUS projektą BALTCOAST, kuris paremtas BONUS (straipsnis 185), finansuoto EU ir Lietuvos mokslo tarybos. Dėkojame Sveikatos ir mokymo ir ligų prevencijos centrui už suteiktus

ilgamečius paplūdimių maudyklų duomenis, taip pat kolegoms D. Vaičiūtei, J. Petkuvieniui už pagalbą renkant vandens mėginius.

### **Literatūra**

- Baldy-Chudzik K., Stosik M. 2005. Specific genomic fingerprints of *Escherichia coli* strains with repetitive sequences and PCR as an effective tool for monitoring freshwater environments. *Polish Journal of Environmental Studies*, 14, 551–557.
- European Environment Agency. 2013. Balancing the future of Europe's coasts – knowledge base for integrated management. EEA Report, pp. 64. doi:10.2800/99116.
- Quero G. M., Fasolato L., Vignaroli C., Luna G. M. 2015. Understanding the association of *Escherichia coli* with diverse macroalgae in the lagoon of Venice. *Scientific reports*, 5.

## BANGŲ PASIUTPOLKĖ KLAIPĖDOS UOSTE

Loreta Kelpšaitė-Rimkienė<sup>1</sup>, Ieva Petrošienė<sup>2</sup>, Marius Žalys<sup>1</sup>,  
Laura Nesteckytė<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Jūros mokslų ir technologijų centras, Klaipėda, <sup>2</sup>Lietuvos Hidrometeorologijos tarnyba, Klaipėda  
*loreta.kelpsaite@jmtc.ku.lt*

**Įvadas.** Klaipėdos uostas priskiriamas mažų uostų kategorijai. Tačiau strategiškai ir geografinės padėties atžvilgiu jis yra bene unikaliausias visoje Rytų Europoje. Uostas įsikūręs Pietryčių Baltijos krante, Klaipėdos sąsiauryje. 12 km ilgio ir 1,5 km pločio ties Kiaulės nugaros sala bei 0,4 km pločio jūros vartuose neužšalantis Klaipėdos sąsiauris yra ne tik viso uosto akvatorijos pagrindas, gyvybinė navigacinė arterija, bet ir sudėtinga vandens sistema. Jis jungia du skirtingo tankio vandens baseinus – gėlas Kuršių marias su druskėta Baltijos jūra. Jie vienas nuo kito skiriasi ne tik dydžiais ir gyliais, bet ir juose vykstančiais fizikiniais ir biologiniais procesais (Žaromskis, 2008).

Klaipėdos uosto išskirtinį bruožą sudaro ir jūros vartų konstrukcija. Jame nėra avanuosto – nuo bangavimo apsaugotos jūrinės akvatorijos, kas būdinga daugeliui pasaulio uostų. Į Klaipėdos sąsiaurį (vidinę uosto akvatoriją) laivai įplaukia ir iš jo išplaukia pro tiesia-linijinių ŠV kryptimi nutiestų apsauginių molų galvas. Tokia uosto vartų konstrukcija visiškai neapsaugo vidinės uosto akvatorijos nuo bangų įtakos (Kirllys, 2000).

**Metodai.** Norint nustatyti bangų sukeltų pavojingų fenomenų susidarymo pasikartojamumą Klaipėdos uoste duomenys buvo renkami bangų savirašiu LM2 (1 pav.).

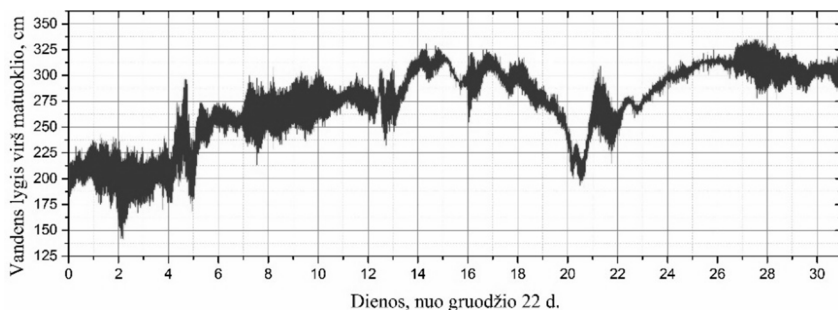


1 pav. Bangų savirašis (<http://ptr.ee>).

Prietaisas matavimus atlikdavo 4 Hz dažniu, jo veikimo principas paremtas slėgio virš daviklio kitimu. Matavimai buvo atlikti nuo 2016 gruodžio 22 dienos iki 2017 sausio 21 dienos. Iš viso vandens lygio svyravimai

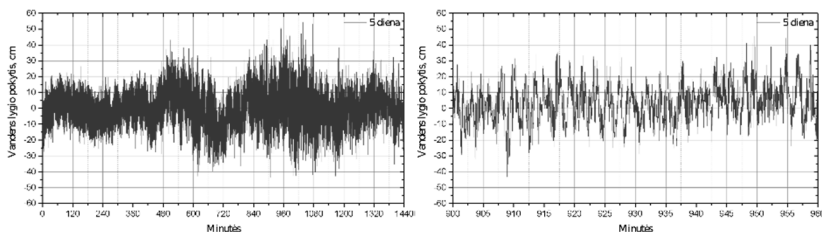
fiksuoti 31 dieną. Pavojingiems trumpalaikiams vandens lygių svyravimams identifikuoti buvo pašalintas tiesinis trendas. Tiesinio trendo pašalinimas leidžia tiksliau nustatyti svyravimus, vykstančius apie tiesinį trendą, kurį lemia sisteminis vandens lygio didėjimas (Pattiaratchi et al., 2015).

**Rezultatai.** Pavojingais hidrometeorologiniais reiškiniais laikomi staigūs vandens lygio svyravimai  $>50$  cm (LHT, 2000). Per 31 stebėjimų parą atskirų vandens lygio svyravimų amplitudės, kurios viršijo 50 cm, buvo fiksuotos daugiau nei 20 kartų. Pastebėta, kad svyravimų su tokia amplitudė periodų diapazonas labai platus: nuo kelių minučių iki parų (2 pav.).



2 pav. Vandens lygio pokytis Dangės upėje tiriamuoju laikotarpiu.

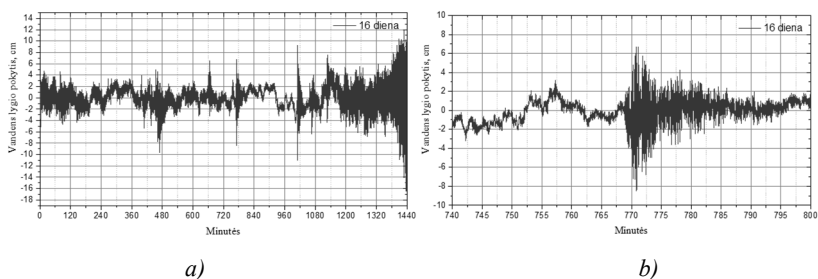
Gruodžio 26 dieną pastebėti staigūs vandens lygių pokyčiai, kurie siekė iki 93 cm (3 pav.). Per vieną valandą, pavojingų vandens lygių svyravimų ( $A > 50$  cm) pasikartojamumas siekė iki 10 kartų. Tokių svyravimų periodas svyruoja tarp 2 ir 5 minučių. Fiksuotame vandens svyravimų signale taip pat yra fiksuotos ir ilgaperiodinės, kurių periodas viršija 30 min, bangos.



3 pav. Vandens lygio pokytis Dangės upėje gruodžio 26 d., 5 matavimo diena.

Tyrimo metu buvo ir ramių laikotarpių, kai vandens svyravimų amplitudė neviršijo 5 cm (4 pav.). Šiuose bangų įrašuose galime fiksuoti antropogeninės kilmės bangas (4b pav. dešinė). 770-ąją sausio 6 dienos matavimo minutę užfiksuotas tipinis laivo sukeltų bangų paketas. Nors šių bangų sukulto

svyravimo maksimali amplitudė neviršija 20 cm, tačiau ji beveik 10 kartų viršija tuo metu esantį natūralų bangavimo foną.



4 pav. Vandens lygio pokytis Dangės upėje sausio 6 d., 16 matavimo diena.

**Išvados.** Bangos, kurių svyravimo periodas siekia 2–3 min, pastoviai yra bangų signaluose. Jos potencialiai gali sukelti traukūno fenomeną Klaipėdos uoste (Kirllys, 2000). Iš gautų duomenų matome, kad trumpalaikius staigius vandens lygio svyravimus Klaipėdos uoste lemia keli veiksniai: meteorologiniai, hidrologiniai bei antropogeniniai. Meteorologiniai veiksniai, tokie kaip staigus atmosferos slėgio pokytis, sukelia vandens lygio pokyčius iki 1 m per parą. Skirtingose Baltijos jūros ir Kuršių marių dalyse vėjo sukeltos aukšto dažnio trumpaperiodes bangos ir jų “produktas” – žemo dažnio ilgaperiodes bangos susideda taip sukurdamos pavojingus vandens lygio svyravimus. Taip pat pavojingi yra ir antropogeninės kilmės staigūs vandens lygių svyravimai, laivų sukeltos bangos.

Atlikus tolimesnę duomenų analizę bus išskirtas ilgaperiodinių bangų pernešamas energijos kiekis, nustatyti vyraujantys jų periodai bei dažniai. Taip pat bus įvertintos meteorologinės sąlygos, formuojančios palankias sąlygas formuotis staigiems ir pavojingiems vandens lygio pokyčio fenomenams.

## Literatūra

- Kirllys V. 2000. Bangų pasiutpulkės Klaipėdos uoste.  
LHMT. 2000. Stichiniai meteorologiniai reiškiniai, Vilnius.  
Pattiaratchi C. B., Wijeratne E. M. S. 2015. Are meteotsunamis an underrated hazard? Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 373.  
Žaromskis R. 2008. Baltijos jūros uostai. Vilnius.

## ŽUVŲ RŪŠINĖ ĮVAIROVĖ BEI UPINIŲ PLEKŠNIŲ ŪGINĖ STRUKTŪRA BALTIJOS JŪROS LIETUVOS PRIEKRAVĖJE

Žilvinas Kregždys, Jelena Fedotova

Žuvininkystės tarnyba prie Lietuvos Respublikos Žemės ūkio ministerijos,  
Klaipėda  
*zilvinas.kregzdys@zuv.lt*

Jūros priekrantės zonos yra vienos turtingiausių gamtiniais ištekliais ir intensyviausiai naudojamų gamtinių kompleksų, bei yra labiausiai antropogenizuota jūros akvatorijos dalis. Žuvis yra vienas labiausiai eksploatuojamų šios zonos gamtinių išteklių. Upinė plekšnė (*Platichthys flesus* (Linnaeus, 1758)) – vienas svarbesnių žvejybos verslo objektų Baltijos jūros LIEZ. Plekšnės dažniausiai sudaro daugiau nei 90 % viso sugautų plekšniažuvių kiekio.

Šio darbo tikslas – apibendrinti ŽT vykdomo priekrantės 2016 m. monitoringo duomenis, charakterizuoti žuvų bendrijos struktūrą ir upinių plekšnių ūginės struktūros sezoninę kaitą.

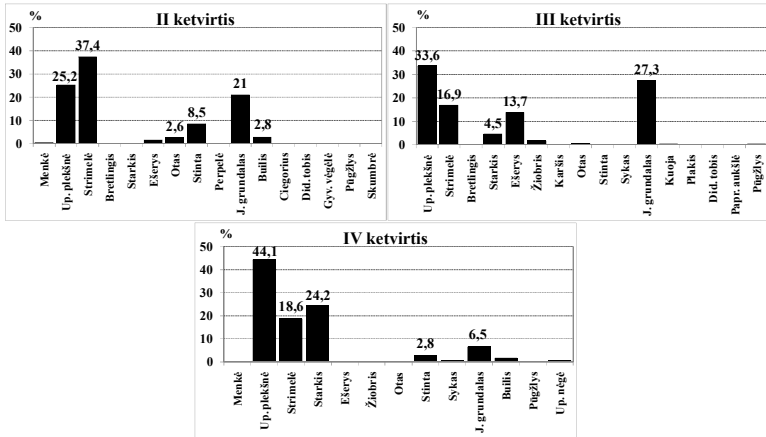
**Tyrimų metodika.** Tyrimų medžiaga buvo renkama Smiltynės monitoringo stotyje. Monitoringo stotyje įvairiaakiais dugniniais tinklaičiais buvo renkamos šios biologinės charakteristikos pagal pagrindines metodikas (Grygiel et al., 2001; ICES, 2002; Thoresson, 1993): rūšinė sugauto laimikio sudėtis, sugautų žuvų ilgis (cm), svoris (g), vienetų skaičius. Nustatant priekrantės sėklių zonoje besilaikančių upinių plekšnių jauniklių gausumą ir biomasę rugpjūčio–rugsėjo mėnesiais, naudota smulkiaakė (maišagalio akies dydis 5 mm) traukiamoji gaudyklė (Maksimovas ir kt., 2000).

**Rezultatai.** 2016 metais Smiltynės monitoringo taške II, III ketvirtyje sugauta 16 žuvų rūšių, o IV metų ketvirtyje – 13 rūšių (1 pav.). II metų ketvirtyje daugiausiai sugauta strimelių (37,4 %), upinių plekšnių (25,2 %) bei juodažiočių grundalų (21 %). III metų ketvirtyje daugiausiai sugauta upinių plekšnių (33,6 %), juodažiočių grundalų (27,3 %), strimelių (16,9 %) ir ešerių (13,7 %). IV ketvirčio laimikyje vyravo upinės plekšnės (44,1 %), storkiai (24,2 %) ir strimelės (18,6 %) (1 pav.).

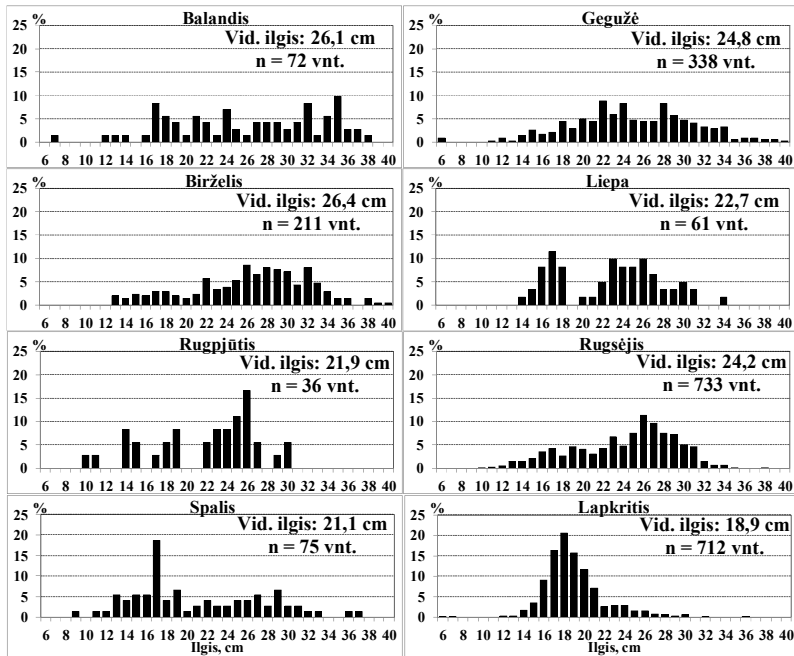
2016 metais Smiltynėje sugauta 2238 vienetai plekšnių. Didžiausios plekšnės (maksimalus ilgis – 40,5 cm) sugautos gegužės ir birželio mėnesiais (2 pav.). Daugiausiai upinių plekšnių sugauta rugsėjo (32,8 %) ir lapkričio mėnesiais (31,8 %), o mažiausiai – rugpjūtyje – 1,6 % (bendro metų sugavimo).



Jūros ir krantų tyrimai 2017. Konferencijos medžiaga



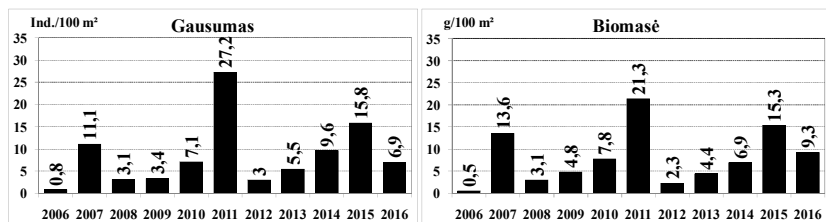
1 pav. Žuvų rūšinė sudėtis (santykinis gausumas, %) 2016 metų atskirais ketvirčiais Smiltynės monitoringo stotyje.



2 pav. Upinių plekšnių ilgių struktūra skirtingais 2016 metų mėnesiais Smiltynės monitoringo stotyje.

Upinių plekšnių gausumas yra cikliškas, kuomet santykinai menkas generacijas kas kelerius metus keičia gausios upinių plekšnių kartos. Plekšnių jaunikių gausumas 2016 metais buvo daugiau kaip du kartus mažesnis nei 2015 m. (3 pav.).

Plekšnių jaunikių gausumo ir biomasės duomenys rodo, kad tik 2007, 2011 bei 2015 metais neršto sąlygos šioms žuvims buvo palankios.



3 pav. Upinių plekšnių jaunikių gausumo ir biomasės dinamika priekrantės sėkliuose 2006–2016 metų laikotarpiu.

**Rezultatų aptarimas ir išvados.** 2016 metų bėgyje nustatyta ir ištirta 16 žuvų rūšių. Pavasarį dominavo pasiruošusios nerštui strimelės (37,4 %), o vasaros–rudens laikotarpiu daugiausiai sugauta upinių plekšnių (33,6–44,1 %). Taip pat pastebėta, kad juodažiočiai grundalai vasaros laimikiuose sudarė 27,3 %.

Didžiausios plekšnės sugautos gegužės ir birželio mėnesiais (maksimalus ilgis – 40,5 cm), pasiruošusios nerštui Lietuvos priekrantėje. Daugiausiai upinių plekšnių sugauta rugsėjo (32,8 %) ir lapkričio mėnesiais (31,8 %).

Daugiametė mūsų tyrimų analizė rodo, kad sekanti gausi karta gali pasikartoti po 2–3 metų, t. y. 2018–2019 m.

## Literatūra

- Grygiel W., Aro E., Degel H. et al. 2001. Manual for sampling of the Baltic Sea commercial fisheries. EU project 98/024. pp. 26.
- ICES. 2002. Manual for the Baltic International Trawl Surveys. Updated and agreed during the meeting of the Baltic International Fisheries Survey Working Group. ICES CM Documents 2002/G: 05.
- Maksimovas J., Piščiukas V., Statkus R. ir kt. 2000. Plekšninių ir kitų žuvų jaunikių biomasės, jos pasiskirstymo ir mitybos vietų Baltijos jūros Lietuvos ekonominės zonos priekrantėje tyrimai. LVŽŽTC Žuvininkystės tyrimų laboratorijos ataskaita, 65 p.
- Thoresson G. 1993. Guidelines for coastal monitoring (Fishery biology). Kustrapport: 36 p.

## KLaidėdos uosto bendrojo plano sprendiniai hidrodinaminiu aspektu

Jūratė Kriauciūnienė, Brunonas Gailiušis

Lietuvos energetikos institutas, Kaunas  
*jurate.kriauciuniene@lei.lt*

**Įvadas.** Klaipėdos uostas pernai pasiekęs 40,14 mln. tonų krovinių apyvartą, visus metus išlaikė lyderio poziciją tarp Baltijos valstybių uostų. Tačiau skaičiuojama, kad, jei nebūtų vykdoma uosto plėtra, apie 2026 metus esamos uosto galimybės būtų išnaudotos (<http://www.portofklaipeda.lt>). Šiuo metu UAB „Sweco Lietuva“ kartu su partneriais rengia uosto bendrąjį planą, numatantį ilgalaikę uosto plėtrą ir išsprendžiantį dvi pagrindines problemas – gylio ir teritorijų trūkumą. Parengtos keturios koncepcijos (alternatyvos), kaip turėtų plėstis Klaipėdos uostas per artimiausius dvidešimt penkerius metus. Pagal pirmąją alternatyvą numatyta dabartinės uosto teritorijos plėtra (akvatorijos gilinimas iki 17 m). Antroje alternatyvoje numatyta vykdyti uosto plėtrą Kuršių mariose tarp Smeltės pusiasalio ir Kiaulės Nugaros salos, o pagal trečiąją alternatyvą – plėsti uostą šiaurinėje dalyje ir statyti išorinį uostą jūroje. Ketvirtoji alternatyva numato vystyti uostą tiek šiaurinėje, tiek pietinėje dalyje, t. y. apima 1, 2 ir 3 alternatyvų sprendinius.

Lietuvos energetikos instituto mokslininkai UAB „Sweco Lietuva“ užsakymu atliko studiją „Klaipėdos valstybinio jūrų uosto (žemės, vidinės akvatorijos, išorinio reido ir susijusios infrastruktūros) bendrojo plano sprendinių hidrodinaminių sąlygų ir nešmenų balanso pokyčių įvertinimas“ (2017). Šiame straipsnyje atliktas keturių uosto plėtros alternatyvų įvertinimas hidrodinaminiu požiūriu.

**Metodika.** Tiriant Klaipėdos sąsiaurio ir šiaurinės Kuršių marių dalies hidrodinaminių procesų pokyčius dėl bendrojo plano sprendinių tirtos šios pagrindinės alternatyvos:

0 alternatyva – dabartinė sąsiaurio būklė (uosto laivybos kanalas gilintas iki 14,5 m ir platintas iki 150 m, „Smeltės“ laivų apsisukimo vieta išgilinta iki 14,5 m, paruošta akvatorija);

1 plėtros alternatyva: uosto vartų pietinio molo rekonstrukcija, įplaukos ir vidinio laivybos kanalo gilinimas ir platinimas (įplaukos kanalo gylis – 17,5 m, laivybos kanalo gylis – 17 m ir plotis – 200 m), uosto pietinių vartų statyba;

2 plėtros alternatyva: uosto vartų pietinio molo rekonstrukcija, įplaukos ir vidinio laivybos kanalo gilinimas ir platinimas, uosto pietinių vartų statyba ir pietinės uosto dalies už Kiaulės nugaros salos išvystymas (užpilta rytų protaka, vakarų protaka pagilinta nuo 10 iki 14 m gylio);

3 plėtros alternatyva: vidinio laivybos kanalo gilinimas ir platinimas, uosto pietinių vartų statyba, šiaurinės uosto dalies Baltijos jūroje plėtra ir statyba;

4 plėtros alternatyva: vidinio laivybos kanalo gilinimas ir platinimas, uosto pietinių vartų statyba ir pietinės uosto dalies už Kiaulės nugaros salos išvystymas, šiaurinės uosto dalies Baltijos jūroje plėtra ir statyba.

Pagal numatytas alternatyvas paruošti Klaipėdos sąsiaurio ir Kuršių marių šiaurinės dalies batimetriniai planai, kuriuos naudojant buvo atliktas hidrodinaminis modeliavimas su dvimatės skaitmeninio modeliavimo sistemos MIKE 21 hidrodinaminiu modeliu.

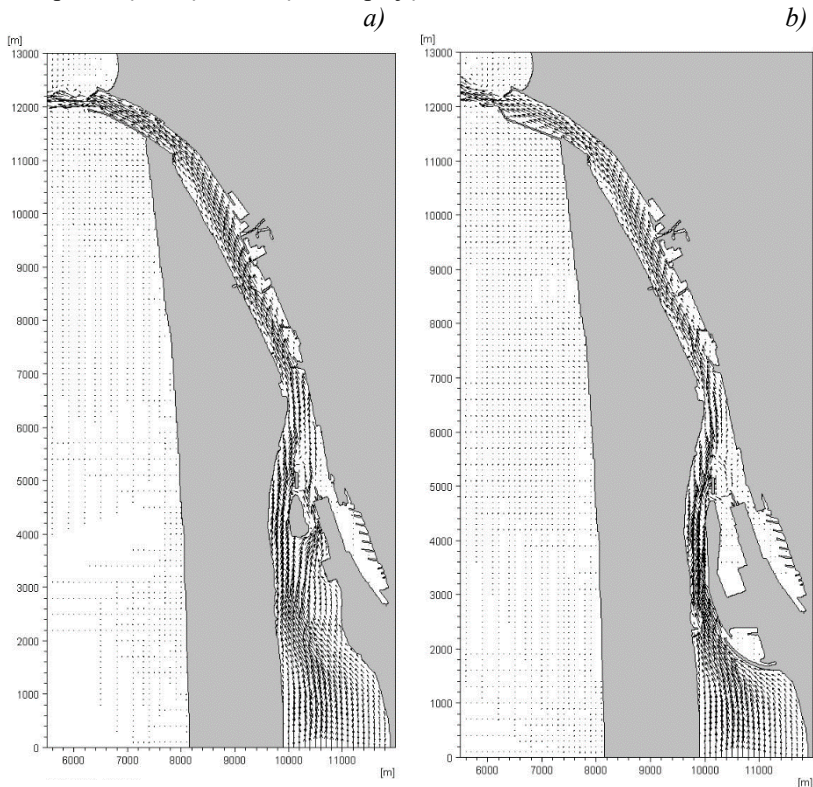
**Rezultatai.** Klaipėdos sąsiaurio pralaidumo pokyčiai nustatyti lyginant dabartinę Klaipėdos sąsiaurio ir šiaurinės Kuršių marių dalies būklę uosto akvatorijos ribose (0 alternatyva) su planuojama būkle (keturiomis alternatyvomis). Suskaičiuoti vandens debitai Klaipėdos sąsiauryje visoms alternatyvoms, kai tėkmė teka iš Kuršių marių į Baltijos jūrą ir iš Baltijos jūros į Kuršių marias. Pasirinkti trys vandens lygio skirtumai tarp Kuršių marių ir Baltijos jūros pagal hidrodinaminio modelio kraštines sąlygas (0,12 m, 0,33 m, ir 0,72 m). Esant šiems lygio skirtumams, sąsiauriu atitinkamai tekės 1600, 2700 ir 4200 m<sup>3</sup>/s debitai pagal 0 alternatyvą. Kai tekės priešingos krypties tėkmė iš Baltijos jūros į Kuršių marias, o lygio skirtumai yra 0,16 m ir 0,70 m, tai pagal 0 alternatyvą sąsiauriu tekės 1700 ir 3100 m<sup>3</sup>/s debitai.

Atliktas Klaipėdos sąsiaurio pralaidumo palyginimas pagal alternatyvas. Sprendinių įgyvendinimas pagal 1 alternatyvą nežymiai padidintų sąsiaurio pralaidumą (nuo 2,6 iki 3,0 %, kai tėkmė iš Kuršių marių į Baltijos jūrą) ir nuo 2,7 iki 3,1 % (kai tėkmės iš Baltijos jūros į Kuršių marias) lyginant su 0 alternatyva. Pralaidumas nežymiai padidėja dėl planuojamos uosto vartų pietinio molo rekonstrukcijos.

Vystant Klaipėdos uostą pagal 2 alternatyvą (1 alternatyvos sprendiniai bei pietinės uosto dalies už Kiaulės nugaros salos išvystymas) sąsiaurio pralaidumas beveik nepasikeistų lyginant su esama situacija. Tekant skirtingiems vandens debitams iš Kuršių marių į Baltijos jūrą, pralaidumo pokytis lyginant su 0 alternatyva yra nuo –(–0,9) iki 1,1 %, o tekant tėkmei iš Baltijos jūros į Kuršių marias šis pokytis –(–0,9) iki 1,5 %.

Įgyvendinus sprendinius pagal 3 alternatyvą (1 alternatyvos sprendiniai bei šiaurinės uosto dalies Baltijos jūroje plėtra), Klaipėdos sąsiaurio pralaidumas būtų šiek tiek mažesnis lyginant su 1 alternatyva. Tekant tėkmei iš Kuršių marių į Baltijos jūrą, pralaidumo kaita esant skirtingiems debitams yra 2,1–2,9 % lyginant su 0 alternatyva, o tekant tėkmei iš jūros į marias – nuo 1,5 iki 2,7 %.

Vystant uostą pagal 4 alternatyvą (vidinio laivybos kanalo išgilinimas ir išplatinimas, šiaurinės ir pietinės uosto dalies plėtra), Klaipėdos sąsiaurio pralaidumas beveik nesikeisčių, o tekant kai kuriems debitams net sumažėtų iki 1 % lyginant su 0 alternatyva. Įvertinus Klaipėdos sąsiaurio pralaidumo tyrimus, priėjome išvados, kad gamtosaugos požiūriu Klaipėdos uosto plėtrai priimtinos visos alternatyvos, nes apskaičiuoti pralaidumo pokyčiai lyginant su 0 alternatyva yra nereikšmingi. Šiuos rezultatus lėmė uosto plėtos sprendiniai (pietiniai vartai, rytų protakos uždarymas, uosto krantinių plėtra), kurie buvo pagrįsti rengiant uosto laivybos kanalo maksimalaus gilinimo ir platinimo galimybių plėtos planą bei sukuriant Klaipėdos valstybinio jūrų uosto pietinių vartų techninę koncepciją.



1 pav. Klaipėdos sąsiaurio tėkmės struktūros pagal 0 (a) ir 2 (b) alternatyvas, kai sąsiauriu teka  $2700 \text{ m}^3/\text{s}$  debitas iš Kuršių marių į Baltijos jūrą.

Klaipėdos sąsiaurio ir šiaurinės Kuršių marių dalies tėkmių struktūros uosto akvatorijos ribose sumodeliuotos visoms nagrinėtoms alternatyvoms, tekant 1600, 2700 ir 4200 m<sup>3</sup>/s debitui iš Kuršių marių į Baltijos jūrą bei 1700 ir 3100 m<sup>3</sup>/s debitui iš Baltijos jūros į Kuršių marias.

Tekant skirtingiems debitams iš marių į jūrą (ir atvirkščiai), tai pačiai alternatyvai susidaro panašaus pobūdžio tėkmių struktūra, kai skiriasi tik tėkmės greičių absoliutūs dydžiai.

Pagal 0 alternatyvą žymus tėkmės greičių padidėjimas nustatytas įplaukos kanalo dalyje (tarp uosto vartų molų), akvatorijoje ties UAB „Bega“ bei vakarų protakoje ties Kiaulės nugaros sala ir akvatorijoje prie Kuršių nerijos kranto į pietus nuo Kiaulės nugaros salos (1a pav.). Detaliau palyginsime įvairių alternatyvų tėkmės greičių skirtumus tekant 2700 m<sup>3</sup>/s debitui iš Kuršių marių į Baltijos jūrą (1 pav.).

Lyginat 1 ir 0 alternatyvas nustatyta, kad tėkmės greičiai sumažės visame laivybos kanale. Šiaurinėje Kuršių marių dalyje įrengus pietinius vartus, tėkmės greičiai žymiai padidės akvatorijoje prie Kuršių nerijos kranto nuo pietinių vartų iki vakarų protakos ties Kiaulės nugaros sala. Bus stebima dugno erozija tarp pietinių vartų ir Kuršių nerijos kranto. Įgyvendinus sprendinius pagal 2 alternatyvą, tėkmės greičiai lyginant su 0 alternatyva taip pat sumažės laivybos kanale iki Kiaulės nugaros salos ir padidės vakarų protakoje ties Kiaulės nugaros sala (1b pav.).

Įgyvendinus sprendinius pagal 3 alternatyvą, tėkmės greičiai tarp naujų uosto vartų galvų bus mažesni už greičius tarp likusių senųjų vartų molų galvų, tai pat bus stebimas tėkmės greičių sumažėjimas laivybos kanale bei greičių padidėjimas akvatorijoje prie Kuršių nerijos kranto nuo pietinių vartų iki vakarų protakos ties Kiaulės nugaros sala.

Lyginant 4 ir 0 alternatyvas, tėkmės greičiai padidės vakarų protakoje ties Kiaulės nugaros sala dėl rytų protakos uždarymo.

### **Išvados.**

1. Įgyvendinant Klaipėdos uosto plėtros 1 ir 3 alternatyvas, Klaipėdos sąsiaurio pralaidumas tekant dideliems debitams 2,6–3,1 % padidėja palyginus su 0 alternatyva. Tuo tarpu 2 ir 4 alternatyvos nekeičia sąsiaurio vandens balanso (debito pokytis (–0,9)–1,5 %). Pritaikyti inžineriniai sprendiniai (pietiniai vartai, rytų protakos užpylimas, jūrų uosto plėtra Baltijos jūroje) vertintini kaip palankūs aplinkai objektai, maksimaliai švelninantys jūrų uosto plėtros poveikį aplinkai.

2. Apskaičiuoti Klaipėdos sąsiaurio dviejų tėkmės režimų struktūros pokyčiai rodo, kad pagilinus uosto farvaterį, įrengus pietinius vartus bei uosto akvatoriją Baltijos jūroje ir uždarius rytų protaką ties Kiaulės nugaros sala, yra pavojus susidaryti papildomam erozijos židiniui Kuršių nerijos kranto

povandeninio šlaite ypač didelių potvynių metu. Šis papildomas erozijos židiny susidaro dėl uosto pietinių vartų įrengimo. Kuršių nerijos kranto apsaugos priemonės (krantinės, povandeninės sienutės) gali būti reikalingos tik tuo atveju, jeigu bus nustatytas pavojus kranto povandeninio šlaito stabilumui dėl geologinių sąlygų ir didelio šlaito nuolydžio.

## ZOOPLANKTONO FUNKCINĖS ĮVAIROVĖS TYRIMAI

**Jūratė Lesutienė, Evelina Grinienė, Zita Rasuolė Gasiūnaitė**

Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų atviros prieigos centras, Klaipėda  
*jurate.lesutiene@apc.ku.lt*

**Įvadas.** Funkcinė įvairovė yra rūšių funkcinių bruožų (tokių kaip kūno masė, mitybos tipas, lizdavietės tipas ir pan.) variacijos, dažnumo ir pasiskirstymo matas, kuris gali būti panaudojamas ieškant ryšio tarp rūšinės įvairovės ir ekosistemos funkcijos (Tilman, 2001). Manoma, kad funkcinė įvairovė padidina ekosistemos tamprumą (*angl.* resilience), kitaip tariant, gebėjimą atsikurti, t. y. sistemose yra didesnė tikimybė absorbuoti šoką, reorganizuotis bei išlaikyti pradinę struktūrą, jeigu jose yra keletas rūšių, kurios atlieka tą pačią funkciją tačiau skiriasi savo atsaku į stresinį poveikį (Frost et al., 1995, Mouchet et al., 2010). Taigi, identifikavus pagrindinius veiksnius, nulemiančius funkcinę įvairovę, galima geriau suprasti ekosistemos jautrumą aplinkos pokyčiams, negu vien tik analizuojant rūšinę įvairovę (Sitters et al., 2016). Nors įvairovės ir ekosistemos funkcijų ryšiai nėra iki galo aiškūs, būtina atsižvelgti į šį aspektą aplinkosaugos politikoje bei valdyme, nes negrįžtamai praradę įvairovę, ateityje pasirinkimų kaip valdyti ekosistemų procesus turėsime vis mažiau (Hooper et al., 2005).

Rūšių bruožai (*angl.* traits) apibrėžiami kaip organizmų elgsenos, molekulinų, morfologinių bei fiziologinių savybių išmatavimai, kurie gali būti atliekami tik organizmo lygmenyje (Violle et al., 2007). Turėdami šiuos bruožus organizmai tiesiogiai ir netiesiogiai atlieka keletą svarbių ekosistemos funkcijų. Pavyzdžiui, augalėdis zooplanktono irklakojų būrio vėžiagyvis 1) veikia ekosistemos respiraciją (per poveikį gamintojams ir jų O<sub>2</sub> produkavimą, per savo kvėpavimą veikia O<sub>2</sub> ir CO<sub>2</sub> kiekį), 2) reguliuoja fitoplanktono dumblių biomasę / pirminę produkciją (per mitybą), 3) įtakoja aukštesniųjų mitybos lygmenų biomasę (pvz., per plėšrūno vengimo būdą: vertikalios migracijas, kūno skaidrumą, ciklomorfozę), 4) veikia maisto medžiagų apykaitą t. y. sugrąžina medžiagas gamintojams bei dalyvauja anglies sedimentaciniuose procesuose (per mitybą, ekskreciją, fekalinių peletų susidarymą) (Hébert et al., 2017).

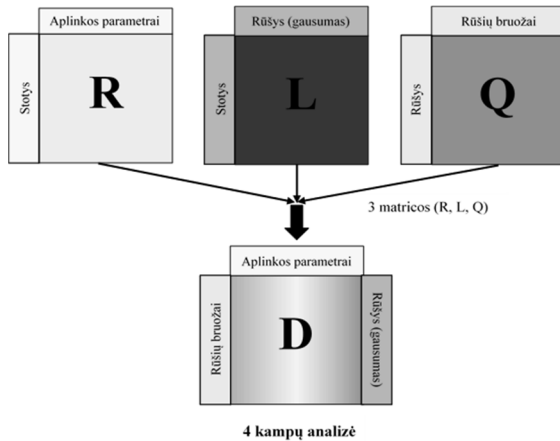
Tiriamos bendrijos organizmų bruožų atranką siūloma daryti atsižvelgiant į tyrimo problematiką – aktualų ekosisteminių mechanizmą (pvz. funkcinės įvairovės ir resursų kokybės ryšys eutrofikacijos gradientu). Kol kas nėra sudaryti standartiniai bruožų rinkiniai, bruožų matavimų vertės varijuoja toms pačioms rūšims priklausomai nuo regiono ir ištirtumo. Vienas iš pirmųjų zooplanktono funkcinės įvairovės tyrimų atliktas naudojant penkis bruožus:



suaugėlių kūno dydį, kūno dydžio variacijos koeficientą, buveinės tipą (litoralė vs. pelagialė), mitybinę grupę bei mitybos tipą (Barnett et al., 2007). Šis tyrimas atskleidė, jog zooplanktono rūšių skaičius trofiškumo (bendrojo fosforo koncentracijos) gradiente kinta pagal vienmodalinį dėsnį, t. y. didžiausių skaičių pasiekia vidutinio trofiškumo ežeruose, tuo tarpu funkcinė įvairovė trofiškumo gradiente tiesiškai mažėja (Barnett et al., 2007). Vėlesniuose darbuose siūlomi tokie pagrindiniai bruožai: maksimalus augimo greitis, elementų stochiometrija (C:P, N:P santykis), išėdimo greitis ir mitybinės nišos plotis (maisto dalelių dydžio struktūra) (Litchman et al., 2013). Kaip pateikta Hébert et al. (2017) pavyzdyje apie irklakojį vėžiagyvį siūloma pasirinkti taip vadinamus funkcinis bruožus, susijusius su atitinkama ekosistemos funkcija.

Mūsų darbo tikslas – atlikti priminę Lietuvos ežerų zooplanktono funkcinės įvairovės analizę ir palyginti funkcinės įvairovės ir rūšių skaičiaus kaitos dėsningumus trofiškumo gradiente.

**Metodai.** Funkcinių bruožų atsakas į aplinkos sąlygas bus testuojamas panaudojant RLQ (Dolédec et al., 1996) ir ketvirto kampo analizę (Legendre et al., 1997). Šiai analizei yra reikalingos trys duomenų lentelės: R – aplinkos parametrai stotyse (gylis, temperatūra, pH, bendras azotas ( $N_b$ ), bendras fosforas ( $P_b$ ), chlorofilo *a* koncentracija, heterotrofinių bakterijų koncentracija ir t. t.); L – rūšių gausumas stotyse; Q – rūšių bruožų vertės: vidutinis suaugėlių kūno dydis, kūno dydžio variacijos koeficientas, mitybinė grupė bei mitybos tipas (1 pav.).



1 pav. RLQ analizės principinė schema.

Analizės tikslas – aptikti reikšmingus ryšius tarp rūšių bruožų ir aplinkos kintamųjų. Analizei naudojamas ade 4 paketas R aplinkoje (Dray et al., 2016).

Šiam tyrimui zooplanktono mėginiai buvo surinkti iš 15 Lietuvos ežerų ir labai pakeistų vandens telkinių (Kauno, Elektrėnų marios). Mėginiai imti du kartus gegužės ir rugpjūčio mėn. 2016 m.

Chlorofilo *a* koncentracija šiuose telkiniuose rugpjūčio mėn. kito nuo 2,6  $\mu\text{g l}^{-1}$  (Luokesų ež.) iki 99,2  $\mu\text{g l}^{-1}$  (Simno ež.) (1 lentelė), Seki disko gylis, atitinkamai, nuo 8 m iki 0,3 m.

1 lentelė

Vandens kokybės parametrai ir zooplanktono rūšių skaičius tiriamuose vandens telkiniuose

Vandens telkinio pavadinimas	Chl <i>a</i> , $\mu\text{g/l}$	N <sub>b</sub> , mg/l	P <sub>b</sub> , $\mu\text{g/l}$	Rūšių skaičius
Luokesai	2,6	0,41	235,0	22
Lūšiai	3,4	0,34	59,9	23
Plateliai	3,7	0,45	17,6	19
Tauragnas	4,0	0,46	47,5	20
Antalieptės marios	4,3	0,47	65,9	21
Elektrėnų marios	7,3	0,35	249,8	16
Daugai	10,4	0,68	31,4	20
Dusia	14,5	0,47	27,2	20
Arimaičiai	24,9	0,77	212,8	20
Tausalas	29,2	0,54	35,0	22
Kauno marios	33,6	1,02	16,4	12
Lūkstas	38,3	0,70	19,5	19
Talša	39,1	0,78	21,4	20
Mastis	96,6	0,9	20,7	15
Simnas	99,3	1,22	45,3	17

Integruotas mėginys vandens parametru išmatavimui imtas pagal Seki gylio (SG) vertes t. y. paviršius + 0,5×SG + 1×SG + 2×SG Ruttner tipo standartiniu 2 litrų talpos vandens semtuvu. Integruoti zooplanktono mėginiai imti iš 2×SG gylio 25 cm diametro zooplanktono tinklu (tinklo akies dydis 80  $\mu\text{m}$ ).

Šis tyrimas finansuojamas Lietuvos mokslo tarybos projekto „Rūšinės ir funkcinės įvairovės reikšmė vandens ekosistemų paslaugoms didėjant eutrofikacijai ir cheminei taršai“ (SIT – 10/2015).

## Literatūra

- Barnett A., Beisner B.E., 2007. Zooplankton biodiversity and lake trophic state: Explanations invoking resource abundance and distribution. *Ecology*, 88 (7), 1675–1686.
- Dray S., Choler P., Dolédec S. et al. (2016): Supplement 1. A tutorial to perform fourth-corner and RLQ analyses in R.. figshare. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.3558240.v1> Prieiga per internetą: 08 50, Kovo 01, 2017.
- Dolédec S., Chessel D. der Braak C. J. F., Champely S. 1996. Matching species traits to environmental variables: a new three-table ordination method. *Environmental and Ecological Statistics*, 3, 143–166.
- Frost T. M., Carpenter S. R., Ives A. R., Kratz T. K. 1995. Species compensation and complementarity in ecosystem function. Pages 224–239 in C. G. Jones and J. H. Lawton, editors. *Linking species and ecosystems*. Chapman and Hall, San Diego, California, USA.
- Hébert M. P., Beisner B. E., Maranger R., 2017. Linking zooplankton communities to ecosystem functioning: toward an effect-trait framework. *Journal of Plankton Research*, 39 (1), 3–12.
- Hooper D.U., Chapin F.S., Ewel J. J. et al., 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge, *Ecological Monographs*, 75 (1), 3–35.
- Legendre, P., Galzin R., Harmelin-Vivien M.L., 1997. Relating behavior to habitat: solutions to the fourth-corner problem. *Ecology*, 78, 547–562.
- Litchman E., Ohman M. D., Kiørboe T. 2013. Trait-based approaches to zooplankton communities. *Journal of Plankton Research*, 35 (3), 473–484.
- Mouchet M. A., Villegger S., Mason N. W. H., Mouillot D. 2010. Functional diversity measures: an overview of their redundancy and their ability to discriminate community assembly rules. *Functional Ecology*, 24, 867–876.
- Sitters H., York A., Swan M. et al. 2016. Opposing responses of bird functional diversity to vegetation structural diversity in wet and dry forest. *PLoS ONE* 11(10): e0164917.
- Tilman D. 2001. Functional diversity. In: Levin S.A., Ed. *Encyclopedia of biodiversity*. San Diego, CA: Academic Press; 109–120.
- Violle C., Navas M., Vile D. et al. 2007. Let the concept of trait be functional! *Oikos*, 116, 882–892.

## UODO TRŪKLIO (*CHIRONOMIDAE*) VAIDMUO MAISTMEDŽIAGIŲ IR MELSVABAKTERIŲ TOKSINŲ PERNAŠOJE IŠ KURŠIŲ MARIŲ SEDIMENTŲ

Adelė Mačiūtė<sup>1</sup>, Jūratė Lesutienė<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto  
Gamtos mokslų katedra, Klaipėda, <sup>2</sup>Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų  
atviros prieigos centras, Klaipėda  
*a.maciutes@gmail.com*

**Įvadas.** Sausumos daroma įtaka vandens ekosistemoms yra gana gerai iširta, tuo tarpu kur kas rečiau nagrinėjamas vandens sistemų atsakas t. y. medžiagų srautai į sausumą. Vis didesnį susidomėjimą kelia melsvabakterių produkuojamų toksinų patekimas į sausumos organizmus (Moy et al., 2016). Šie toksinai yra labiau pavojingi žmonėms bei kitiems sausumos žinduoliams, nei hidrobiontams (Stewart et al., 2006). Mikrocinistiniai – antriniai melsvabakterių produkuojami metabolitai, kurie veikia aukštesnius organizmus kaip hepatotoksinais. Letali dozė LD<sub>50</sub> – cheminės medžiagos dozė (koncentracija), sukelianti 50 % tiriamų gyvūnų žūtį – mikrocinistino MC-LR atveju pelėms ir žiurkėms yra 5 mg kg<sup>-1</sup> kūno svorio, palyginimui cianidų atveju – 3 mg kg<sup>-1</sup> kūno svorio (WHO, 1999). Tai aktualu ir Kuršių mariose, nes jos autotrofinėje planktono bendrijoje aptinkamos potencialiai mikrocinistinus produkuojančių melsvabakterių rūšys (Paldavičienė, 2015). Naujausių tyrimų duomenimis Kuršių mariose identifikuotos penkios skirtingos mikrocinistinių formos (R. Pilkaitytė, nepublikuoti duomenys). Šių skirtingų formų gali būti iki 80 (Paldavičienė, 2015).

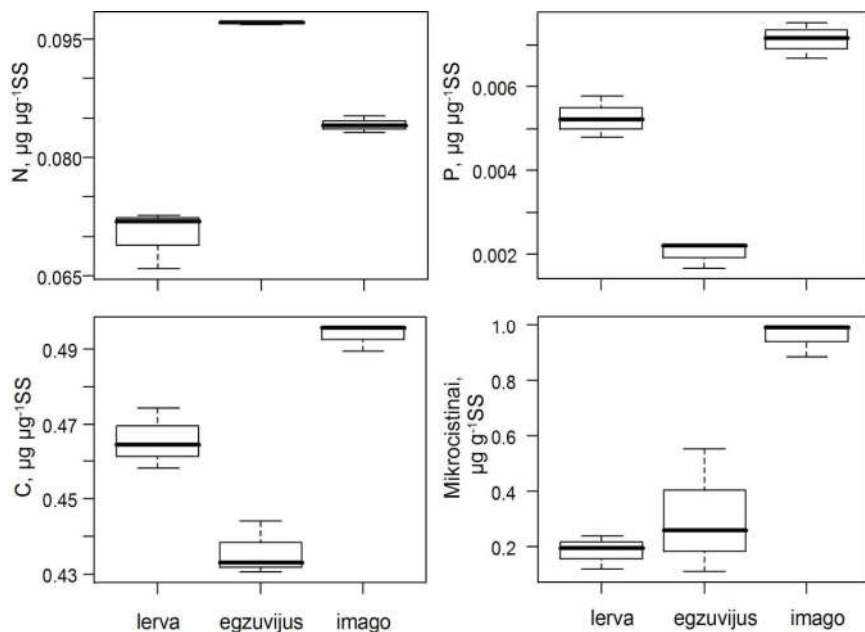
Ne mažiau svarbu įvertinti ir maistmedžiagų srautus iš vandens į sausumą. Dalis maistmedžiagų grįžta į sausumos ekosistemas abiotinių bei biotinių veiksnių dėka. Puikus pastarųjų veiksnių pavyzdys – vandens vabzdžių ritimasis. Lervos stadijoje vabzdžiai vandenyje praleidžia santykinai ilgą laiko tarpą, jie iš šios ekosistemos įsisavina daugybę medžiagų. Dalis išsiritusių vabzdžių tampa sausumos ekosistemos dalimi. Tokiu būdu, su vabzdžių audiniais drauge gali būti pernešamos įvairios maistmedžiagės bei toksinai.

**Metodai.** Chironomidų lervos bei sedimentų mėginiai (0–10 cm gylio) buvo surinkti 2015-04-30 Kuršių mariose ties Nida. Pusė chironomidų buvo užšaldyti, o likę – auginami laboratorinėmis sąlygomis iki imago stadijos. Inkubacija viso truko 45 dienas, palaikant pastovią 16–17 °C temperatūrą. Analizėms buvo naudojamas visas uodo, lervos kūnas bei egzuvijus. Toksinų analizė atlikta standartiniu imunofermenitiniu (ELISA) metodu. Azoto ir

anglies analizė atlikta Kalifornijos Daviso universiteto laboratorijoje. Fosforas nustatytas spektrometriniu metodu, naudojant amonio molibdatą. Dėl nedidelio imčių skaičiaus duomenų analizei taikomas neparametrinis kriterijus, Kruskalio-Valio (K-V) testas.

**Rezultatai.** Cianotoksinų analizė parodė, jog visuose 5-iuose sedimentų sluoksniuose yra mikrocinų (MC). Jų koncentracija kito nuo 0,010 iki 1,721  $\mu\text{g (gSS)}^{-1}$ . Didžiausia koncentracija paviršiniame 0–0,5 cm sluoksnyje – vidutiniškai 0,695  $\mu\text{g (gSS)}^{-1}$ .

Toksinų koncentracija skyrėsi *Chironomus sp. plumosus* lervoje, egzuvijuje bei suagėlyje (K-V testas,  $p=0,001$ ) (1 pav.). Nedidelė koncentracija išmatuota lervos stadijoje – 0,183  $\mu\text{g (gSS)}^{-1}$  ir egzuvijuje – 0,306  $\mu\text{g (gSS)}^{-1}$ . Didžiausia MC koncentracija išmatuota suagėlyje – 0,957  $\mu\text{g (gSS)}^{-1}$ .



1 pav. Azoto, fosforo, anglies ir mikrocinų koncentracija uodo trūklio lervoje, egzuvijuje ir suagėlio (imago) stadijoje.

Nustatyta didesnė fosforo koncentracija lervos bei imago stadijose, tačiau egzuvijuje ji daug mažesnė (K-V testas,  $p=0,027$ ) (1 pav.). Lervos stadijoje – 0,005  $\mu\text{g (gSS)}^{-1}$ , imago – 0,007  $\mu\text{g (gSS)}^{-1}$  bei egzuvijuje – 0,002  $\mu\text{g (gSS)}^{-1}$ .

Didžiausia azoto koncentracija išmatuota egzuvijuje – 0,097  $\mu\text{g}$  ( $\mu\text{gSS}$ )<sup>-1</sup> ir suaugėlyje – 0,084  $\mu\text{g}$  ( $\mu\text{gSS}$ )<sup>-1</sup>, lervos stadijoje – 0,070  $\mu\text{g}$  ( $\mu\text{gSS}$ )<sup>-1</sup> (1 pav.) Koncentracija tarp lervos, imago ir egzuvijaus statistiškai reikšmingai skyrėsi (K-V testas,  $p=0,022$ ).

Vidutinė anglies koncentracija lervos stadijoje – 0,466  $\mu\text{g}$  ( $\mu\text{gSS}$ )<sup>-1</sup>, egzuvijuje – 0,436  $\mu\text{g}$  ( $\mu\text{gSS}$ )<sup>-1</sup>, imago stadijoje – 0,494  $\mu\text{g}$  ( $\mu\text{gSS}$ )<sup>-1</sup>. Koncentracija statistiškai reikšmingai skyrėsi lervoje, egzuvijuje ir imago stadijoje (K-V testas,  $p=0,027$ ) (1 pav.).

**Rezultatų aptarimas.** Chironomidų lervos įsikuria paviršiniuose sedimentų sluoksniuose, kur aptikta didžiausia mikrocistinių koncentracija. Tokiu būdu, jos neišvengiamai maitinasi organinėmis medžiagomis, kuriose yra didesnis cianotoksinų kiekis.

Metamorfozės metu lėliukėje vyksta įvairūs biocheminiai procesai, kurių metu mikrocistiniai, kaip ir kiti toksinai, nėra naudojami. Galimai dėl to, imago stadijoje aptikome didesnę MC koncentraciją, nei lervoje. Tai rodo, jog melsvabakterių toksinai iš dumblo nuosėdų gali keliauti chironomidų pagalba ne tik toliau vandens ekosistemoje, bet ir į sausumą. Tapti vabzdžiaiesių paukščių ar voragyvių aukomis.

Iš visos 415 km<sup>2</sup> Lietuvai priklausančios Kuršių marių dalies, kurioje 44 % ploto sudaro dumblo nuosėdos (Žilius, 2011), *Chironomus sp. plumosus* uodai vieno ritimosi metu išneša apytiksliai 206 g mikrocistinių. Kas metus išnešamas toksinų kiekis yra galimai du kartus didesnis (412 g), kadangi vienuose metuose yra dvi išsiritančių chironomidų kartos.

Azoto ir fosforo koncentracija didesnė dumblingose nuosėdose (Žilius, 2011; Petkuvienė, 2015). Tokio tipo sedimentuose maitinasi ir tiriamieji chironomidai. Pagal gautus elementinės analizės duomenis fosforo koncentracija lervos ir imago stadijose skiriasi. Tačiau pats fosforo kiekis išlieka abiejose stadijose vienodas. Tikėtina, jog uodo trūklio strategija yra išsaugoti kuo didesnę dalį fosforo, naujai kiaušinėlių dėčiai suformuoti. Anksčiau atliktų tyrimų duomenimis, Kuršių marių dumblo paviršiniame sluoksnyje (0–10 cm) susikaupęs fosforo kiekis yra 55000 t P<sub>b</sub> (Petkuvienė, nepublikuoti duomenys). Tokiu atveju, kasmet chironomidų uodai bei egzuvijai galimai iš dumblo nuosėdų išneša tik 0,005 % šio kiekio.

Kitokia situacija matyti azoto pernašoje. Didžiausia koncentracija išmatuota egzuvijuje ir imago stadijoje. Taip yra todėl, jog uodo trūklio, kaip ir kitų vabzdžių, egzoskeletas taip pat ir egzuvijus yra sudarytas iš chitino ir proteino, turinčių santykinai didelį azoto kiekį.

**Išvados.** Kai *Chironomus sp. plumosus* gausumas sedimentuose yra 176–352 indiv. m<sup>-2</sup> iš 1 m<sup>2</sup> Kuršių marių dugno į sausumą visi išsiritę uodai gali pernešti 0,065–0,131 g azoto, apytiksliai 0,005–0,011 g fosforo, 0,384–0,771

g anglies bei 0,739–1,478 µg mikrocistinio. Iš visos Lietuvai priklausančios Kuršių marių dalies, kurioje vyrauja dumblo nuosėdos ploto, uodas trūklys (vienu ritimusi) vidutiniškai išneša: 1,46 t fosforo, 20,63 t azoto, 105,5 t anglies ir 0,206 kg mikrocistinų. Kasmet išnešamas chironomidų egzuviujuose ir uoduose mikrocistinų kiekis gali sudaryti 0,09 %, o fosforo kiekis – 0,005 % viso Kuršių marių dumblo nuosėdose esančių cianotoksinų bei fosforo kiekio.

## Literatūra

- Moy N. J., Dodson J., Tassone S. J. et al. 2016. Biotransport of Algal Toxins to Riparian Food Webs. *Environmental science and technology*, 50 (18), 10007–10014.
- Paldavičienė A. 2015. Cyanotoxins and their accumulation in the Curonian lagoon: PhD dissertation. Klaipėda.
- Petkuvienė J. 2015. Fosforo formų kaita Kuršių mariose ir jos reikšmė eutrofikacijos procesui: daktaro disertacija. Klaipėda.
- Stewart I., Barnes-Holmes D., Barnes-Holmes Y. et al. 2006. Relational Frame Theory and Industrial/Organizational Psychology. In S. C. Hayes, F. W. Bond, D. Barnes-Holmes, & J. Austin (Eds.), *Acceptance and Mindfulness at Work: Applying Acceptance and Commitment Therapy and Relational Frame Theory to Organizational Behavior Management*, 55–90.
- Žilius M. 2011. Oxygen and nutrient exchange at the sediment- water interface in the eutrophic boreal lagoon (Baltic sea): PhD dissertation. Klaipėda.
- WHO, 1999. The world health report. Making a difference, 1–121.

## PIRMINIAI NUOSĖDŲ PERNAŠOS MODELIO KALIBRAVIMO REZULTATAI KURŠIŲ MARIOMS

Jovita Mėžinė<sup>1,2</sup>, Petras Zemlys<sup>1</sup>, Georg Umgiesser<sup>1,3</sup>,  
Christian Ferrarin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų atviros prieigos centras, Klaipėda,

<sup>2</sup> Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto  
Gamtos mokslų katedra, Klaipėda, <sup>3</sup> CNR – Italijos nacionalinės mokslo  
tarybos, ISMAR – Jūros mokslų institutas Venecijoje, Italija  
*jovita.mezine@apc.ku.lt*

**Įvadas.** Kuršių marios yra didžiausia Europos lagūna, pasižyminti sudėtinga vandens masių cirkuliacija, veikiama Nemuno upės nuotėkio, vėjo ir jūrinio vandens pritekėjimo iš Baltijos jūros. Yra žinoma, kad Kuršių mariose pagrindinę dugno paviršiaus dalį, apie 55 %, užima vidutinio smulkumo ir smulkus smėlis, tačiau patys nuosėdų pernašos mechanizmai mariose yra mažai nagrinėti.

Pirmą kartą supaprastintas SHYFEM nuosėdų pernašos submodelis Kuršių marioms buvo pritaikytas Ferrarin (2006) daktaro disertacijoje. Tyrimo metu buvo sudarytas dugno kritinio šlyties įtempimo (*angl.* critical shear stress) žemėlapis, davęs pradžią tolimesniems tyrimams.

Šio tyrimo tikslas yra sukalibruoti SHYFEM nuosėdų pernašos submodelį Kuršių marioms, kuris vėliau bus naudojamas išsiaiškinti pagrindinius nuosėdų transporto principus šioje sistemoje. Tyrimo rezultatai taip pat gali būti svarbūs nustatyti maisto medžiagų apykaitą tarp dugno nuosėdų ir vandens storumės. Šiame straipsnyje pristatomi pirminiai nuosėdų pernašos modelio kalibravimo rezultatai.

**Metodai.** Tyrime buvo naudojama modeliavimo sistema SHYFEM (<http://www.ismar.cnr.it/shyfem>). Šią sistemą sudaro baigtinių elementų trimatis hidrodinaminis modelis, transporto ir difuzijos modelis, radiacinės šilumos perdavimo vandens paviršiui modelis, nuosėdų pernašos submodelis, parametrinis bangų modelis, biogeocheminis submodelis AQUABC bei kiti daugiausia vandens kokybės modeliai. Hidrodinaminių lygčių skaitiniam sprendimui yra naudojamas baigtinių elementų metodas, kuris leidžia naudoti teritoriškai kintamos raiškos gardeles. Detalesnį modelio aprašymą galima rasti (Umgiesser et al., 2004) bei (Zemlys et al., 2013).

Lietuvos akvatorijoje SHYFEM modelis buvo pritaikytas daugelyje studijų kaip atskiras hidrodinaminis modelis ar kartu su įvairiais ekologiniais modeliais (Daunys et al., 2006; Erturk et al., 2008; Ferrarin et al., 2008; Zemlys et al., 2008; Zemlys et al., 2013).



Nuosėdų pernašos submodelis skaičiuoja srovių ir bangų sukeltą nuosėdų pernašą tiek lipnioms (*angl. cohesive*) tiek birioms (*angl. non-cohesive*) nuosėdoms. Submodelio branduolį sudaro SHYFEM adaptuotas nuosėdų pernašos modelis SEDTRANS05 (Neumeier et al., 2008). SEDTRANS05 turi kelias nuosėdų pernašos skaičiavimo formules, kurias galima pasirinkti pagal išsiskeltą tikslą. Šiam tyrimui buvo pasirinkta Van Rijn (1993) nuosėdų pernašos formulė.

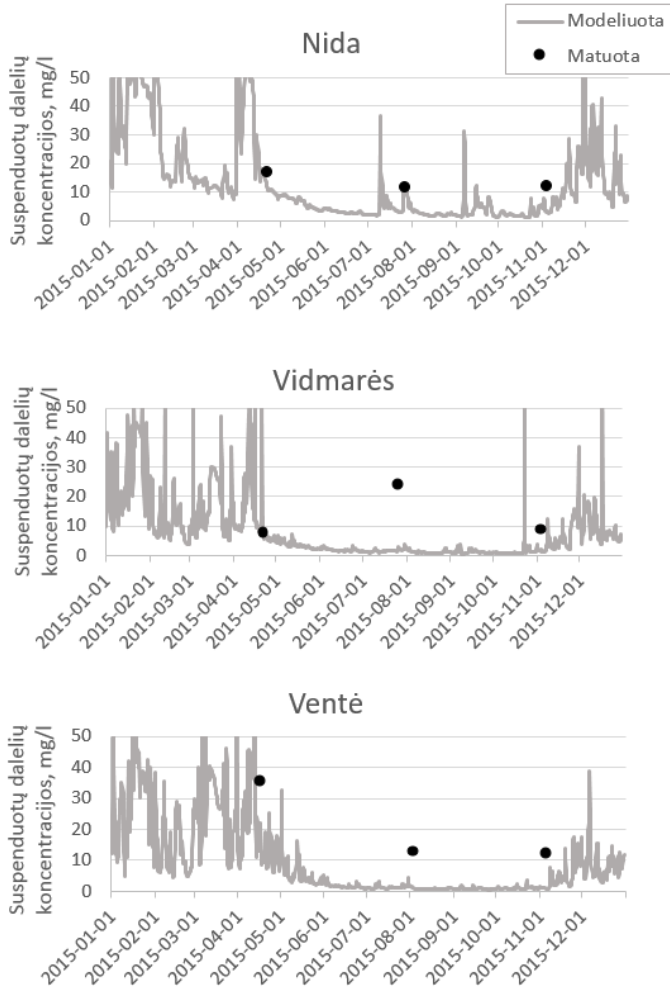
Pirminiams nuosėdų pernašos modelio skaičiavimams buvo naudojama dvimatė modelio versija, be ledo dangos submodelio, kadangi tikslas buvo išsiaiškinti tik pagrindinius nuosėdų pernašos submodelio veikimo principus ir jo pritaikomumą Kuršių marioms. Modelio skaičiavimo gardelę sudarė 2027 elementai ir 1309 mazgai. Tai palyginti grubi gardelė su smulkesniais elementais Klaipėdos sąsiauryje. Ši gardelė buvo naudota ir ankstesniuose tyrimuose. Jos patikros rezultatai hidrodinaminiam kintamiesiems yra pristatyti (Umgiesser et al. 2016) studijoje.

Modeliui sudaryti buvo naudoti šie duomenys: 1) druskingumo, temperatūros ir vandens lygio duomenys kraštinėms sąlygoms Baltijos jūroje gauti iš Vokietijos Leibnico Baltijos jūros tyrimų instituto, Varnemundėje modelio MOM; 2) meteorologiniai duomenys gauti iš Vidutinės trukmės oro prognozių Europos centro (ECMWF) operacinio modelio duomenų; 3) Lietuvos hidrometeorologinės tarnybos kasdieniniai upių nuotėkio duomenys; 4) nuosėdų pernašos modelio darbui reikalingoms iš upių atnešamų nuosėdų apimtims buvo naudojamos nuosėdų dalelių koncentracijų vandenyje, išmatuotų Rusnės stotyje, laiko eilutės. Buvo laikomasi prielaidos, kad iš Baltijos jūros atnešamas nuosėdų kiekis nėra reikšmingas; 5) pradinis Kuršių marių dugno nuosėdų dalelių dydžių pasiskirstymas buvo gautas erdviškai interpoliuojant matavimų duomenis. Skaičiavimai buvo atliekami su devyniomis nuosėdų dydžių klasėmis, pradedant moliu ir baigiant vidutiniu smėliu.

**Rezultatai.** Modelio kalibravimas buvo atliktas 2015 metams, kadangi tais metais buvo surinkti sezoniniai Kuršių marių (kalibravimui) ir mėnesiniai Nemuno upės (kraštinėms modelio sąlygoms) suspenduotos medžiagos koncentracijų be organinės dalies duomenys. Tyrimo metu buvo kalibruojamos kritinio šlyties įtempimo ir resuspensijos tikimybės konstantų reikšmės. Kalibravimo eigoje galutinėmis buvo pasirinktos 0,8 Pa kritinio šlyties įtempimo ir 30 % resuspensijos tikimybės reikšmės. Nuosėdų pernašos submodelio rezultatai buvo lyginami su išmatuotomis suspenduotų dalelių koncentracijų reikšmėmis (mg/l), trijose skirtingų sedimentacinių savybių stotyse: Nidoje, Vidmarėse ir Ventėje. Submodeliu apskaičiuotų ir išmatuotų

suspenduotų dalelių koncentracijų palyginimas su matavimų duomenimis yra pateiktas 1 pav.

Rezultatai parodė, kad nuosėdų pernašos modelio suspenduotos medžiagos koncentracijų reikšmės yra mažesnės nei išmatuotos, tačiau šiuo metu dėl duomenų trūkumo detalesnės analizės atlikti nėra galimybių.



1 pav. Nuosėdų pernašos submodelių apskaičiuotų ir išmatuotų suspenduotų dalelių koncentracijų palyginimas su matavimų duomenimis.

**Rezultatų aptarimas ir išvados.** Tai yra pirminiai nuosėdų pernašos modelio kalibravimo rezultatai. Modelio rezultatai geriausiai matavimus atitinka Nidos stotyje (vidurkio vidutinė kvadratinė paklaida  $\pm 5,98$  mg/l). Panašūs rezultatai gaunami ir Vidmarių bei Ventės stotyse, išskyrus tai, kad vasaros metu apskaičiuotos nuosėdų koncentracijos reikšmės čia žymiai mažesnės nei matuotas (pavyzdžiui Vidmarėse skirtumas siekia net 21,5 mg/l). Kaip matome didesni neatitikimai tarp modeliuotų ir matuotų reikšmių pastebimi tik šiltuoju laikotarpiu ir to priežastys kol kas nėra aiškios. Reikia pabrėžti ir tai, kad matuotų duomenų yra gana mažai ir matuotų duomenų neapibrėžtumo ribos kol kas nėra žinomos, todėl skirtumas tarp matuotų ir apskaičiuotų reikšmių gali būti atsitiktinis.

Artimiausiu metu yra planuojama iš kitų šaltinių surinkti papildomus suspenduotų dalelių koncentracijų duomenis modelio patikrai, patobulinti modelio skaičiavimo gardele, tai yra padidinant rezoliuciją vakarinėje Kuršių marių dalyje ir Klaipėdos sąsiauryje, atnaujinti pradinį dugno nuosėdų žemėlapi bei į nuosėdų pernašos modelį įtraukti ledo modelį, tikintis gauti patikimesnius modelio rezultatus.

## Literatūra

- Daunys D., Zemlys P., Olenin S. et al. 2006. Impact of the zebra mussel *Dreissena polymorpha* invasion on the budget of suspended material in a shallow lagoon ecosystem. *Helgoland Marine Research*, 60 (2), 113–120.
- Erturk A., Razinkovas A., Zemlys P. et al. 2008. Linking NPZD and foodweb models of an estuarine lagoon ecosystem. *Proceedings of the US/EU Baltic 2008 Symposium*. IEEE Catalog Number: CFP08AME-CDR, ISBN: 978-1-4244-2268-5, Library of Congress: 2008902075.
- Ferrarin C. 2006. A sediment transport model for the lagoon of Venice. *Daktaro disertacija, Venecija*.
- Ferrarin C., Razinkovas A., Gulbinskas S. et al. 2008. Hydraulic regime-based zonation scheme of the Curonian Lagoon. *Hydrobiologia*, 611, 133–146.
- Neumeier U., Ferrarin C., Amos C.L. et al. 2008. Sedtrans05: An improved sediment-transport model for continental shelves and coastal waters. *Computers and Geoscience*, 34 (10), 1223–1242.
- Umgiesser G., Melaku Canu D., Cucco A. et al. 2004. A finite element model for the Venice Lagoon. Development, set up, calibration and validation. *Journal of Marine Systems*, 51, 123–145.
- Umgiesser G., Zemlys P., Erturk A. et al. 2016. Seasonal renewal time variability in the Curonian Lagoon caused by atmospheric and hydrographical forcing. *Ocean Science*, 12, 391–402.
- Van Rijn L. C. 1993. *Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal sea*. Aqua Publications, Amsterdam, The Netherlands.
- Zemlys P., Erturk A., Razinkovas A. 2008. 2D finite element ecological model for the Curonian lagoon. *Hydrobiologia*, 611 (1), 167–179.
- Zemlys P., Ferrarin C., Umgiesser G. et al. 2013. Investigation of saline water intrusions into the Curonian Lagoon (Lithuania) and two-layer flow in the Klaipėda Strait using finite element hydrodynamic model. *Ocean Science*, 9, 573–584, doi:10.5194/os-9-573-2013.

## JŪROS PAUKŠČIŲ PRIEGAUDOS MAŽINIMUI SKIRTŲ TINKLŲ EFEKTYVUMO PRELIMINARŪS TYRIMAI

**Julius Morkūnas<sup>1</sup>, Rory Crawford<sup>2</sup>, Marguerite Tarzia<sup>2</sup>,  
Liutauras Raudonikis<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Lietuvos ornitologų draugija, Vilnius, <sup>2</sup>Birdlife International, Jungtinė  
Karalystė

*juliusmorkunas@birdlife.lt*

Kasmet pasaulyje žvejybiniuose žiauniniuose tinkluose žūva iki 400 000 jūros paukščių, tai yra pats pavojingiausias žvejybos įrankis paukščiams. Baltijos jūroje žvejybiniai tinklai plačiai naudojami, todėl čia registruojama viena didžiausių paukščių priegaudų (Žydelis et al., 2013), siekianti nuo 100 000 iki 200 000 paukščių per metus.

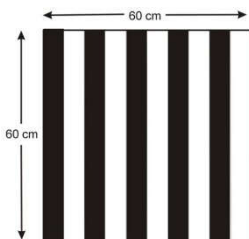
Per paskutinius du dešimtmečius Baltijos jūroje žiemojančių nardančių vandens paukščių sumažėjo iki 60 % (Skov et al., 2011). Manoma, kad būtent paukščių priegauda žvejybiniais tinklais gali nulemti tokį populiacijų mažėjimą (Žydelis et al., 2013). Anksčiau Lietuvoje atliktų tyrimų metu buvo nustatyta, kad žiauniniuose tinkluose Baltijos jūros priekrantėje daugiausiai žūva ledinės antys (*Clangula hyemalis*), rudakakliai narai (*Gavia stellata*), sibirinės gagos (*Polysticta stelleri*) ir nuodėgulės (*Melanitta fusca*). Taip pat į tinklus įkliūna juodosios antys (*Melanitta nigra*), juodakakliai narai (*Gavia arctica*), ausuotieji kragai (*Podiceps cristatus*) ir alkiniai paukščiai (Dagys et al., 2002). Iki šiol Lietuvoje ir pasaulyje nėra surasta veiksmingo sprendimo, kaip būtų galima sumažinti paukščių atsitiktinius sugavimus žvejybiniais žiauniniais tinklais (1 pav.). Įkliuvusius paukščius yra gana sudėtinga išnarplioti, taip gadinami tinklai ir ilginamos laiko sąnaudos (Ložys et al., 2009).



1 pav. Nuodėgulė žuvusi žvejybiniuose tinkluose.

Lietuvos ornitologų draugija (LOD) kartu su *Birdlife International* 2015 – 2017 metais išbandė modifikuotus padidinto matomumo tinklus. Tyrimo tikslas – įvertinti paukščių priegaudos sumažinimą ir žuvų sugavimo efektyvumą modifikuotais ir kontroliniais tinklais.

**Metodai.** Ant žiauninių 55 ir 50 mm akies dydžio menkinių tipo tinklaičių buvo kas 4 metrus prikabinti matomumą didinantys sintetinės medžiagos kvadratai. Kiekvienas kvadratas (60 cm x 60 cm) buvo sudarytas iš dešimties 6 cm pločio ir 60 cm ilgio juodų ir baltų sintetinio audinio juostelių (2 pav.).



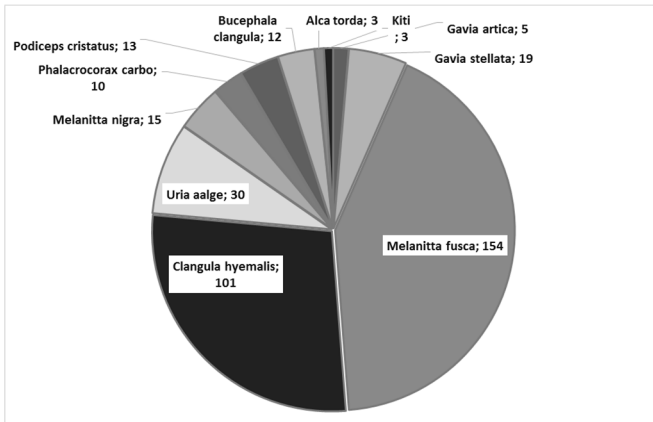
2 pav. Ant žiauninių tinklaičių tvirtinamas kvadratas.

Jūros paukščių žiemojimo metu buvo vykdomos specialiosios ir reguliarios žvejybos. Žvejybai seklesnėse nei 15 m gylio vietose buvo gauti specialieji žvejybos leidimai. Modifikuoti tinklai su padidintu matomumu buvo statomi šalia kontrolinių to paties akies dydžio ir ilgio tinklų. Buvo atlikta ne mažiau kaip 120 žvejybų nuo Palangos iki Nidos. Atliekant žvejybas, buvo surenkami žuvų sugavimo ir paukščių priegaudos duomenys. Apie įkliuvusius paukščius buvo informuojami LOD darbuotojai, o žuvę paukščiai panaudojami moksliniams tyrimams, perduodami zoologijos muziejams.

**Rezultatai ir rezultatų aptarimas.** Iš aštuonių žvejų per 2014/2015, 2015/2016 ir 2016/2017 metų žiemas buvo gauta 13-os rūšių 365 vandens paukščiai, žuvę tinkluose. Duomenis apie paukščių sugavimus pateikė 8 žvejai. Dažniausiai į statomus žiauninius tinklus įkliūdavo nuodegulės (154 ind.), ledinės antys (101 ind.), laibasnapiai narūnėliai (30 ind.) ir rudakakliai narai (19 ind.) (3 pav.).

Daugiausiai paukščių žuvo jūroje ties Kuršių nerija ir Melnragės-Karklės atkarpose. Žemyninėje dalyje nuo Olando kepurės iki Palangos daugiausiai sugauta ledinių ančių, narūnėlių ir juodųjų ančių. Didžiausia paukščių priegauda fiksuota menkiniuose 50–55 mm akies dydžio tinkluose. Ledinės antys, juodosios antys ir nuodegulės taip pat sugautos ir smulkiakuose 17–18 mm akies dydžio tinkluose.

Ankstesnių tyrimų metu 2001–2002 metų žiemą Lietuvos priekrantėje buvo gausiausiai sugaunamos ledinės antys, nuodėgulės ir narai (Dagys et al., 2002).



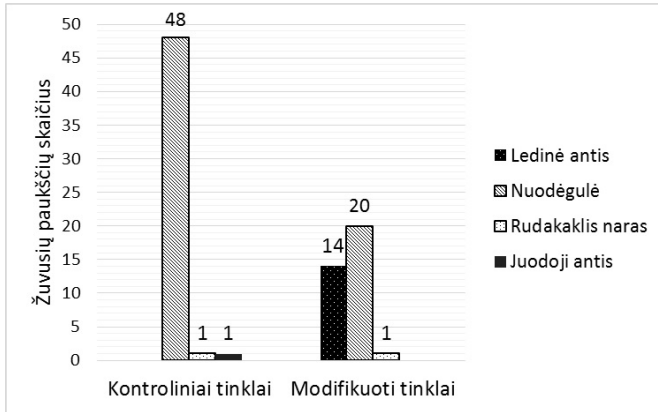
3 pav. Žvejojiniuose tinkluose Lietuvos Baltijos jūros priekrantėje žuvusių paukščių rūšinė sudėtis.

Šiomis dienomis priegaudos paukščių rūšių trejetukas nepakito, tačiau daugiausiai tinkluose žūva nuodėgulės. Paukščių priegaudos duomenų surinkimas priklauso nuo žvejų savarankiško ir savanoriško duomenų teikimo. Kol kas nėra sukurta visuotinai galiojanti sistema, kuri leistų įvertinti skirtingų rajonų ir vietovių pavojingumą paukščiams ar jų priegaudos mastus.

Modifikuotų ir kontrolinių tinklų efektyvumas paukščių priegaudai mažinti skyrėsi – modifikuotais tinklais buvo sugauta 1,5 karto mažiau paukščių nei kontroliniais. Nuodėgulių žuvinimas modifikuotuose tinkluose buvo dvigubai mažesnis, negu kontroliniuose tinkluose. Po viena rudakaklį narą buvo sugauta ir kontroliniuose ir modifikuotose tinkluose. Visos ledinės antys (14 ind.) buvo sugautos modifikuotais tinklais, tuo tarpu jų neaptikta kontroliniuose tinkluose (4 pav.).

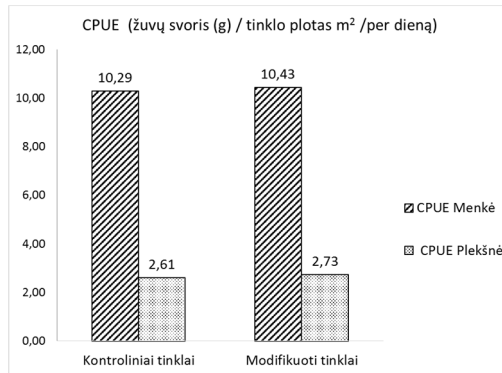
Skirtumai tarp modifikuotų ir nemodifikuotų tinklų gali būti nulemti paties tinklo vizualizacijos padidrinimo metodo. Prie tinklo prikabinatas juodai baltas kvadratas po vandeniu sekliuose gyliuose yra gerai pastebimas (Martin et al., 2015).

Žuvų sugavimai kontroliniuose ir modifikuotose tinkluose rudens sezonu buvo labai panašūs. Modifikuoti ir kontroliniai tinklai menkių ir plekšnių sugaudavo tiek pat (5 pav.).



4 pav. Modifikuotų ir kontrolinių tinklų efektyvumas mažinant paukščių priegaudą.

Žvejyba modifikuotais tinklaičiais reikalauja daugiau laiko sąnaudų, nes statant modifikuotus tinklus reikdavo plaukti lėčiau, stebint, kad prikabinti kvadratai nesusipainiotų. Tuo tarpu, ištraukiant ar tikrinant modifikuotus tinklaičius darbo tempas nesiskirdavo nuo darbo su kontroliniais tinklais.



5 pav. Žuvų sugavimai kontroliniais ir modifikuotais tinklais rudens sezonu.

### Išvados

1. Lietuvos pakrantėje žiauniniuose tinklaičiuose daugiausiai žūsta nuodėgulės, ledinės antys ir rudakakliai narai. Tačiau nėra surinkta duomenų apie visos priekrantės priegaudos mastus.
2. Modifikuoti tinklai su prikabiniais juodai baltais kvadratais padeda 1,5 karto sumažinti jūros paukščių priegaudą. Nuodėgulių priegauda

modifikuotuose tinkluose daugiau kaip du kartus mažesnė, tačiau modifikuoti tinklai padidina ledinių ančių priegaudą.

3. Žuvų sugavimai modifikuotais ir kontroliniais tinklais rudens sezonu nesiskyrė.

### **Literatūra**

- Ložys L., Vetema M. 2009. Use of by-catch safe fishing gear in pilot project areas. *Biological Conservation*, 145, 148–159.
- Martin GR, Crawford R. 2015. Reducing bycatch in gillnets: a sensory ecology perspective. *Global Ecology and Conservation*, 3, 28–50.
- Skov H., Heinänen, S., Žydelis R. et al. 2011. Waterbird Populations and Pressures in the Baltic Sea. Nordic Council of Ministers, Copenhagen.
- Žydelis R., Dagys M. 2002. Bird bycatch in fishing nets in Lithuanian coastal waters in wintering season 2001-2002. *Acta Zoologica Lituanica*, 12 (3), 276–282.
- Žydelis R, Bellebaum J., Österblom H. 2009. Bycatch in gillnet fisheries—An overlooked threat to waterbird populations. *Biological Conservation*, 142 (7), 1269–81.
- Žydelis R., Small C., French G. 2013. The incidental catch of seabirds in gillnet fisheries: A global review. *Biological Conservation*, 162, 76–88.



## KURŠIŲ MARIŲ IR NEMUNO DELTOS EKOSISTEMINIŲ PASLAUGŲ IDENTIFIKAVIMAS

**Rasa Morkūnė<sup>1</sup>, Ramūnas Povilanskas<sup>2</sup>, Tomas Ruginis<sup>1</sup>,  
Dalia Baziukė<sup>3</sup>, Vaidotas Andrašūnas<sup>4</sup>, Edgaras Ivanauskas<sup>4</sup>,  
Artūras Razinkovas-Baziukas<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų atviros prieigos centras, Klaipėda,

<sup>2</sup>Klaipėdos universiteto Sveikatos mokslų fakulteto Rekreacijos ir turizmo katedra, Klaipėda, <sup>3</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Informatikos ir statistikos katedra, Klaipėda, <sup>4</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Gamtos mokslų katedra, Klaipėda

*rasa.morkune@apc.ku.lt*

Keičiantis gamtos ir darnaus vystymosi supratimui, svarbu tinkamai identifikuoti ir įvertinti ekosistemų teikiamas paslaugas, kuriomis apibūdinami natūralūs procesai, prisidedantys prie subalansuotos žmogaus gerovės. Deja, ne taip lengvai pastebimos ekosisteminės paslaugos lieka neidentifikuotos, o jų vertė nėra tinkamai įvertinama, todėl jos dažnai neintegruojamos į teritorijų valdymą ir apsaugą.

Kuršių marios ir Nemuno delta yra ne tik tranzitinio vandens ekosistema, bet kartu pasižymi ir išskirtinėmis sausumos teritorijomis, kurių teikiamų ekosisteminių paslaugų identifikavimas yra svarbus bendrai jų paslaugų analizei. Bendrai Kuršių marių ir Nemuno deltos ekosisteminių paslaugų analizei buvo pasirinktos septynios buveinės, kurios reprezentuoja vandens buveines ir užliejamus sausumos plotus:

- atviro marių vandens ekosistemos buveinės;
- marių nendrynai;
- užliejamos pievos;
- vidaus vandenų nendrynai;
- juodalksnynai;
- vidaus vandenys (upės, kanalai, ežerai);
- žuvininkystės tvenkiniai.

Šių buveinių teikiamos paslaugos buvo identifikuotos remiantis bendra tarptautine ekosisteminių paslaugų klasifikacija (*angl.* Common International Classification of Ecosystem Services, sutrump. CICES), naudojama visoms 22 tarptautinio projekto „Aplinkos stebėjimai ekosistemų paslaugoms gerinti“ (*angl.* Improving future ecosystem benefits through earth observations, sutrump. ECOPOTENTIAL) teritorijoms Europoje. Klasifikuojant išskiriamos

ne tik pagrindinės ekosisteminės paslaugos (aprūpinimo, reguliavimo, kultūrinė), bet naudojami dar keturi bendrieji klasifikavimo lygiai. Tik po to seka tikslūs konkrečių paslaugų įvardijimai ir galimi naudoti duomenys paslaugų kaitos analizei.

Kuršių marių ir Nemuno deltos pasirinktų buveinių ekosisteminių paslaugų analizei gali būti naudojami nuolat arba atskirų studijų metu fiksuoti hidrologiniai ir biologiniai parametrai, taip pat modeliavimo rezultatai taikomi kaitos prognozei, statistiniai išteklių (žuvininkystės) duomenys – tiesioginio naudojimo prezentacijai, statistiniai socialiniai duomenys – teritorijų atraktyvumo turizmui įvertinimui, mokslinių tyrimų ir publikacijų skaičius – teritorijos iširtumo ir mokslinių tyrimų aktualumo bei patrauklumo vertinimui. Išskirtinai vertingas duomenų šaltinis yra ir ECOPOTENTIAL projekto metu renkamos ir analizuojamos palydovinės nuotraukos, galinčios pateikti papildomos informacijos apie Kuršių marių ir Nemuno deltos aplinką ir jos kaitą: makrofitų ir sausumos augalijos mozaikiškumą ir jų paplitimą, augalijos kaitą kartinėse buveinėse, užliejamų pievų potvynio apimčių dinamiką, marių ledo dangos daugiametę dinamiką, vandens temperatūros ir chlorofilo a dinamiką.

Šiame pranešime pateikiamos identifikuotos svarbiausios Kuršių marių ir Nemuno deltos teikiamos paslaugos. Jos projekto metu bus palyginamos su kitų projekto teritorijų ekosisteminėmis paslaugomis, prognozuojant jų kaitą bei teikiant siūlymus subalansuotam išteklių naudojimui ir gamtosauginių priemonių parinkimui.

ECOPOTENTIAL projektą finansuoja Europos Sąjungos bendroji mokslinių tyrimų ir inovacijų programa „Horizontas 2020“.

## KLAIPĖDOS ARCHEOLOGINIŲ GLAZŪRUOTŲ KOKLIŲ CHEMINĖ SUDĖTIS – MIESTO EKONOMINĖS RAIDOS IR PAVOJINGŲ SVEIKATAI ELEMENTŲ SKLAIDOS INDIKATORIAI

**Raimonda Nabažaitė<sup>1</sup>, Ričardas Taraškevičius<sup>2</sup>,  
Rimantė Zinkutė<sup>3</sup>, Laura Gedminienė<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Klaipėdos universiteto Baltijos regiono istorijos ir archeologijos institutas, Klaipėda, <sup>2</sup>Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų atviros prieigos centras, Klaipėda, <sup>3</sup>Gamtos tyrimų centro Geologijos ir geografijos institutas, Vilnius  
*r.nabazaite@gmail.com*

**Įvadas.** Miestų archeologiniai tyrinėjimai yra įvairialypis viduramžių ir naujųjų laikų žmogaus materialinės kultūros bei gyvenamosios pažinimo šaltinis. Tam archeologai neretai pasitelkia tarpdisciplininių tyrimų priegas, kurių tikslingumą suponuoja skirtingos artefaktų grupės. Tarpdiscipliniam tyrimams senųjų koklinių krosnių relikvai yra ypač daugiasluoksnis objektas. Jam ištirti be archeologinių prieigų yra taikomi menotyriminiai, mikroskopiniai, daktiloskopiniai, geocheminiai ir kt. metodai. Domėtis senaisiais kokliais skatina tiek krosnių atsiradimo istorija, fenomenali jų sklaida ir raiška, tiek šio amato meistrytė. Krosnių atsiradimas yra neatsiejama viduramžių urbanizacijos proceso dalis, kurio eigoje susiklostė nauja būsto šildymo praktika iš esmės keitusi atšiauresnio klimato regiono gyventojų gerovę. Koklinių krosnių statyba pasiūlė technologiškai pažangesnį, ekonomišką ir saugesnį būsto šildymo būdą. Šios inovacijos pritaikomumo sėkmę liudija plati koklių radaviečių geografija, apimanti Vakarų, Vidurio, Rytų ir Šiaurės Europos miestus, tarp jų ir Klaipėdą. Dėl daugiasluoksnio šio objekto sampratos, daugelis Europos miestų koklių tyrinėtojų imasi tirti, kada ši XII a. Alpių regione užgimusi tradicija pasiekė jų miestus ir kaip ji reiškėsi vietos sąlygomis. Kita vertus, skirtinguose Europos regionuose atsekamas koklių konstrukcinis, stilistinis, dekoratyvinis panašumas rodo ilgalaikius kultūrinės informacijos, profesinių žinių mainus ir intensyvią komunikaciją tarp skirtingų Europos miestų, ne išimtis ir Klaipėdos. Šios studijos tikslas – atskleisti ne tik pozityvius Klaipėdos ekonominių ir kultūrinių vystymosi pažangos aspektus, įvykusius koklininkystės dėka, bet ir parodyti dėl jos susiformavusius potencialius aplinkos taršos šaltinius.

**Metodai.** Vykdam tyrimus remtasi dviejų tyrimų sričių metodais – archeologiniais (Brazaitis, 2011; Nabažaitė, 2013; 2014; 2016) ir

geocheminiais, taikant rentgeno fluorescencijos spektrometriją ir palyginamąją analizę (Taraškevičius ir kt., 2013; Sarcevičius ir kt., 2015).

**Tyrimų vieta ir objektas.** Kokliai po buitinės keramikos yra antra masiškai archeologų randama keramikos dirbinių rūšis, kurią kaupiti Klaipėdoje pradėta nuo pirmųjų archeologinių tyrimų piliavietėje 1968 m. 8–9-uoju dešimtmečiais, ėmus sistemingai tyrinėti miesto branduolį, buvo sukaupta didžioji dalis Mažosios Lietuvos istorijos muziejuje saugomų koklių, kurių kolekcija nuolat pildoma šių dienų archeologų randama medžiaga. Atlikus dirbinių fragmentų sisteminę analizę galima priskaičiuoti per 22 000 vnt. Klaipėdoje rastų krosnių keramikos relikštų iš 196 radaviečių Klaipėdos piliavietėje, senamiestyje ir istoriniuose miesto priemiesčiuose (1 pav.).



1 pav. Klaipėdos koklių radavietės (Nabažaitė, 2016).

Kai kurių Klaipėdos koklių cheminės sudėties tyrimai, skirti gamybos klausimams, buvo atlikti dar prieš 30 metų (Genys, 1984), tačiau glazūrų cheminės sudėties tyrimai inicijuoti tik 2016 m. (Nabažaitė, 2016). Šiems aspektams nagrinėti buvo atrinkti 33 koklių glazūros bandiniai iš trijų Klaipėdos tyrinėtų vietų. XV a. pabaigos – XVI a. pradžios žaliai, rudai glazūrotų koklių pavyzdžių buvo atrinkta iš Sukilėlių g. 12 (Brazaitis, 2011) ir Klaipėdos piliavietės (Zabiela ir kt., 2015) tyrimų medžiagos. XVI a. antrosios pusės – XVIII a. laikotarpio įvairiaspalvių pavyzdžių ir keletas XX

a. fabrikinių koklių – iš Turgaus g. 37 tyrinėtose vietovėse (2012–2013) (Nabažaitė, 2013; 2014).

**Rezultatai.** Be vėlesnio laikotarpio pavyzdžių, susisteminti Klaipėdos kokliai apima XIV–XIX a. chronologiją ir yra priskiriami rankų darbo produkcijai, kurią reprezentuoja dvi gamybos technologijos. Viena iš jų mena puodininkystės tradicijas, kai pirmuosius koklius meistrai gamino žiedžiamuoju ratu – jiems sukuriant indo pavidalo formą. Šiai koklių rūšiai visiškai priešinga yra nuo XIV a. Europoje įsisavinta koklių gamyba matricomis. Jomis atspaustos koklių plokštės krosnims suteikė informacinės medijos bei kultūros raiškos formą. Jos buvo dekoruojamos laikotarpio aktualijomis ir dengiamos įvairiomis glazūromis. Pagal archeologinius duomenis Klaipėdoje šis pokytis koklininkystės srityje atsekamas XV a. pabaigoje – XVI a. pradžioje: ėmus augti Klaipėdos miestui, stiprėjant ekonominei situacijai, gausėjant gyventojams, aktyvėjant prekybiniais ir kultūriniais ryšiams su išore. Nors koklių gamyba žiedžiamuoju ratu išsilaikė bemaž iki industrinės koklių gamybos, tačiau dėl estinių savybių matrica gamintų koklių krosnys darėsi vis paklausesnės ir ilgainiui dominuojančios Klaipėdos miestiečių namuose. Tai liudija randami jų relikvai beveik visose minėtose radavietėse. Pagal turimą archeologinę medžiagą galima spręsti, kad XV a. pabaigoje – XIX a., beveik visos krosnys buvo dekoruojamos įvairiaspalvėmis glazūromis. Sekant chronologiniais etapais XV a. pabaigoje – XVII a. Klaipėdoje dominuojanti buvo žalia spalvos koklių glazūra. Veikiant Nyderlandų madoms spalvinė kaita pastebima XVII a. II pusėje. Tuo metu kokliuose imta tarpusavyje derinti mėlyną, baltą bei geltoną glazūras. XVII a. pabaigoje imituojant Europoje išpopuliarėjusias fajansines krosnis vis dažniau Klaipėdos meistrų naudotas baltas ir mėlynos spalvos glazūros derinys. Tuo laikotarpiu įsitvirtino vien juodai arba baltai glazūruotų koklinių krosnių statyba, išsilaikiusi dar XIX a. ir beveik visai išstūmusi ilgus šimtmečius meistrų naudotą žalią glazūros spalvą (Nabažaitė, 2016).

**Rezultatų aptarimas.** Koklininkystės vystymasis lėmė ne tik pozityvius, Klaipėdos ekonominei ir kultūrinei pažangai neabejotinai naudingus vystymosi aspektus, bet ir parodė, kad kartu su koklių gamybai skirtomis žaliavinėmis medžiagomis atkeliavo nebūdingi natūraliai Klaipėdos aplinkai cheminiai elementai. Nemaža jų dalis – potencialiai pavojingi ne tik supančiai gamtinei aplinkai, bet ir koklių gamintojų bei koklių naudotojų sveikatai. Kai kurių sveikatai pavojingų cheminių elementų koncentracijos koeficientai ( $E_c$ ), paskaičiuoti lyginant su to meto keraminėje plytoje aptiktais cheminių elementų kiekiais ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ), yra pateikti 1 lentelėje.

Rasta, kad vidurkiniais didžiausiais sancaupų kiekiais pasižymi švinas (Pb), santykinis foninius kiekius viršydamas daugiau 17000 kartų, jam

įkandin seka alavas (Sn,  $E_c > 3000$ ), šimtus kartų viršija vario (Cu,  $E_c > 900$ ), arseno (As,  $E_c > 400$ ), kobalto (Co,  $E_c > 200$ ), dešimtis kartų – nikelio (Ni,  $E_c > 18$ ) kiekiai.

1 lentelė

Vidurkiniai (mean) ir didžiausieji (max) potencialiai pavojingų cheminių elementų koncentracijos koeficientai ( $E_c$ ) koklių vyraujančių spalvų glazūrose

Spalva		As	Co	Cu	Mn	Ni	Pb	Sn	Zn
Žalia	mean	159	39	1544	0.4	2.9	13020	220	7.1
	max	297	246	2011	1.6	5.8	15856	2206	31
Ruda	mean	154	16	115	1.0	2.6	14423	65	10
	max	176	41	302	4.3	3.1	17285	159	48
Mėlyna	mean	2594	1475	30	1.9	130	10454	1921	4.5
	max	3715	2253	51	5.0	257	16292	6426	6.5
Juoda	mean	153	22	2160	11	7.7	14993	194	3.7
	max	165	32	3576	39	16	15982	318	4.5
Balta	mean	161	14	20	0.3	2.0	11237	18392	1.9
	max	203	33	25	0.8	2.8	12867	20537	2.6
Visos spalvos	mean	453	203	945	2.0	18.7	12933	3148	6.1
	max	3715	2253	3576	39	257	17285	20537	48

$E_c$  apskaičiuoti lyginant su to meto plytoje aptiktais elementų kiekiais,  $\mu\text{g g}^{-1}$ .

Paskiruose koklių šukių glazūros mėginiuose maksimalūs jų kiekiai yra dar didesni. Kiekviena spalva turi savo indikatorinius elementus. Mėlyna ypač gausi As, Co ir Ni kiekiais, juoda (juodai ruda) ir žalia – Cu, ruda – Zn, juoda – Mn, balta – Sn. Šukių liekanos miesto gruntuose yra veikiamos agresyvių aplinkos fizinių ir cheminių veiksnių ir ilgainiui suyra. Dalis pavojingų sveikatai cheminių elementų gali būti pakelti su dulkėmis, dalis – patekti į biotą ar net žmones.

**Išvados.** Ribines vertes dirvožemyje (HN60:2015) didžiausi glazūrose aptiktieji Pb kiekiai viršija 5158, Sn – 2605, As – 1190, Cu – 645, Co – 390, Ni – 87, Mn – 18, Zn – 12 kartų. Tai rodo, kad archeocheminiai tyrimai suteikia žinių ne tik apie ekonominę, socialinę ir kultūrinę Klaipėdos raidą ir kenksmingas šio amato meistrų darbo sąlygas, bet ir šiuo metu senamiesčio ir kitų plotų žemės kloduose esančių glazūruotų radinių potencialų poveikį jų naudotojams.

Ypač pavojingos jos gali mažyliams, mėgstantiems ragauti viską, kas patenka į jų rankutes. Taigi, aptikus savo valdose įvairiaspalves šukes, yra naudinga jas išrinkti. Taip būtų ne tik nukenksmintą aplinką, bet sukaupia pažintinė, galbūt, net archeologinę vertę turinti medžiaga.

Geocheminiai metodai praplečia archeologinių radinių ir aplinkos pažinimo ribas ir interpretavimo galimybes, jų svarba neabejotina ir ateityje.

## Literatūra

- Brazaitis D. 2011. Tyrimai Sukilėlių gatvėje 12. Archeologiniai tyrinėjimai Lietuvoje 2010 metais. Vilnius, 339–343.
- Genys J. 1984. Klaipėdos kokliai ir jų gamyba XVI–XVII amžiuje. Architektūros paminklai, t. IX, 43–53.
- Lietuvos higienos norma HN 60:2015. Teisės aktų registras, 2015-12-31, Nr. 21256.
- Nabažaitė R. 2013. Tyrimai Šv. Jono bažnyčios aplinkoje Klaipėdoje. Archeologiniai tyrinėjimai Lietuvoje 2012 metais, 335–340.
- Nabažaitė R. 2014. Tyrimai Klaipėdos senųjų bažnyčių teritorijoje. Archeologiniai tyrinėjimai Lietuvoje 2013 metais, 265–274.
- Nabažaitė R. 2016. Vėlyvųjų viduramžių ir naujųjų laikų koklininkystė Klaipėdoje: tarp inovacijos ir kultūrinės tradicijos. Daktaro disertacija. Klaipėda, 2016.
- Sarcevičius S., Taraškevičius R. 2015. Vilniaus šv. Mikalojaus bažnyčios plytos – nuo jų ženklinių iki geocheminių sąsajų. *Archaeologia Lituana*. Nr. 16, 49–65.
- Taraškevičius R., Bliujienė A., Karmaza B. ir kt. 2013. Geocheminiai tyrimų metodai archeologijoje – taikymo galimybės. *Metodai Lietuvos archeologijoje. Mokslas ir technologijos praeičiai pažinti*, 249–304. Sud. A. Merkevičius. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla.
- Zabiela G., Abromavičius E., Kraniauskas R. ir kt. Klaipėdos pilies rytinės kurtinos vietos tyrimai. *Archeologiniai tyrinėjimai Lietuvoje 2014 metais*, 210–217.

## ORO IR VANDENAS TEMPERATŪROS SVYRAVIMAI BALTIJOS JŪROS PRIEKRANTĖJE ŠILTUOJU LAIKOTARPIU

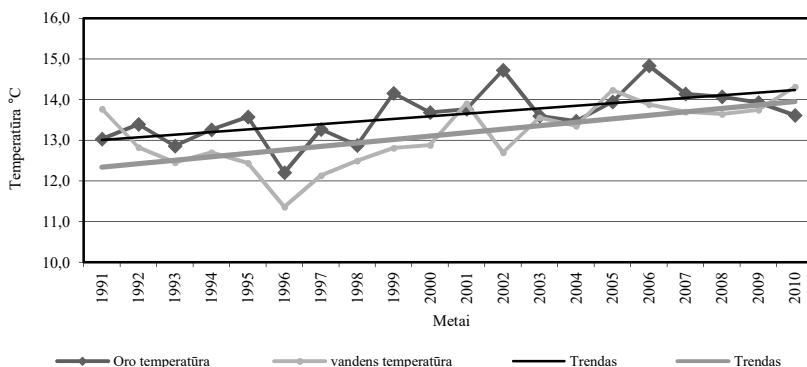
**Judita Navašinskienė**

Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos Meteorologinių prognozių skyriaus,  
Jūrinių prognozių grupė, Klaipėda  
*judita.navasinskiene@meteo.lt*

**Ivadas.** Nedidelį plotą užimanti Baltija turi ilgą ir sudėtingą kranto liniją. Lietuvai tenka beveik šimtą kilometrų siekiantis pakrantės ruožas. Dėl savo gamtinių ir kultūrinių kompleksų pajūris itin patrauklus rekreacijai, turizmui ir kasmet šiltuoju laikotarpiu sutraukia didelius turistų srautus. Baltijos jūra dėl geografinės padėties ir uždarumo jautri klimato pokyčiams ir paskutiniiais dešimtmečiais vykstanti klimato kaita turėjo įtakos Baltijos jūros priekrantės oro ir vandens temperatūros pokyčiams.

**Metodai.** Atlikta 1991–2010 metų šiltojo laikotarpio oro ir vandens temperatūros, saulės spindėjimo trukmės ir vėjo krypties analizė (Palanga, Klaipėda, Nida). Analizuota oro ir vandens temperatūros kaita vasaros mėnesiais Klaipėdoje 1991–2016 metais.

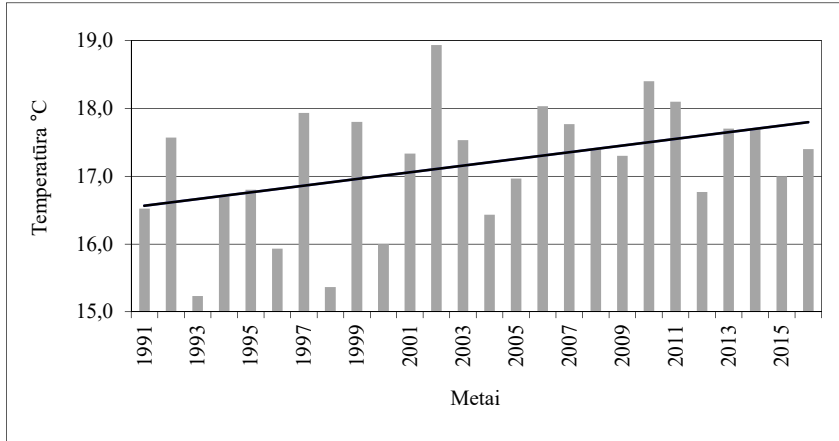
**Rezultatai.** Atlikus oro ir vandens temperatūros kaitos analizę matome, kad oro ir vandens temperatūra šiltuoju laikotarpiu kyla (1 pav.).



*1 pav.* Vidutinė oro ir vandens temperatūros kaita ir jų tiesiniai trendai Nidoje 1991–2010 m.



Vidutinė šiltojo laikotarpio oro temperatūra Palangoje 12,7 °C, Nidoje 13,6 °C. Šiltojo laikotarpio (1991–2010 m) oro temperatūra Palangos, Klaipėdos, Nidos stotyse pakilo apie 1 °C. Ryškūs (1991–2016 m.) vasaros oro temperatūros kilimas nustatytas Klaipėdoje (2 pav.). Gana žymus oro temperatūros pašiltėjimas stebimas rugpjūčio, rugsėjo mėnesiais.



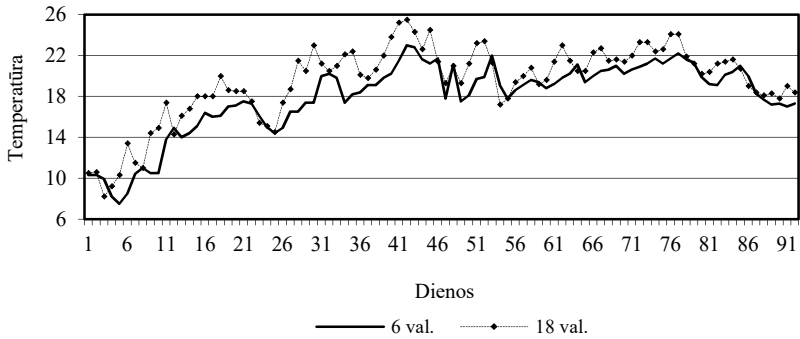
2 pav. Vasaros vidutinės oro temperatūros kaita ir tiesinis trendas Klaipėdoje 1991–2016 m.

Vidutinė vandens temperatūra Baltijos priekrantės paviršiuje šiltuoju laikotarpiu pakilo apie 1 °C. Didžiausi vandens temperatūros pokyčiai stebimi liepos ir rugsėjo mėnesiais. Liepą ir rugpjūtį Nidoje ir Palangoje vandens temperatūra pakilo apie 2 °C, ties Klaipėda vandens temperatūra pašiltėjo apie 1 °C.

Priekrantėje stebimi ryškūs vandens temperatūros pokyčiai ne tik metų ar sezonų kaitoje, bet ir paros laikotarpyje, kai temperatūros kaitos amplitudė siekia 3–5 °C ir daugiau, o atskirais atvejais ir dvigubai daugiau. Šie procesai ryškiausi vasaros laikotarpiu.

Pučiant rytinių krypčių vėjams įšilęs priekrantės vanduo nupučiamas į atvirą jūrą ir į paviršių iškyla šaltesnis vanduo. Karštomis giedromis vasaros dienomis vandens temperatūros terminis skirtumas tarp ryto ir vakaro temperatūros gali siekti 3–5 °C ir daugiau (3 pav.).

Paskutiniai dešimtmečiai vykstanti klimato kaita neaplenkė ir Lietuvos priekrantės vandenų, nes vandens temperatūros pokyčiams daugiausia įtakos turi oro temperatūros pokyčiai.



3 pav. 2010 m. vasaros vandens temperatūros (ryto ir vakaro) amplitudė Nidoje.

Oro ir vandens temperatūros padidėjimas šiltuoju laikotarpiu, vasaros sezonu, o ypač rugsėjo mėnesį gali lemti didesnius turistų srautus ir ilgesniam poilsio laikotarpiui.

### Literatūra

- Galvonaitė A. ir kt. 2007. Lietuvos klimatas. Vilnius ARX Baltica.  
Gentvilienė A. Klaipėdos klimatas. 1997. Klaipėda: LHMT.  
Žaromskis R. Okeanai, jūros, estuarijos. 1996. Vilnius, Debesija.  
Lietuvos klimato žinynas. 1992. Oro temperatūra. Vilnius. LHMV.  
Klimato žinynas. Vėjas. 1996. Vilnius, LHMV.  
Navašinskiėnė J. Pajūrio klimatas. 2003. Klaipėda, LHMT.

## AR VISADA ŽUVIVAISA DUODA NAUDĄ?

**Nerijus Nika<sup>1</sup>, Antanas Kontautas<sup>1, 2</sup>**

<sup>1</sup>Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų atviros prieigos centras, Klaipėda,

<sup>2</sup>Žuvininkystės tarnyba prie Lietuvos Respublikos Žemės ūkio ministerijos,  
Klaipėda

*nerijus.nika@apc.ku.lt*

Žuvivaisa – tai žuvų veisimas ir auginimas dirbtinėse sąlygose su tikslu vėliau jas išleisti (įžuvinti) į natūralius vandens telkinius. Pagal įžuvinimo tikslą gali būti išskiriami: atkuriamieji žuvinimai – vykdomi tada, kai vandens telkinyje siekiama atkurti vertingų, išnykusių ar nykstančių žuvų populiacijas; palaikomieji žuvinimai – vykdomi tada, kai žuvų ištekliai vandens telkinyje nesiekia potencialaus produktyvumo ir norima užtikrinti pakankamus žuvų išteklius tvariai verslinei ir rekreacinei žūklei; kompensaciniai įžuvinimai – vykdomi padarytos žalos žuvų ištekliams kompensuoti.

Žuvivaisa Lietuvoje turi senas tradicijas: margųjų upėtakių veisimo darbus dar 19 a. pabaigoje pradėjo ichtiologas M. Girdvainis. Nuo tada šalies vandens telkiniuose buvo vykdoma daug įžuvinimo darbų, programų, tačiau dažnai jos buvo be aiškaus tikslo ar potencialios sėkmės įvertinimo. Pasaulyje yra daug pavyzdžių, kai be tinkamo žuvininkystės valdymo ir platesnio problemų įvertinimo įžuvinimo programos buvo nesėkmingos: dažnai stebimas žemas įžuvinimo efektyvumas ir neaiškus ilgalaikis efektas; ne visada racionalus kaštų – naudos santykis; vietinių žuvų (ir vėžių) populiacijų potencialo skurdinimas ir poveikis aplinkai, pvz., atsiranda nepageidaujamos biologinės invazijos; bioturbuojančių žuvų poveikis dugnei, telkinio produktyvumui, skaidrumui, rekreaciniam patrauklumui; konkurencija su vietinėmis žuvų rūšimis ir natūraliomis populiacijomis (Pearsons and Hopley, 1999; Knapp et al., 2001; Kallio-Nyberg et al., 2013).

Paskutiniu metu išreiškiamas susirūpinimas dėl migruojančių lašišinių žuvų žuvivaisos neigiamo poveikio. Lietuvoje lašišų ir šlakių veisimo programa intensyviai vykdoma jau du dešimtmečius, tačiau rezultatai yra gana prieštaringi. Iš vienos pusės, buvo atkurtos/sukurtos Atlanto lašišos populiacijos Siesarties, Vilnios, Dubysos, Minijos, Pajūrio Šventosios ir kai kuriose kitose upėse, iš kitos pusės – daugelyje upių baseinų intensyvi žuvivaisa lašišinėmis žuvimis neduoda teigiamo ilgalaikio rezultato. Kokios to priežastys? Iki šiol neaišku, bet yra keletas programos esminių trūkumų. Migruojančių žuvų (lašišinių) populiacijos dėl unikalaus ekologinio reiškimo – homingo – tikslaus grįžimo neršti į gimtąsias upes, yra genetiškai diferencijuotos ir prisitaikiusios prie unikalių gimtosios upės sistemos sąlygų

(Samuilovienė et al., 2009). Skirtingų populiacijų maišymo ilgalaikis poveikis iki šiol mažai suprastas, tačiau skirtingų populiacijų išuvinimo medžiagos perkėlimas iš vieno upės baseino į kitą yra nepateisinamas populiacinės genetikos ir ekosisteminio principu grįsto žuvų išteklių valdymo požiūriu. Taip pat yra būtina vykdyti griežtesnę veisimo medžiagos kokybės kontrolę. Šiuo metu absoliučiai didžioji dalis veisiamų iki vienerių metų amžiaus paaugintų ir išleidžiamų individų turi defektus: pelekų defektai, žiaunadangčių deformacijos, augimo sutrikimai, kas, labai tikėtina, reikšmingai sumažina tokių individų išgyvenimą ir veisimo programos tvarumą.

Visgi, Lietuvos natūralių žuvų populiacijų išteklių gausinimui turi būti teikiama pirmenybė kitoms, alternatyvioms, priemonėms, kurios leistų užtikrinti populiacijų natūralų atsikūrimą ir geros būklės palaikymą. Tokios priemonės visų pirma būtų: natūralių žuvų buveinių ir nerštaviečių atkūrimas; vandens kokybės gerinimas ir kontrolė; biologinių invazijų kontrolė; migracijų ir neršto galimybių užtikrinimas ir sąlygų gerinimas; hidroelektrinių darbo griežtesnė kontrolė; išteklių griežtesnė apsauga; žvejų švietimas ir atsakingos žvejybos principų skatinimas; ir, visų pirma, tikslinis mokslinio potencialo panaudojimas tvariam išteklių valdymui stiprinti.

## Literatūra

- Kallio-Nyberg, I., Salminen, M., Pakarinen, T., Koljonen, M. L. 2013. Cost-benefit analysis of Atlantic salmon smolt releases in relation to life-history variation. *Fisheries Research*, 145, 6–14.
- Knapp R., Corn P., Schindler D., 2001. The introduction of nonnative fish into wilderness lakes: good intentions, conflicting mandates, and unintended consequences. *Ecosystems*, 4, 275–278.
- Pearsons T. N., Hopley C. W. 1999. A practical approach for assessing ecological risks associated with fish stocking programs. *Fisheries*, 24, 16–23.
- Samuilovienė A., Kontautas A., Gross R. 2009. Genetic diversity and differentiation of sea trout (*Salmo trutta* L.) populations in Lithuanian rivers assessed by microsatellite DNA variation. *Fish Physiology and Biochemistry*, 35, 649–659.

## JŪROS MOKSLAS KLAIPĖDOS UNIVERSITETE: DABARTIS IR ATEITIS

Sergej Olenin<sup>1</sup>, Albertas Bitinas<sup>2</sup>, Džeinara Kaunaitė<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Jūros mokslų ir technologijų centras, Klaipėda, <sup>2</sup>Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų atviros prieigos centras, <sup>3</sup>Klaipėdos universiteto biblioteka, Klaipėda  
*sergej.olenin@jmtc.ku.lt*

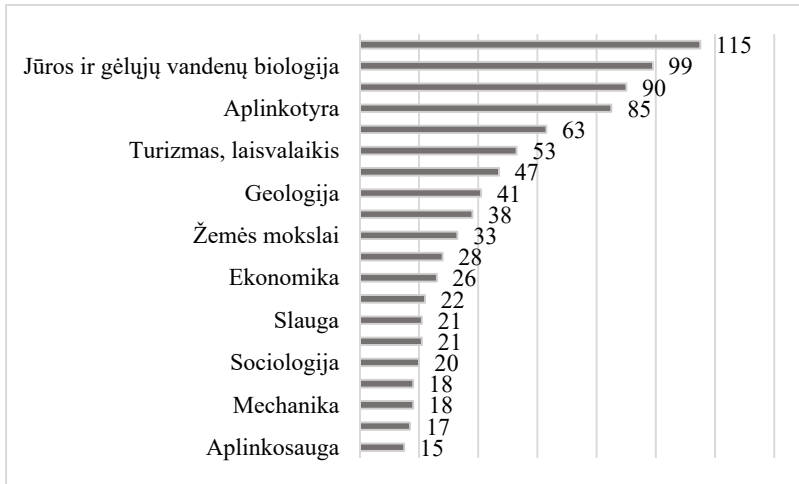
**Įvadas.** Klaipėdos universiteto (KU) plėtros strateginiame plane 2012 m. – 2020 m. deklaruojama, kad „pagrindiniai Universiteto tikslai yra vykdyti jūrinės problematikos tarpdisciplininius mokslinius tyrimus ir studijas, o taip pat skatinti humanitarinių ir socialinių mokslų bei menų plėtrą bei puoselėti humanistines vertybes“ (KU, 2011). Taip pat teigiama, kad „svarbesnės kryptys yra hidrologija ir okeanografija, ekologija, jūrų aplinkotyra, uosto technologijos, transporto technologijos ir inžinerija, jūrų ekonomika“, o „Klaipėdos universiteto strategija sietina ne tiek su studijų, kiek su mokslinių tyrimų masto ir jų rezultatų tarptautinio pripažinimo plėtra“ (KU, 2011). Šį teiginį patvirtina atliktas tarptautinis mokslo rodiklių vertinimas už 2012–2014 m, pagal kurį KU jūros mokslų ir technologijų lygis buvo įvertintas kaip „stiprus tarptautiniu mastu“ (MOSTA, 2016). Tačiau šioje bendro pobūdžio studijoje nebuvo detalizuojamos jūros mokslo disciplinos, neivertintas jų išsivystymo bei tarptautiškumo lygis, o taip pat nepateikta jūros mokslo padėties analizė nacionaliniu mastu. Tokia analizė ir vertinimas yra reikalingi kuriant jūros mokslų vystymosi strategiją, taip pat jie būtų įdomūs ir naudingi aukštojo mokslo reformos kontekste.

Mūsų atliktos analizės tikslas buvo nustatyti stipriausias jūros mokslo kryptis KU bei įvertinti jūros mokslo būklę mūsų universitete ir nacionalinėje plotmėje.

**Metodai.** Šiame tyrime jūros mokslas suprantamas plačiai, apimant tiek tradicines jūros gamtos tyrimų kryptis (jūrų ekologiją, geologiją, biogeochemiją, fizinę, cheminę ir biologinę okeanografiją, ir pan.), tiek ir kitas mokslo ir technologijų sritis bei kryptis, kuriose vykdomi tyrimai, susiję su jūra ir kranto zona (pvz., transportas, energija ir degalai, aplinkotyra, žuvininkystė). Buvo atsižvelgta ir į tai, kad konkrečias publikacijas priskiriant jūros mokslų sričiai, išlieka ir tam tikras neapibrėžtumas, kuris šiuo atveju yra neišvengiamas. Jūros mokslo disciplinų išsivystymo bei tarptautiškumo analizei buvo naudojami duomenys apie KU ir kitų Lietuvos mokslo institucijų straipsnius leidiniuose, įtrauktuose į *Clarivate Analytics* (buvusi *Thomson Reuters*) *Web of Science (CA WOS)* duomenų bazėse. Siekiant įvertinti jūros

mokslo indėlių į mokslinius tyrimus ir eksperimentinę plėtrą (MTEP) buvo analizuojami Lietuvos mokslo tarybos remiami nacionaliniai ir tarptautiniai projektai. Taip pat buvo atlikta ir KU apgintų mokslo daktarų disertacijų tematikos analizė.

**Rezultatai ir jų aptarimas.** KU autorių publikacijos, paskelbtos CA WOS duomenų bazės leidiniuose, priklauso pakankamai plačiam mokslo sričių ir krypčių spektrui (1 pav.): nuo medicinos ir gamtos tyrimų iki technologinių mokslų.

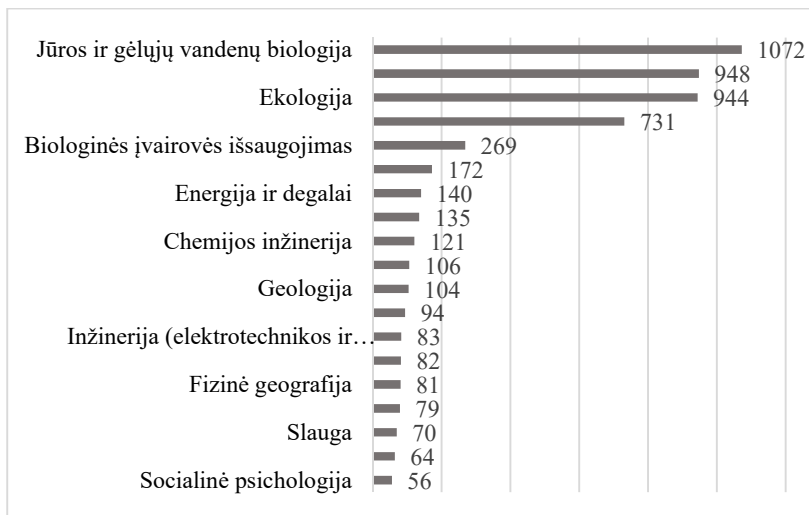


1 pav. KU autorių publikacijų, išspausdintų 2004–2016 m. CA WOS leidiniuose, pasiskirstymas pagal mokslo disciplinas (matas – publikacijų skaičius).

Pagal paskelbtų straipsnių kiekį vyrauja tokios tematikos kaip „Transportas“ (115 publikacijų), „Jūrų ir gėlujų vandenų ekologija“ (99) ir „Okeanografija“ (90). Tačiau pagal straipsnių citavimo rodiklius aiškiai dominuoja disciplinos, susijusios su jūros aplinkos tyrimais (2 pav.).

Citavimo rodiklis parodo publikacijos svarbą (arba poveikį, *angl. impact*). Pagal šį parametą vyraujančios disciplinos („Jūrų ir gėlujų vandenų ekologija“, „Aplinkotyra“ ir „Okeanografija“) taip pat pasižymi ir aukščiausiu tarptautiškumu (1 lent.). Šiose disciplinose KU mokslininkai vyrauja ir šalies mastu (4 pav.).

Jūros ir krantų tyrimai 2017. Konferencijos medžiaga

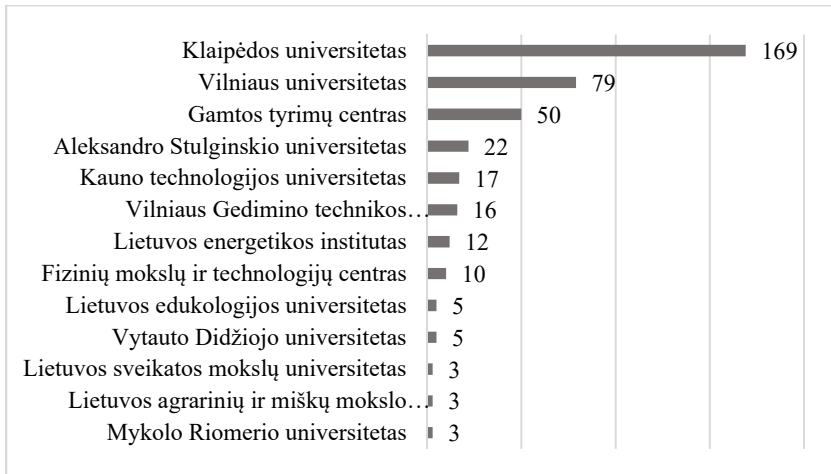


2 pav. KU autorių 2004–2016 m. CA WOS publikacijų citavimo rodikliai (matas – paskelbtų publikacijų citavimų skaičius).

1 lentelė

Tarptautinis bendradarbiavimas svarbiausiose KU jūros mokslų ir technologijų disciplinose (2004–2016 m.) pagal paskelbtų straipsnių skaičių su bendraautoriais iš kitų šalių

Tematika	Lietuva	Suomija	Vokietija	Italija	Švedija	Estija	JA V	Rusija	Norvegija	Lenkija
Jūros ir gėlių vandens biologija	77	12	20	18	14	7	7	10	16	10
Aplinkotyra	56	6	11	12	10	7	5	6	6	6
Okeanografija	50	10	13	13	10	6	5	4	8	9
Inžinerija (elektrotechnika ir elektronika)	27			1	3		1			
Geologija	22			1	1		3	6		
Žemės mokslai	19	2	2	1	2	3	5	3	3	2
Slauga	19	19			4	4				
Ekologija	18	2	8	6	4	2	6	2	1	3
Mechanikos inžinerija	18									1
Transportas	17									



4 pav. Lietuvos autorių publikacijų skaičius (2004–2016 m.) jūrų ir gėlųjų vandenų ekologijos, okeanografijos, vandens resursų ir žuvininkystės kryptyse pagal CA WOS duomenų bazės duomenis.

Preliminarūs rezultatai leidžia daryti išvada, kad KU pagal svarbą (citavimo rodiklį ir tarptautiškumo lygį) vyrauja disciplinos, susijusios su jūros aplinkos tyrimais. Šiose disciplinose KU taip pat yra ir šalies lyderis. Išsamesnė analizė bus pristatyta konferencijos metu.

## Literatūra

Klaipėdos universiteto plėtros strateginis planas 2012 m.–2020 m. 2011. Klaipėda. Prieiga internete:

<http://www.ku.lt/wp-content/uploads/2016/03/KU-Pletros-strateginis-planas-2012.pdf>.

MOSTA, 2016. Mokslas ir studijos Klaipėdos regione. 2016 03 18. Mokslo ir studijų stebėsenos ir analizės centras. Vilnius.

Lietuvos mokslo taryba. Prieiga internete: <http://www.lmt.lt/lt/mkf.html>.



## NAUJAS INDEKSAS VERTINANT APLINKOS APSAUGOS PRIEMONIŲ EFEKTYVUMĄ SVETIMKRAŠČIŲ RŪŠIŲ ATŽVILGIU

Sergej Olenin<sup>1</sup>, Aleksas Narščius<sup>2</sup>, Greta Srėbalienė<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Jūros mokslų ir technologijų centras, Klaipėda, <sup>2</sup>Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų atviro prieigos centras, Klaipėda, <sup>3</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Gamtos mokslų katedra, Klaipėda  
*sergej.olenin@jmtc.ku.lt*

**Įvadas.** Pastaraisiais metais tarptautiniu ir nacionaliniu lygiu buvo sukurtos teisinės ir administracinės priemonės (Barselonos konvencija, Tarptautinė konvencija dėl laivų balastinių vandenų ir nuosėdų kontrolės ir valdymo (2004)), kuriomis siekiama sumažinti nevietinių rūšių, galinčių kelti žalą aplinkai, ekonomikai ir / ar žmonių sveikatai, plitimą. Šių priemonių efektyvumui ir veiksmingumui įvertinti reikalingi moksliskai pagrįsti indeksai ar rodikliai, kurie padėtų išmatuoti priemonių veiksmingumą mažinant nepageidaujamus poveikius. Europos aplinkos agentūra (EEA) pasiūlė rodiklį „Sukauptasis svetimkraščių rūšių skaičius Europoje nuo 1900 metų“ (EEA, 2007). Pagal jį didelis svetimkraščių rūšių (SR) skaičius siejamas su padidėjusiu antropogeninės veiklos poveikiu jūrų aplinkai, tačiau minėtas rodiklis neparodo tiesioginės sąsajos su aplinkos būklės blogėjimu (Olenin et al., 2010). Svetimkraštės rūšies paplitimo sėkmė iš dalies priklauso nuo atplitimo regiono aplinkos sąlygų, rūšies biologinių savybių bei ekosistemos resursų prieinamumo. Tačiau EEA siūlytas rodiklis nėra tinkamas vertinant aplinkos apsaugos priemonių efektyvumą dėl praeityje neefektyvaus svetimkraščių rūšių aptikimo ir registravimo. Šiame darbe pristatomas naujas nevietinių rūšių atplitimo (*angl.* New arrivals, *nNIS*) indeksas, kuris padeda įvertinti prevencinių priemonių, skirtų svetimkraščių rūšių patekimo į naujas ekosistemas rizikos mažinimui. Pagal siūlomą metodiką *nNIS* rodo naujai registruotų SR skaičių vertinamoje teritorijoje analizuojamu periodu. Šis indeksas taip pat parodo kokioje geografinėje skalėje rūšis nauja: 1) ar tik tam tikros šalies priekrantėje (pvz., aptikta Lietuvoje, tačiau anksčiau buvo jau paplitusi kitose Baltijos jūros šalyse); 2) nauja Baltijos jūroje; 3) nauja visame Baltijos ir kaimyninės Šiaurės jūrų regione (t. y. pirmąkart atplito į šį regioną).

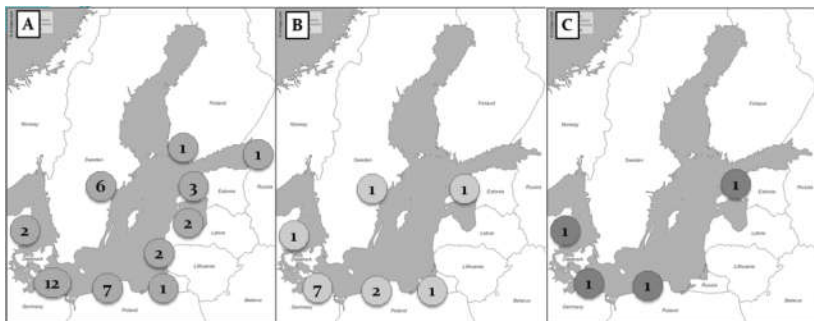
**Metodai.** Tyrimas parengtas naudojant svetimkraščių rūšių informacinę sistemą AquaNIS (Olenin et al., 2014). Šioje informacinėje sistemoje nurodomas SR atplitimo įvykis į tam tikrą regioną. Atplitimo regionu yra

laikoma šalis arba tam tikra šalies pakrantė vienoje iš Didžiųjų jūrinių ekosistemų (DJE, *angl.* Large marine ecosystems).

Pirminis vertinimas (*angl.* baseline assessment) yra pradinis esamų sąlygų nustatymas, kuris būtų naudojamas kaip pagrindas pasirinktos teritorijos vėlesniems vertinimams. Dauguma ES valstybių narių turėjo atlikti pirminį aplinkosauginės būklės vertinimą pagal Jūrų strategijos pagrindų direktyvą (JSPD) ir nurodyti sukauptąjį svetimkraščių rūšių skaičių šalies jurisdikcijai priklausančiuose vandenyse iki 2010 m. Šiame darbe analizuojamos rūšys, kurios atplito nuo 2010 m.

Pirminė introdukcija – tai SR atplitimas į vertinamą teritoriją; antrinė introdukcija – tai tolimesnis rūšies plitimas iš pirminės introdukcijos regiono. Pirminės introdukcijos naujumo geografinis kontekstas (t. y. ar SR nauja šaliai, jūrai ar platesniam regionui) įvertinamas pagal AquaNIS informacinėje sistemoje sukauptus duomenis. Apskaičiuojamas *nNIS* indeksas ir pateikiamas SR sąrašas, jų atplitimo įvykių datos bei atplitimo vektorius (daugiau informacijos Olenin et al., 2016).

**Rezultatai.** Iš viso nuo 2010 m. registruoti 26 SR ir jų 36 atplitimo įvykiai buvo 10-tyje Baltijos jūros regionų. 12 SR yra naujos Baltijos jūroje, tuo tarpu 14 rūšių Baltijos jūroje registruotos kaip plintančios antriniu būdu, t. y. rūšis jau buvo atplitusi anksčiau į kurį nors vieną šalia esantį Baltijos regioną (1 pav.). Analizuojant rūšis, kurios buvo žinomos prieš ir po pirminio vertinimo, buvo nustatyta, kad dvigeldis moliuskas *Rangia cuneata* pirmą kartą buvo aptiktas 2010 m. Rusijos Federacijoje, Kaliningrado srityje ir vertinamuoju laikotarpiu paplito į tris tolimesnius Baltijos jūros regionus: Lenkiją, Lietuvą, Estiją .



1 pav. Rodiklio *nNIS* reikšmės skirtingose Baltijos jūros šalyse (Rusijos Federacijos Kaliningrado ir Sankt-Peterburgo regionai vertinti atskirai) 2010–2016 m. laikotarpyje: A) naujos rūšys šalies atžvilgiu, B) naujos rūšys Baltijos jūros atžvilgiu, C) naujos rūšys Šiaurės ir Baltijos jūros DJE regiono atžvilgiu.

**Rezultatų aptarimas.** Panaudojant *nNIS*, atplintančių rūšių duomenys pateikiami su detalesne atplitimo būdų analize, kas suteikia reikalingos papildomos informacijos biologinių invazijų kontrolės stiprinimui. Taip pat indikatorius gali būti pritaikomas įgyvendinant išankstinio perspėjimo iniciatyvas (Roy et al., 2014), vykdant aplinkos tikslų identifikavimą pagal Jūrų strategijos pagrindų direktyvos (JSPD) geros aplinkos būklės 2 deskriptorių „Nevietinės rūšys“ (ES, 2008). Indikatoriaus dėka galima įvertinti rūšies plitimo vektorių ir patekimo į regioną būdus, bei įvertinti taikomų prevencinių priemonių efektyvumą.

**Išvados.** Pasiūlytas *nNIS* indikatorius susijęs su antropogeniniu poveikiu, kurį lemia rūšių patekimo į naują vietovę keliai ir vektoriai. Jis padeda įvertinti ir palyginti prevencinių priemonių taikymo veiksmus, nes tiksliai įvertina taikomų tarptautinių prevencinių priemonių efektyvumą SR atžvilgiu (EC, 2008; ICES 2005; Olenin et al., 2014).

## Literatūra

- EEA. 2007. Halting the Loss of Biodiversity by 2010: Proposal for a First Set of Indicators to Monitor Progress in Europe. Technical Report No. 11/2007, European Environment Agency.
- European Commission. 2008. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive). Off. J. Eur. Union 164, 19–40.
- HELCOM. 2012. “Development of asset of core indicators: Interim report of the HELCOM CORESET project. PART B: descriptions of the indicators,” in Balt. Sea Environment Proceedings, No. 129B (Helsinki).
- ICES. 2005. ICES Code of Practice on the Introductions and Transfers of Marine Organisms, Vol. 30. Copenhagen: ICES.
- Olenin S., Alemany F., Cardoso A. C. et al. 2010. Marine Strategy Framework Directive - Task Group 2 Report. Non-indigenous Species, Vol. 44. EUR 24342 EN. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Olenin S., Narščius A., Minchin D., et al. 2014. Making non-indigenous species information systems practical for management and useful for research: an aquatic perspective. Biol.Conserv. 173,98–107. doi: 10.1016/j.biocon.2013.07.040.
- Olenin S., Ojaveer H., Minchin D., Boelens R. 2016. Assessing exemptions under the ballast water management convention: preclude the Trojan horse. Marine Poll. Bull. 103,84–92. doi:10.1016/j.marpolbul.2015.12.043.
- Roy H. E., Peyton, J., Aldridge et al. 2014. Horizon scanning for invasive alien species with the potential to threaten biodiversity in Great Britain. Glob. Chang. Biol. 20, 3859–3871 doi: 10.1111/gcb.12603.
- Marchini A., Galil B.S., Occhipinti-Ambrogi, A. 2015. Recommendations on standardizing lists of marine alien species: lessons from the Mediterranean Sea. MarinePoll.Bull. 101,267–273. doi:10.1016/j.marpolbul.2015.09.054.
- Zaiko A., Martinez J.L., Ardura A. et al. 2015. Detecting nuisance species using NGST: methodology short comings and possible application in ballast water monitoring. Mar. Env. Res. 112,64–72. doi:10.1016/j.marenvres.2015.07.002.

## MELSVABAKTERIŲ IR JŲ PRODUKUOJAMŲ TOKSINŲ METINĖ KAITA KURŠIŲ MARIOSE

**Donata Overlingė, Renata Pilkaitytė**

Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Gamtos mokslų katedra, Klaipėda  
*donata.overlinge@ku.lt*

**Įvadas.** Melsvabakterių žydėjimai yra rimta problema dėl žydėjimus formuojančių rūšių gaminamų antrinių metabolitų, toksiškų daugeliui organizmų, taip pat ir žmonėms. *Aphanizomenon flos-aquae*, *Dolichospermum* spp., *Planktothrix agardhii*, *Microcystis* spp. yra gausiausios ir dominuojančios melsvabakterių rūšys Kuršių mariose (Pilkaitytė et al., 2007). Nuolatos dominuojančią *Aph. flos-aquae*, prie tam tikrų aplinkos veiksnių, skirtingais metais gali pakeisti kita, apie 1994 m. Kuršių mariose atsiradusi melsvabakterė *P. agardhii* (Pawlik-Skowrońska et al., 2004, Paldavičienė et al., 2009; Jaanus et al., 2011). Yra manoma, kad Baltijos jūroje ir Kuršių mariose gyvenanti *Aph. flos-aquae* yra netoksinė (Šulčius et al., 2015), tuo tarpu *P. agardhii* yra potencialiai toksiška rūšis. Be to, pastaroji išlieka gyvybinga vandens telkinyje ištisus metus. Kuršių mariose Paldavičienė su bendraautoriais (2009) nustatė 5, Šulčius et al. (2015) – 10, Pilkaitytė (nėpub. duom.) – 8 mikrocistinių variantus. Visi tyrimai buvo atlikti tik vasaros–rudens laikotarpiu. Šio darbo tikslas – nustatyti potencialiai toksinių melsvabakterių bei jų produkuojamų toksinų dinamiką Kuršių mariose ištisus metus.

**Metodai.** Integruoti fitoplanktono mėginiai buvo imami Nidoje ir Smiltynėje nuo 2015 spalio mėn. iki 2016 spalio mėn. dviejų – trijų savaitių periodiškumu semiant batometru iš paviršiaus ir 1 bei 2 m gylio. Tolimesniems fitoplanktono tyrimams mėginiai buvo fiksuojami Liugolio tirpalu ir tiriami Utermöhl'o mikroskopavimo būdu (HELCOM, 2016). Toksinų tyrimams vanduo buvo filtruojamas per Whatman GF/F filtrus, kurie buvo laikomi šaldiklyje –20 °C iki tolimesnio tyrimo. Toksinų kokybinė ir kiekybinė analizės buvo atliekamos HPLC ir LC-MS metodais (Grabowska et al., 2011) Gdanskio universiteto Okeanografijos institute.

**Rezultatai ir jų aptarimas.** Abejose tirtose stotyse melsvabakterių biomasės kaita buvo panaši. Nidoje viso tyrimo laikotarpiu fitoplanktono bendrijoje melsvabakterės sudarė nuo 5 % žiemos laikotarpiu iki 80 % vasaros–rudens laikotarpiu, o Smiltynėje nuo 2 % žiemos laikotarpiu iki 90 % rudens laikotarpiu. Didžiausia biomasė tiek Nidoje, tiek Smiltynėje buvo rudenį. Nidoje siekė 16,78 mg/l, o Smiltynėje 15,29 mg/l. Abiejuose tyrimo

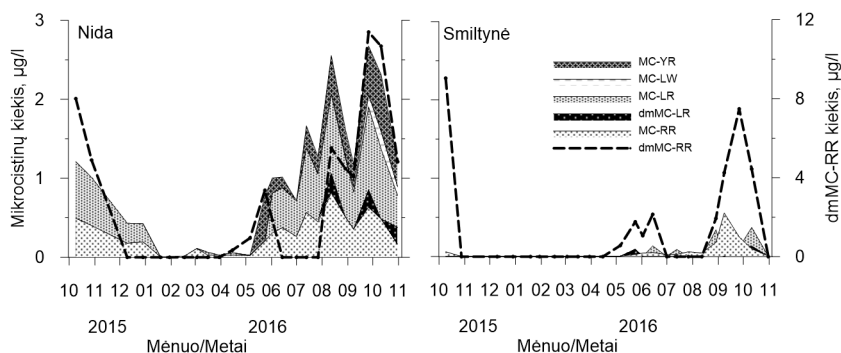
taškuose dažniausiai sutinkamos rūšys buvo *Woronichinia* spp., *Aph. flos-aquae* ir *P. agardhii*.

Šio tyrimo metu iš viso buvo rasti 6 skirtingi mikrocininiai (MC), anatoksinas-a (ANT-a) ir pirmą kartą nustatytas cilindrospermopsinas (CYN).

Nidoje didžiausia mikrocininų bendra koncentracija nustatyta 2016 m. rudenį – 14,08 µg/l (1 pav.). dmMC-RR koncentracija buvo iki 4 kartų didesnė už kitų mikrocininų. Šio toksino gausumo pikai sutapo su *P. agardhii* gausumo pikais, todėl pastaroji rūšis galėtų būti jų potencialus produkuotojas. Tyrimai rodo (Paldavičienė et al., 2009, Kobos et al., 2013, Šulčius et al., 2015, Pilkaitytė ir kt., 2016), kad dmMC-RR toksinas dažnai būna randamas vandens mėginiuose, kuriuose dominuoja *P. agardhii* ir jų izoliuotose kultūrose, o MC-RR, -LR ir -YR dažniausiai aptinkami dominuojant *Microcystis aeruginosa*. Tačiau šio tyrimo metu *M. aeruginosa* nebuvo rasta. Tarp *Microcystis* genties rūšių dominavo *M. flos-aquae* ir *M. cf. ichthyoblabe*.

Tyrimų metu MC-LW buvo nustatytas tik rudens (2016) mėginiuose ir maksimali jų koncentracija buvo 0,22 µg/l. Tačiau ir mažos jų koncentracijos yra daug labiau toksiškesnės, nei didesnėmis koncentracijomis rastų MC-LR ir MC-RR mikrocininų (Šulčius et al., 2015).

Smiltynėje didžiausia mikrocininų bendra koncentracija nustatyta 2015 m. rudenį – 9,1 µg/l (1 pav.). Kaip ir Nidoje, didžiausią kiekį sudarė dmMC-RR. Kiti mikrocininų variantai taip pat dominavo rudens laikotarpiu. Priešingai nei Nidoje, Smiltynėje buvo rastas *M. aeruginosa*, todėl kitų mikrocininų variantų buvimas gali būti susijęs su *Microcystis* genties atstovais.

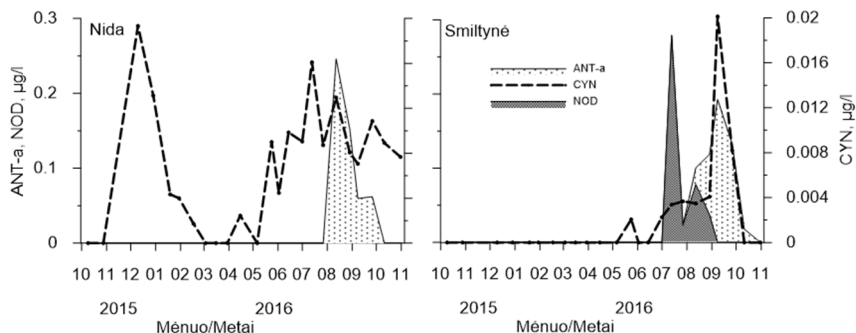


1 pav. Mikrocininų sezoninė dinamika Nidoje ir Smiltynėje.

Cilindrospermopsino koncentracija kito nuo 0,002 µg/l iki 0,02 µg/l ir buvo aptiktas beveik viso tyrimo metu (2 pav.). Pagrindinis

cilindropermopsinų produkuotojas yra *Cylindropermopsis raciborskii*, tačiau jį gali produkuoti ir kitos siūlinės melsvabakterės – *Aph. flos-aquae*, *Planktothrix* sp.. Manoma, jog jį gali gaminti ir *Aph. gracile* (Boopathii et al., 2014 ir nuorodos jame). Nei ankstesnių, nei šio tyrimo metu *C. raciborskii* nebuvo rastas, todėl potencialus jų produkuotojas galėtų būti *Aph. flos-aquae* arba *P. agardhii*, tačiau tyrimuose su izoliuotomis iš Kuršių marių *Aph. flos-aquae* kultūromis (Šulčius et al., 2015) nebuvo rasta šiai rūšiai būdingų produkuojamų mikrocistinų ar kitų toksinų, tokių kaip anatoksinas-a, cilindropermopsinas ar saksitoksinais (Ballot et al., 2010, Stūken et al., 2010).

Anatoksinas-a abiejuose tyrimo stotyse buvo rastas rugpjūčio – rugsėjo mėnesiais ir kito nuo 0,06 µg/l iki 0,25 µg/l (2 pav.). Pastarasis pirmą kartą buvo rastas tik 2013–2014 metais (Pilkaitytė et al. nepub. duom.). Šį toksiną gali produkuoti įvairios melsvabakterės, tokios kaip *Dolichospermum*, *Planktothrix*, *Aphanizomenon* (Boopathii et al., 2014 ir nuorodos jame). Esant didžiausiai ANT-a koncentracijai, didžiausią biomasę Nidoje sudarė *P. agardhii* (40 % nuo bendros melsvabakterių biomasės), o Smiltynėje – *Aph. flos-aquae* ir *D. flos-aquae* (atitinkamai 44 % ir 13 % nuo bendros melsvabakterių biomasės).



2 pav. Cilindropermopsino, anatoksino-a ir nodularino koncentracijų pasiskirstymas Nidoje ir Smiltynėje.

Nodularinas Smiltynėje buvo rastas liepos–rugpjūčio mėn., jų reikšmės kito nuo 0,02 iki 0,30 µg/l (2 pav.). Pagrindinis nodularino produkuotojas yra *Nodularia spumigena* (Mazur-Marzec, 2006), kuri to laikotarpio mėginiuose taip pat buvo rasta.

## Literatūra

- Ballot A., Fastner J., Wiedner C. 2010. Paralytic shellfish poisoning toxin-producing cyanobacteria *Aphanizomenon gracile* in northeast Germany. *Appl. Environ. Microbiol.* 76 (4), 1173–1180.
- Belyk O. I., Dmitrieva O. A., Gladkikh A. S. et al. 2012. Identification of Toxigenic Cyanobacteria of the Genus *Mirocystis* in the Curonian Lagoon (Baltic Sea). *Oceanology*, 53 (1), 71–79.
- Blaszczyk A. 2011. Cyanobacterial neurotoxins in the environment of the Baltic Sea and the lakes of Pomerania Province. Unpublished doctoral dissertation, University of Gdansk, Gdynia, Poland.
- Boopathi T., Ki J. S. 2014. Impact of environmental factors on the regulation of cyanotoxin production. *Toxins* 6, 1951–1978.
- Grabowska M., Mazur-Marzec H. 2011. The effect of cyanobacterial blooms in the Siemianowka Dam Reservoir on the phytoplankton structure in the Narew River. *Oceanol. Hydrobiol. Stud.*, 40 (1), 19–26.
- HELCOM, 2016. Monitoring of phytoplankton species composition, abundance and biomass – proposed update of HELCOM monitoring guidelines. 5J – Monitoring guidelines for biota.
- Jaanus A., Andersson A., Olenina I. et al. 2011. Changes in phytoplankton communities along a north – south gradient in the Baltic Sea between 1990 and 2008. *Boreal environment research* 16 (suppl. A), 191–208.
- Kobos J., Blaszczyk A., Hohlfeld N. et al. 2013. Cyanobacteria and cyanotoxins in Polish freshwater bodies. *Oceanological and hydrobiological studies*, 42 (4), 358–378.
- Mazur-Marzec H., Meriluoto J., Plinski M. et al. 2006. Characterization of nodularin variants in *Nodularia sumigena* from Baltic Sea using liquid chromatography/mass spectrometry. *Rapid Commun. Mass Spectrom.* 20, 2023–2032.
- Olenina I. 1998. Long-term changes in the Kuršių Marios lagoon: Eutrophication and phytoplankton response. *Ekologija*, Vilnius, ISSN 0235-7224, 56–65.
- Paldavičienė A., Mazur-Marzec H., Razinkovas A. 2009. Toxic cyanobacteria blooms in the Lithuanian part of the Curonian Lagoon. *Oceanologia*, 51 (2), 203–216.
- Pawlik-Skowronska B., Skowronski T., Pirszel J. et al., 2004. Relationship between cyanobacterial bloom composition and anatoxin-a and microcystin occurrence in the eutrophic dam reservoir (SE Poland). (*Pol. J. Ecol.*), 52 (4), 479–490.
- Pilkaitytė R., Razinkovas A. 2007. Seasonal changes in phytoplankton composition and nutrient limitation in a shallow Baltic lagoon // *Boreal Environment Research*, Nr. 12, 551–559.
- Pilkaitytė R., Mazur-Marzec H., Lesutienė J. 2016. Melsvabakterių sintetinių neribosominių baltymų paplitimas Kuršių marių Lietuvos dalyje. *Klaipėdos universiteto leidykla*, 140–144.
- Stüken A., Jakobsen K. S. 2010. The cylindrospermopsin gene cluster of *Aphanizomenon* sp. strain 10E6: organization and recombination. *Microbiology*, 156 (8), 2438–2451.
- Šulčius S., Pilkaitytė R., Mazur-Marzec H. et al. 2015. Increased risk of exposure to microcystins in the scum of the filamentous cyanobacterium *Aphanizomenon flos-aquae* accumulated on the weternshoreline of the Curonian Lagoon. *Marine Pollution Bulletin*, 99, 264–270.

## KURŠIŲ MARIŲ VAIDMUO FOSFORO PERNAŠAI Į BALTIJOS JŪRĄ

Jolita Petkuvienė<sup>1</sup>, Mindaugas Žilius<sup>2</sup>, Irma Vybernaitė-Lubienė<sup>2</sup>,  
Diana Vaičiūtė<sup>1</sup>, Artūras Razinkovas-Baziukas<sup>1</sup>, Marco Bartoli<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų atviros prieigos centras, Klaipėda,

<sup>2</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Jūros mokslų ir technologijų centras, Klaipėda, <sup>3</sup>Paromos universiteto Chemijos

departamentas, Parma, Italija

*jolita.petkuviene@apc.ku.lt*

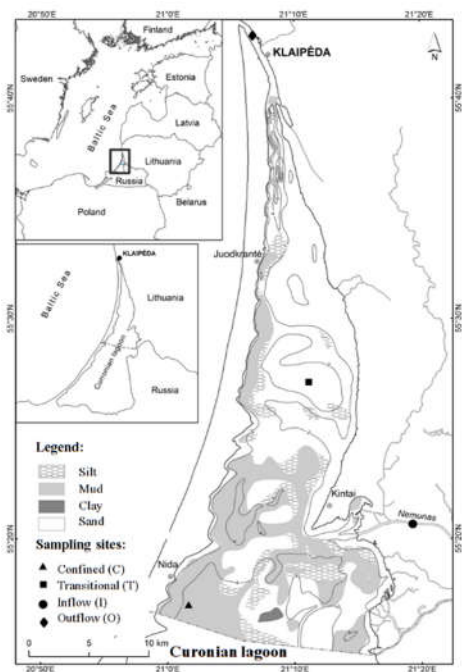
**Įvadas.** Fosforas yra svarbi maistingoji medžiaga, kuri yra viena iš indikatorių vertinant vandens kokybę ypač telkiniuose, kuriuose dominuoja azotą fiksuojančios melsvabakterės. Baltijos jūra yra viena iš didžiausių vandens telkinių, kurioje šios bakterijos sukelia intensyvius žydėjimus vasaros periodu (Öberg, 2016). Azotą fiksuojančios bakterijos (melsvabakterės) yra limituojamos fosforo kiekiu (Conley et al., 2009), todėl ES ir HELCOM siekia, kad šių organizacijų narės mažintų fosforo patekimą į vandens telkinius (Borja et al., 2010). Nors ir Lietuvos prieinamumas prie Baltijos jūros nėra didelis, tačiau Nemuno upė yra laikoma kaip viena iš Baltijos jūros (Gdansko įlankos ir Baltijos centrinės dalies) maistmedžiagių maitintojų (HELCOM, 2015). Tačiau Nemuno plukdomas vanduo yra nešamas per Kuršių marias, kurios užlaiko vandenį vidutiniškai iki 40 dienų (Ferrarin et al., 2008) ir maistmedžiagių virsmas mariose gali padidinti išnešamų maistingųjų medžiagų ypač fosforo kiekius į Baltijos jūrą. Šio tyrimo tikslas yra įvertinti fosforo formų įnešimą į Kuršių marias Nemunu ir išnešimą iš jų į Baltijos jūrą, nustatyti ar Kuršių marios keičia fosforo formas ir ar tai turi įtakos Baltijos jūros taršai, taip pat siekiama įvertinti kokie vidiniai procesai gali didinti fosforo prieinamumą.

**Metodai.** Tyrime analizuojama fosforo formų prietaka, pasiskirstymas marių vandens stovymėje, bentopelaginė apykaita bei balansas. Vertinimas buvo atliktas keturiuose tyrimo taškuose (1 pav.). Dviejose tyrimo vietose – tranzitinėje smėlio (TS – sekli, trumpas vandens užsilaikymas, maža sedimentacija) ir akumuliacinėje dumblo (CS – gili, ilgas vandens užsilaikymas, didelė sedimentacija) – vandens (paviršiaus) bei nuosėdų mėginiai buvo surinkti 2014 m. nuo balandžio iki lapkričio mėn. Papildomi vandens mėginiai 2014 m. nuo sausio iki gruodžio mėn. buvo imami vietose, kurios charakterizuoja fosforo formų įnešimą (I) į marias ir išnešimą (O) iš jų. Vanduo, skirtas ištirpusio neorganinio fosforo (DIP) ir ištirpusio bendro fosforo (DOP=TDP-DIP) analizėms, buvo filtruotas per Whatman GF/F



filtrus, o nefiltruotas vanduo buvo naudojamas bendro fosforo (TP) analizei. Dalelinio fosforo (PP) tyrimams vanduo filtruotas per Whatmann GF/F filtrus, kurie buvo užšaldyti iki analizės. Analizės atliktos spektrofotometriniu metodu (Grashoff et al., 1983). Bentopelaginės apykaitos matavimai atlikti pagal Dalsgaard ir kt. (2000).

**Rezultatai ir aptarimas.** Nemuno atnešamas maistmedžiagių kiekis labai priklauso nuo upės nuotėkio, kurio vidutinė vertė 2014 metais buvo  $455 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Nuotėkis kito sezoniškai su išsiskyrusiu nedideliu žiemos–pavasario potvyniu, kurio metu nuotėkis siekė  $1228 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Įvertinus kiek vandens srautas atneša bendrojo fosforo (TP) matyti (2 pav.), kad vidutiniškai apie  $114 \pm 45 \text{ kmol d}^{-1}$  yra atplukdoma TP į Kuršių marias ir apie 80 % (vid.  $85 \pm 50 \text{ kmol d}^{-1}$ ) jo iškeliauja į Baltijos jūrą.

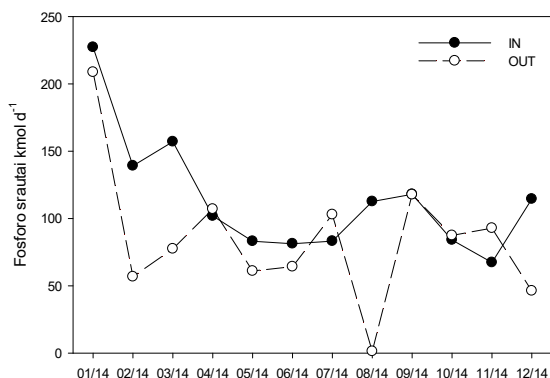


1 pav. Kuršių marių Lietuvos dalis: tyrimo stotys ir nuosėdų tipas.

Taip pat tyrimai parodė, kad kai kuriais mėnesiais (balandžio, liepos rugsėjo, spalio ir lapkričio) buvo nustatytas didesnis išnešimas iš Kuršių marių nei buvo atnešama Nemunu į marias. Tuo tarpu kitais mėnesiais TP buvo asimiliuojamas Kuršių mariose. Tai rodo, kad atliekant HELCOM vertinimus

dėl Nemuno taršos Baltijos jūrai yra nustatomos didesnės koncentracijos išeinančio tikrojo TP kiekio.

Analizuojant fosforo formas, kurios buvo atnešamos ir kurios išnešamos į/iš Kuršių marių, parodė, kad DIP išnešimas vidutiniškai siekė  $18 \pm 22 \text{ kmol d}^{-1}$ , kai tuo tarpu Nemuno įnešimas buvo du kart didesnis ( $43 \pm 20 \text{ kmol d}^{-1}$ ). Didžiausia išnešama fosforo dalis buvo dalelinėje formoje, kurios Nemunas atnešė į Kuršių marias  $54 \pm 25 \text{ kmol d}^{-1}$ , tačiau vidutinis eksportas į Baltijos jūrą viršijo importą ( $58 \pm 30 \text{ kmol d}^{-1}$ ).



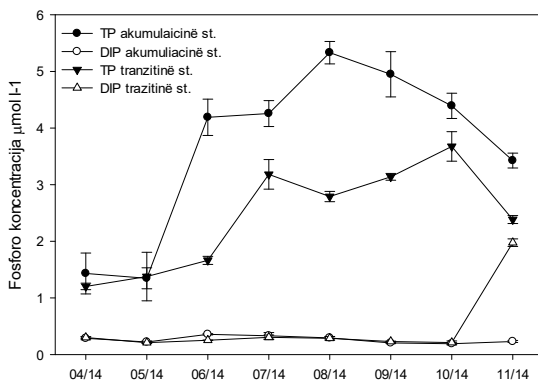
2 pav. TP srautai į/iš Kuršių marių (— įnešimas (IN); -- išnešimas (OUT); kmol per dieną).

Jau minėtais mėnesiais, kuomet buvo viršytas TP išnešimas, TPP išnešimą į Baltijos jūrą viršijo 2,5 karto. Tai rodo, kad Kuršių marios transformuoja ištirpusias formas į dalelines, o vasaros metu pasitelkiant vidinius resursus marios gali eksportuoti daugiau fosforo į Baltijos jūrą nei Nemunas atneša.

Analizuojant situaciją 2014 metais Kuršių mariose (3 pav.) matyti, kad DIP koncentracija nepakyla aukščiau  $0,5 \mu\text{mol l}^{-1}$  išskyrus lapkričio mėn. tranzitinėje stotyje. Bendras fosforas mariose kito nuo  $1,35$  iki  $4,5 \mu\text{mol l}^{-1}$ . Didžiausios fosforo koncentracijos nustatytos akumuliacinėje tyrimo stotyje.

Atlikus fosforo formų analizę tirtose tyrimo stotyse, paaiškėjo, kad dalelinės formos vidutiniškai sudaro  $71 \pm 21$  ir  $84 \pm 7$  proc. atitinkamai tranzitinėje ir akumuliacinėje tyrimo vietose. Atlikti tyrimai su pelaginės bendrijos inkubavimu parodė, kad vasaros metu vyksta intensyvus DIP pasisavinimas ir dalelinės fosforo formos gamyba ( $2805 \pm 1878 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ), kuri intensyviausiai vyksta akumuliacinėje tyrimo vietoje. Be abejo, šie tyrimai

neparodo, ar dalelinis fosforas inkorporuotas į fitoplanktono ląsteles ar susijungė su mineralais. Reikėtų atlikti papildomus fosforo sorbcijos eksperimentus (Pant, Reddy, 2001).



3 pav. TP ir DIP koncentracijos ir vidutinės fosforų formos Kuršių mariose.

Vidiniai resursai, kaip nuosėdos, prisideda prie fosforo išnešimo į Baltijos jūrą atpalaiduojant DIP iš nuosėdų. Atlikti 2014 metais nuosėdų inkubacijos tyrimai parodė, kad nuosėdos gali išskirti iki  $2,1 \mu\text{mol m}^{-2} \text{h}^{-1}$  DIP į vandens stulpą. Apibendrinus įnešimo ir išnešimo srautus į/iš marių, marių reikiamą DIP pasisavinimą bendrijai palaikyti ir nuosėdų išsiskyrimo duomenis, paaiškėjo, kad bendrijai palaikyti reikalingi papildomi  $6,5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{h}^{-1}$  DIP, tai rodo, kad Kuršių mariose esti papildomi fosforo šaltiniai, kurie turėtų būti identifikuoti, eliminuoti ir galbūt tai padėtų sumažinti fosforo išnešimą į Baltijos jūrą.

**Padėka.** Tyrimai buvo vykdomi vykdant BONUS „Maistmedžiagių kokteilis Baltijos jūros priekrantėje (COCOA)“ projektą (Sutarties Nr. BONUS-2/2014), kuris finansuotas ES ir Lietuvos mokslo tarybos.

## Literatūra

- Borja Á., Elliott M., Carstensen J. et al. 2010. Marine management—towards an integrated implementation of the European Marine Strategy Framework and the Water Framework Directives. *Marine Pollution Bulletin*, 60 (12), 2175–2186.
- Conley D. J., Paerl H. W., Howarth R. W. et al. 2009. Controlling eutrophication: nitrogen and phosphorus. *Science*, 323 (5917), 1014–1015.
- Ferrarin C., Razinkovas A., Gulbinskas S. et al. 2008. Hydraulic regime-based zonation scheme of the Curonian Lagoon. *Hydrobiologia*, 611 (1), 133–146.

- Dalsgaard T., Nielsen L. P., Brotas V. et al. 2000. Protocol handbook for NICE—Nitrogen Cycling In Estuaries: A project under the EU research program: Marine Science and Technology (MAST III). Silkeborg: National Environmental Research Institute.
- Grasshoff K., Ehrhardt M., Kremling K. 1983. Methods of Seawater Analysis, 2nd ed. Berlin: Verlag Chemie.
- HELCOM, 2015. Updated Fifth Baltic Sea pollution load compilation (PLC-5.5). Baltic Sea Environment Proceedings No. 145. Prieiga internetu: [http://helcom.fi/Lists/Publications/BSEP145\\_Lowres.pdf](http://helcom.fi/Lists/Publications/BSEP145_Lowres.pdf).
- Öberg J. 2016. Cyanobacterial blooms in the Baltic Sea in 2016. Prieiga internetu: <http://www.helcom.fi/baltic-sea-trends/environment-fact-sheets/eutrophication/cyanobacterial-blooms-in-the-baltic-sea>
- Pant H. K., Reddy K. R. 2001. Phosphorus sorption characteristics of estuarine sediments under different redox conditions. Journal of Environmental Quality, 30 (4), 1474–1480.

## TRIČIO KONCENTRACIJŲ VARIACIJOS ŠIAURĖS ATLANTO JŪRŲ PAVIRŠINIUOSE VANDENS HORIZONTUOSE

**Olga Jefanova<sup>1</sup>, Jonas Mažeika<sup>1</sup>, Rimantas Petrošius<sup>1</sup>,  
Erikas Visakavičius<sup>2</sup>, Ričardas Paškauskas<sup>3, 4</sup>**

<sup>1</sup>Gamtos tyrimų centro Geologijos ir geografijos institutas, Vilnius,

<sup>2</sup>Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų atviros prieigos centras, Klaipėda,

<sup>3</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Jūros mokslų ir technologijų centras, Klaipėda, <sup>4</sup>Gamtos tyrimų centro Botanikos institutas, Vilnius

*olga.jefanova@gamtostyrimai.lt*

**Ivadas.** Radioaktyvus vandenilio izotopas – tritis (<sup>3</sup>H arba T; pusėjimo trukmė  $t_{1/2}=12,32$  metai) įeina į vandens molekulės sudėtį, todėl yra geras vandens apykaitos procesų traseris. Šiandien galima išmatuoti itin mažas tričio koncentracijas vandenyje, naudojant vandens elektrolitinio praturtinimo <sup>3</sup>H metodą ir žemo fono skystųjų scintiliatorių spektrometrus.

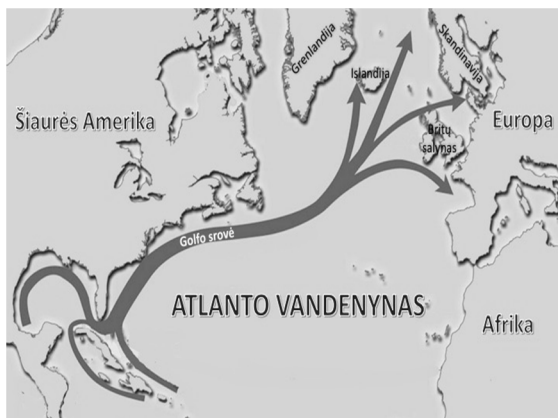
Gamtinio tričio koncentracija paviršiniuose vandenyse paprastai yra labai maža – vienam stabiliam vandenilio atomui H tenka  $10^{-18}$  <sup>3</sup>H atomų. Todėl hidrologiniuose tyrimuose, nagrinėjant tričio pasiskirstymą vandens objektuose, naudojama tričio vieneto (TV) dimensija. 1 TV išreiškia tokią tričio koncentraciją, kai <sup>3</sup>H atomų ir stabilaus vandenilio atomų <sup>1</sup>H skaičiaus santykis ([T]/[H]) bandinyje lygus  $10^{-18}$ . Tai atitinka tričio tūriniam aktyvumui vandenyje 0,118 Bq/l.

Vidutinis gamtinės (kosmogeninės) kilmės tričio susidarymo atmosferoje greitis yra 0,2 <sup>3</sup>H atomų/cm<sup>2</sup>-sek. Šis dydis lemia tai, jog kontinentiniuose krituliuose tričio koncentracija turėtų svyruoti apie 5 TV (Craig et al., 1961). Kituose, su krituliais susijusiuose vandens objektuose, ji turėtų mažėti, priklausomai nuo jų vandens apykaitos greičio. Netrukus po pirmųjų tričio koncentracijos aplinkoje nustatymų (Faltings, Hardeck, 1950), jis pradėtas naudoti kaip traseris, vandens apykaitos procesų hidrologiniame cikle, tame tarpe ir vandenynuose, apibūdinimui (Grosse et al., 1951; Kaufman et al., 1954; Begemann et al., 1957).

Šeštojo dešimtmečio pradžioje į atmosferą greta gamtinio tričio pradėjo patekti antropogeninės kilmės tritis, daugiausia dėl atominio ginklo bandymų. Didžiausia tričio koncentracija šiaurės pusrutulio krituliuose užfiksuota 1963 m. pavasarį. Ji siekė 5000 TV. Nutraukus atominio ginklo bandymus atmosferoje, tričio koncentracija krituliuose nuolat mažėjo. Šiuo metu vidutinė

metinė tričio koncentracija yra mažesnė nei 10 TV ir artėja prie gamtinės kilmės tričio koncentracijos.

Dėl sąmaišos su gilių horizontų vandeniu, kurio amžius gali būti šimtais metų senesnis, lyginant su kritulių ir kontinentinio nuotėkio vandeniu, net ir paviršiniuose vandens horizontuose stebima santykinai maža tričio koncentracija, kuri šiaurės pusrutulyje siekia apie 1 TV. Šiaurės Atlanto jūrose vandens sąmaišai didelę įtaką daro Golfo srovės atnešamos vandens masės iš pietinių platumų. Nuoseklios ir gausios ankstesnių metų hidrografinės studijos ir palydovinių vaizdinių analizė įgalino pakankamai detaliai nustatyti šiltesnio vandens pasiskirstymo dėsninumus šiauriau 47 lygiagretės, kur Šiaurės Atlanto srovės išsišakoja į kelis srautus, kurių vienas apjuosia Britų salyną iš šiaurės (Krauss et al., 1987) (1 pav.). Kita atnešamų vandens masių kryptis nusidriekia šiaurės vakarų kryptimi, kur susiduria su gėlesnio vandens srautais, susidarantiais Grenlandijos ledynų tirpsmo dėka. Pastarųjų pusšimčio metų stebėjimai pademonstravo, kad dėl to Šiaurės Atlante šiltesnio atnešamo vandens srovių greičiai pastebimai lėtėja (Rahmstorf, 2015). Prognozuojama, kad tai gali reikšmingai įtakoti klimato pokyčius Europoje ir vandens sąmaišą šiame regione.



1 pav. Golfo srovė ir Šiaurės Atlanto vandens srautų pasidalinimo schema (pagal Krauss et al., 1987).

**Objektas ir metodai.** Darbe pristatomi pradiniai tričio koncentracijų įvertinimo rezultatai. Koncentracijos nustatytos vandens mėginiuose, surinktuose Klaipėdos universiteto burlaivio „Brabander“ mokslinio-mokomojo jūrinio reiso metu, 2016 m. birželio–rugsėjo mėnesiais išilgai transekto nuo pietrytinės Baltijos jūros dalies iki Islandijos salos (2 pav.). Mėginiai buvo imami Rutnerio tipo batometru, paviršiniuose vandens

horizontuose. Tyrimų stotyse, kur buvo numatoma vertinti Šiaurės Atlanto srovių įtaką paviršiaus temperatūriniam režimui, matavimai atlikti paviršiaus profilyje iki 20 metrų gylio hidrologiniu multiparametriniu zondų CTD48 (Sea & Sun Technology GmbH). Temperatūros matavimo paklaida 0,005 °C, druskingumo – 0,04 ‰.

Tričio koncentracija mėginiuose buvo išmatuota skystų scintiliatorių spektrometru „Quantulus-1220“ Gamtos tyrimų centro Branduolinės geofizikos ir radioekologijos laboratorijoje, naudojant izotopinį praturtinimą, kuris atliekamas elektrolizės būdu.

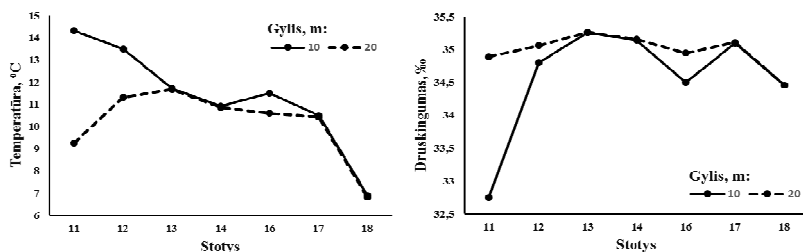


2 pav. Klaipėdos universiteto burlaivio „Brabander“ reiso maršruto schema ir mėginių surinkimo stotys (2016 06 25–2016 09 10).

**Rezultatai ir jų aptarimas.** Įvertinus temperatūros ir druskingumo profilius Šiaurės Atlanto jūrų tyrimo vietose, nustatyta, kad reikšmingiau paviršinių ir gilesnių paviršinių sluoksnių hidrologinės charakteristikos skyrėsi tik transekto dalyje ties Norvegijos ir Šetlandų salomis (11, 12 stotyse) (3 pav.).

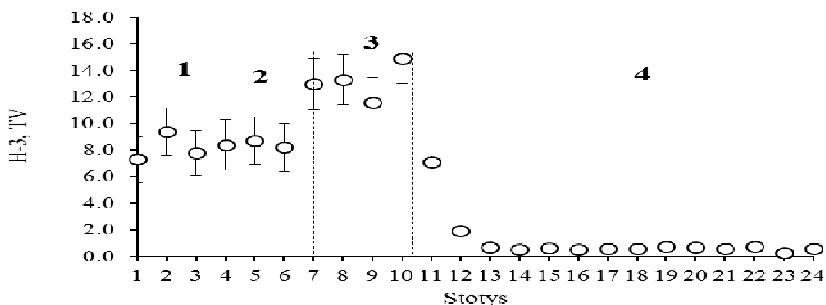
Nežymus, vos 1 °C paviršinio vandens pašiltėjimas, lyginant su gilesniais sluoksniais, užfiksuotas 16 stotyje, esančioje Norvegijos jūroje tarp Farerų ir Islandijos salų. Tuo tarpu Šiaurės jūroje temperatūrinis skirtumas siekė net iki 5 °C. Įvertinant druskingumo pokyčių reikšmes, galima teigti, kad mažesnio druskingumo reikšmes ir aukštesnę temperatūrą vandens paviršiuje galėjo

lemti kontinentinio nuotėkio įtaka, o ne iš pietinių platumų atneštos vandenu masės, kuriose ištirpusių druskų koncentracija, matyt, būtų daug didesnė.



3 pav. Temperatūros ir druskingumo profiliai (iki 20 m gylio) Šiaurės Atlanto jūrų paviršiniuose vandenyse (2016 liepa).

Transekto paviršiniuose horizontuose nustatytos tričio koncentracijos pavaizduotos 4 pav. Vidutinė tričio koncentracija tirtose Baltijos jūros dalyje siekė 8,2 TV. Panaši vidutinė tričio koncentracija nustatyta ir Kategato sąsiauryje (8,3 TV). Skagerako sąsiauryje šalia Norvegijos krantų tričio koncentracija buvo didesnė, o jos vidutinė vertė siekė 13,2 TV.



4 pav.  $^3\text{H}$  koncentracija paviršiniuose vandens horizontuose nuo rytų (pietryčių Baltijos jūra) į vakarus (Islandijos salos pakrantės) (1 – Baltijos jūra, 2 – Kategato sąsiauris, 3 – Skagerako sąsiauris, 4 – Šiaurės ir Norvegų jūros).

Akvatorijos, į kurias pirmiausia patenka reikšmingas kontinentinis nuotėkis (Baltijos jūra) bei šalia kurių veikia stambūs branduoliniai objektai (Europos branduolinio kuro perdėrimo kombinatai), pasižymi didesne tričio koncentracija. Tričio koncentracija paviršiniuose vandens horizontuose tirtose



Atlanto vandenyno Šiaurės ir Norvegų jūros akvatorijose, nutolusiose nuo Skandinavijos pusiasalio krantų, 2016 m. siekė 0,6 TV (4 pav.).

**Padėka.** Nuoširdžiai dėkojame Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų atviros prieigos centrui už galimybę atlikti tyrimus; burlaivio „Brabander“ kapitonui Valdemarui Vizbarui ir įgulai už moralinę paramą bei pagalbą renkant mėginius.

## **Literatūra**

- Begemann F., Libby W. F. 1957. Continental water balance, ground water inventory and storage times, surface ocean mixing rates and world-wide water circulation patterns from cosmic-ray and bomb tritium. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 12, 277–296.
- Craig H., Lal L. 1961. The production rate of natural tritium. *Tellus*, XIII, 85–105.
- Faltings V., Harbeck P. 1950. Der Tritiumgehalt der Atmosphäre. *Z. Naturforschg*, 5a, 438–439.
- Grosse A.V., Johnston W.M., Wolfgang R. L. et al. 1951. Tritium in Nature. *Science*, 113, 1–2.
- Kaufman, S., Libby, W. F. 1954. The natural distribution of tritium. *Phys. Rev.*, 93, 1337–44.
- Krauss W., Fahrback E., Aitsam A. et al. 1987. The North Atlantic Current and its associated eddy field southeast of Flemish Cap. *Deep-Sea Research*, 34, 1163–1185.
- Rahmstorf S., Box J. E., Feulner G. et al. Exceptional twentieth-century slowdown in Atlantic Ocean overturning circulation. *Nature Climate Change*, 5 (5), 475–480.

## **EUALGAE – EUROPOS DUMBLIŲ BIOPRODUKTŲ TYRIMŲ TINKLAS ([HTTP://EUALGAE.EU/](http://EUALGAE.EU/))**

**Renata Pilkaitytė<sup>1,2</sup>, Judita Koreivienė<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Gamtos mokslų katedra, Klaipėda, <sup>2</sup>Klaipėdos universiteto Jūros mokslų atviros prieigos centras, Klaipėda, <sup>3</sup>Gamtos tyrimų centro Botanikos instituto Algologijos ir mikroorganizmų ekologijos laboratorija, Vilnius  
*renata.pilkaityte@apc.ku.lt*

Pastaruosius šimtmečius iškastinis kuras tenkino žmonijos energetinius ir cheminius poreikius, tačiau jo išteklių sparčiai senka, o naftos ir chemijos pramonė neigiamai veikia aplinkos kokybę ir žmogaus sveikatą. Pastaraisiais dešimtmečiais biomasė pripažinta perspektyviu atsinaujinančiu energetiniu šaltiniu ir gali tapti bioekonomikos plėtojimo pagrindu ateityje. Visgi, sparčiai augant žmonių populiacijai, ariamos žemės, gėlo vandens ir maisto trūkumas riboja šios žaliavos platų naudojimą. Iš dumblių taip pat galima gauti energetiškai vertingą biomasę, tačiau jai užauginti naudojamos netinkamas žemdirbystei teritorijos, jūrinis vanduo ar gamybinės atliekos (nuotekos, išmetamosios dujos) ir taip tausojami gyvybiškai svarbūs žmogui resursai. Taip pat dumbliai turtingi vertingais bioproduktais, pavyzdžiui polinesočiosiomis riebiosiomis rūgštimis, baltymais, pigmentais, antioksidantais, kurių panaudojimo galimybės šiuo metu dar menkai išnaudotos.

EUALgae (European Network for Algal-Bioproducts) yra mokslo ir technologijų tinklas finansuojamas Europinės COST programos (Nr. ES1408), kuris siekia suburti Europos mokslininkus tiriančius dumblius skirtingais aspektais į vientisą sistemą. Ši COST veikla siekia ne tik skatinti bendradarbiavimą tarp skirtingų mokslo grupių, tačiau įtraukia verslo ir pramonės struktūras tolesniam sėkmingam dumbliais paremtos ekologiškos bioekonomikos plėtojimui Europoje. EUALgae mokslinė platforma siekia sukurti sinergistinį požiūrį į biodegalų ir kitų cheminių produktų panaudojimą iš mikrodumblių biomasės.

EUALgae projektą sudaro penkios darbo grupės. Pirmosios darbo grupės tikslas – optimizuoti dumblių auginimą atvirose sistemose ir fotobioreaktoriuose, t. y. tobulinti reaktorių technologinius sprendimus, tirti skirtingų mitybinių terpių (sintetinių terpių, nutekamųjų vandenų ir kt.) ir auginimo sąlygų įtaką dumblių biomasės kaupimuisi ir išeigai, spręsti kultūros užsikrėtimo kitais mikroorganizmais problemas. Antrosios darbo grupės užduotis yra plėtoti inovatyvius mikrodumblių biomasės surinkimo ir ląstelių

suardymo metodus siekiu efektyviai išskirti skirtingus bioproduktus iš sukauptos dumblių biomasės. Trečiojoje grupėje dirbama su skirtingų aukštos vertės bioproduktų (polinesočiųjų riebiųjų rūgščių, antioksidantų, pigmentų ir kt.) išskyrimo metodais, siekiant iš dumblių biomasės gauti kuo daugiau vertingų bioproduktų. Ketvirtojoje darbo grupėje dalyvaujantys mokslininkai analizuoja kaip efektyviai panaudoti visą mikrodumblių biomasę ar likusias nuo aukštos vertės bioproduktų išskyrimo medžiagas žemos ekonominės ar pridėtinės vertės bioproduktų gavyboje, t. y. tokiu būdu siekiama optimizuoti visą dumblių biomasės efektyvaus panaudojimo ciklą ir plėtoti beatliekinę gamybą. Penktosios darbo grupės užduotis – atlikti dumblių biomasės auginimo, surinkimo, bioproduktų išskyrimo Gyvavimo Ciklo Analizę (*angl.* Life Cycle Analysis) kas yra itin reikšmingas etapas bet kokio produkto komercializavimui. Šiame tyrime bus vertinamas energetinių ir žmogiškųjų išteklių kaštai, poveikis aplinkai, bei gaunama ekonominė ir ekologinė nauda.

EUAlgae projekto veiklos koordinatoriai yra IMDEA Energy (Tvarios energijos vystymo mokslinis institutas), Mostoles (Madridas), Ispanija. 2015–2017 m. sukurtame tinkle dalyvauja mokslininkai iš 27 Europos šalių (1 pav.), 51 institucijos, o taip pat atstovai iš N. Zelandijos, JAV, Meksikos ir Ekvadoro. Be mokslininkų pasitarimuose kviečiami dalyvauti ir įvairių įmonių atstovai iš įvairių šalių.



1 pav. Europos šalys, įsitraukusios į EUAlgae projektą.

## VERTIKALŪS VANDENS TEMPERATŪROS, DRUSKINGUMO IR DEGUONIES REŽIMO POKYČIAI CENTRINĖJE BALTIJOS JŪROJE

**Viktorija Rukšėnienė, Inga Dailidienė, Loreta Kelpšaitė-Rimkienė**

Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Gamtos mokslų katedra, Klaipėda

*viktorija.rukseniene@gmail.com*

**Įvadas.** Klimato kaitos tyrimuose vis dažniau yra kalbama apie negrįžtamus režimo pokyčius ir jų galimą poveikį jūrų ekosistemoms (Wernberg et al., 2016). Pirmieji Baltijos jūros vandens fizikinių parametru matavimai buvo pradėti vykdyti 19 a. pradžioje visose devyniose Baltijos šalyse (Fonselius et al., 2003). Bendros vandens temperatūros, druskingumo, deguonies ilgametės kitimo tendencijos yra žinomos (Leppäranta et al., 2009), tačiau Baltijos jūros atsakas į klimato kaitą skirtinguose jos regionuose gali reikšmingai skirtis tiek laike, tiek erdvėje savo intensyvumu (Stigebrandt et al., 2003). Šio darbo tikslas yra nustatyti Centrinėje Baltijos jūros dalyje pagrindinių vandens fizikinių parametru (temperatūros (T), druskingumo (S) ir deguonies (O<sub>2</sub>)) daugiametę variaciją, atsižvelgiant į klimato kaitos pokyčius 1970–2016 metais.

**Metodai.** Šiam tikslui buvo naudojami daugiamečiai (1970–2016 m.) vandens temperatūros, druskingumo ir deguonies duomenys iš 46-os Lietuvos Baltijos jūros monitoringo stoties. Analizė buvo atlikta remiantis 1 m, 30 m, 50 m, 80 m, 100 m ir 119 m gylių duomenimis. Reikšmingi vidutiniai metiniai parametru pokyčiai buvo vertinti naudojant SRSD (Sequential Regime Shift Detector) metodą. Šis metodas (Rodionov, 2004) padeda nustatyti režimo lūžio ribas ir remiasi nuosekliu Studento t-testu, leidžiančiu nustatyti, ar kita reikšmė statistiškai ( $p < 0,05$ ) skiriasi nuo prieš tai buvusio režimo.

**Rezultatai.** Lietuvos Baltijos jūros akvatorijos vakarinė dalis yra priskiriama Centrinės Baltijos rajonui, kuriam būdinga dvisluoksnė vandens struktūra, kurią nusako vandens druskingumo ir temperatūros skirtumai. Gerai permaišomas jūros paviršiaus viršutinis sluoksnis ir giluminis sluoksnis, kuris atskirtas nuo viršutinio haloklinu (šuolišku vandens druskingumo pasikeitimu) ir termoklinu (šuolišku temperatūros pasikeitimu). Termoklino ir haloklino sluoksnių gylis keičiasi priklausomai nuo meteorologinių sąlygų ir sezonams būdingo hidrologinio režimo.

Nagrinėjant vandens temperatūrą buvo pastebėta, kad paviršiniame (1 m) vandens sluoksnyje 1988 m. įvyko teigiamas statistiškai reikšmingas vandens temperatūros pokytis  $\Delta T = 0,92$  °C. 1988 m. vandens temperatūros statistiškai

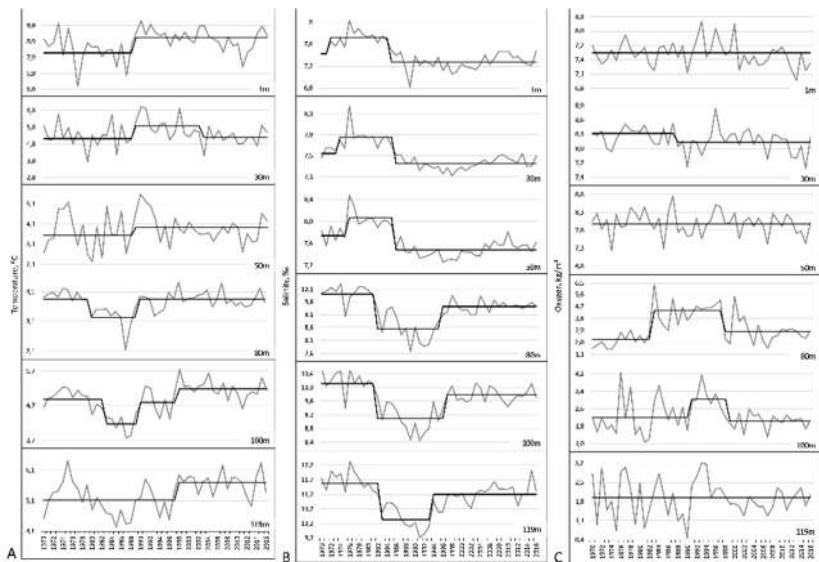
reikšmingas padidėjimas pastebėtas 30 m bei 50 m vandens sluoksniuose:  $\Delta T$  atitinkamai 0,8 ir 0,41 °C. Tačiau dar 30 m gylyje 2003 metais pastebėtas ir vandens temperatūros sumažėjimas 0,73 °C. Kituose gilesniuose vandens sluoksniuose 80 m ir 100 m statistiškai reikšmingas temperatūros sumažėjimas pastebėtas apie 1982/1983 m.,  $\Delta T$  atitinkamai yra 0,62 °C, 0,71 °C. Pažymėtina, jog šiuose gyliuose 1990 m. vandens temperatūra statistiškai reikšmingai padidėjo,  $\Delta T$  atitinkamai 0,61 ir 0,64 °C. Vandens temperatūros padidėjimas taip pat pastebėtas 1998 m. tiek 100 m gylyje apie 0,39 °C, tiek priedugnyje (~119 m) apie 0,56 °C.

Viršutiniame sluoksnyje (1 m, 30 m, 50 m gyliuose) apie 1972/1974/1976 metus pastebėtas statistiškai reikšmingas druskingumo padidėjimas ( $\Delta S$  atitinkamai 0,30 ‰, 0,31 ‰, 0,33 ‰), o 1985/1986 metais šiuose gyliuose druskingumas mažėjo atitinkamai –  $\Delta S$  atitinkamai 0,45 ‰, 0,5 ‰, 0,59 ‰. Giluminiame sluoksnyje (80 m, 100 m, 119 m gyliuose) druskingumo sumažėjimas vyko 1982/1983 metais ( $\Delta S$  atitinkamai 1,35 ‰, 1,03 ‰, 1,25 ‰), tačiau nežymus padidėjimas stebėtas 1994/1996/1997 metais ( $\Delta S$  atitinkamai 0,87 ‰, 0,7 ‰, 0,87 ‰). Staigūs pokyčiai susiję su pagrindine Šiaurės jūros vandens prietaka 1993 m. po ilgo stagnacijos laikotarpio (Matthäus, 2006, Mohrholz et al., 2015).

Lietuvos jūros akvatorijoje iki 60 m gylio vanduo yra nuolat maišomas (III-oji tarpinė ataskaita, 2012) ir todėl yra prisotintas deguonies (svyruoja nuo 4 ml/l iki 11,75 ml/l). 1988 metais vandens gyliuose 5 m, 15 m, 30 m, 40 m pastebėtas 0,17–0,19 ml/l statistiškai reikšmingas deguonies sumažėjimas. Kituose vandens horizontuose (1 m, 10 m, 20 m, 50 m) deguonies pokyčio  $\Delta O_2$  nepastebėta. 1986 metais 60 m gylyje deguonies kiekis padidėjo:  $\Delta O_2=0,9$  ml/l. Daugiau nei dvigubai didesnis deguonies padidėjimas ( $\Delta O_2=2,14$  ml/l) pastebėtas ir 80 m gylyje, tačiau trimis metais anksčiau 1983 m. O daugiau nei po dešimtmečio 1998 m. – deguonies kiekis sumažėjo 1,6 ml/l. 100 m vandens gylyje, kaip ir 80 m, pastebėtas deguonies kiekio padidėjimas (1991 m. –  $\Delta O_2 = 0,85$  ml/l) ir sumažėjimas (1999 m. –  $\Delta O_2 = 1,02$  ml/l). Pačiame priedugnio (~119 m) jūros vandens gylyje statistiškai reikšmingo deguonies kiekio pokyčio nepastebėta, deguonies kiekis tokiam gylyje yra nedidelis ir dažniausiai svyruoja nuo 0,4 ml/l iki 3,2 ml/l.

**Rezultatų aptarimas ir išvados.** Per visą Baltijos jūros tyrimų laikotarpį intensyviausi fizinių parametrų pokyčiai, buvo pastebėti per paskutinius praėjo amžiaus du dešimtmečius (Alheit et al., 2005, Dailidienė et al., 2012, Dippner et al., 2012). Apibendrinant, Centrinėje Baltijos jūroje daugiau nei pusės amžiaus (46 metų) laikotarpyje nuo 1970 metų iki 2016 metų didžiausi

režimo pokyčiai stebėti vandens temperatūros kaitoje (1 pav.), lyginant su deguonies ir druskingumo kaita.



1 pav. Temperatūros (A), druskingumo (B) ir deguonies (C) vertikalūs pasiskirstymai 1970–2016 metais.

Druskingumo kaita ir deguonies pasiskirstymas jūros Gilesniuose ir priedugniniuose sluoksniuose labiau siejamas su atmosferos cirkuliacijos pokyčiais, meteorologinėmis sąlygomis (Dailidienė et al., 2008), lemiančiomis Šiaurės jūros vandenų stipresnius įtekėjimus į Baltijos jūrą ir stagnacinius laikotarpius.

## Literatūra

- Alheit J., Möllmann C., Dutz J. et al. 2005. Synchronous ecological regime shifts in the central Baltic and the North Sea in the late 1980s. *ICES Journal of Marine Science*, 62, 1205–1215.
- Dailidienė I., Davulienė L. 2008. Salinity trend and variation in the Baltic Sea near the Lithuanian coast and in the Curonian Lagoon in 1984–2005. *Journal of Marine Systems*, 74, 20–29.
- Dailidienė I., Davulienė L., Kelpšaitė L., Razinkovas A. 2012. Analysis of the Climate Change in Lithuanian Coastal Areas of the Baltic Sea. *Journal of Coastal Research*, 28 (3), 557–569.
- Dippner J. W., Möller C., Hänninen J. 2012. Regime shifts in North Sea and Baltic Sea: A comparison. *Journal of Marine Systems*, 105–108, 115–122.
- Fonselius S., Valderrama J. 2003. One hundred years of hydrographic measurements in the Baltic Sea. *Journal of Sea Research*, 49, 229–241.
- Leppäranta M., Myrberg K. 2009. *Physical Oceanography of the Baltic Sea*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

- Lietuvos Baltijos jūros aplinkos apsaugos valdymo stiprinimo dokumentų parengimas. III-oji tarpinė ataskaita. 2012. Klaipėda.
- Matthäus W. 2006. The history of investigation of salt water inflows into the Baltic Sea – from the early beginning to recent results. *Marine Science Report*, 65, 73 pp.
- Mohrholz V., Naumann M., Nausch G. et al. 2015. Fresh oxygen for the Baltic Sea – An exceptional saline inflow after a decade of stagnation. *Journal of Marine Systems*, 148, 152–166.
- Rodionov S. N. 2004. A sequential algorithm for testing climate regime shifts. *Geophysical Research Letters*, 31.
- Stigebrandt A., Gustafsson B. G. 2003. Response of the Baltic Sea to climate change—theory and observations. *Journal of Sea Research*, 49, 243–256.
- Wernberg T., Bennett S., Babcock R.C. et al. 2016. Climate-driven regime shift of a temperate marine ecosystem. *Science*, 353 (6295), 169–172.

## SVEIKATOS STEBĖJIMO SISTEMA ANKSTYVAM ŠIRDIES IR KRAUJAGYSLIŲ LIGŲ DIAGNOZAVIMUI

**Linus Silkauskas, Violeta Bulbenkienė**

Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto  
Informatikos ir statistikos katedra, Klaipėda  
*linas5x@gmail.com*

**Anotacija.** Darbe nagrinėjama sveikatos stebėjimo sistema ankstyvam širdies ir kraujagyslių ligų diagnozavimui. Sukurta mobilioji programa naudojant Android Studio integruotą kūrimo aplinką ir internetinė paslauga debesų kompiuterijos infrastruktūroje naudojant REST (*angl.* Representational State Transfer) architektūrinį stilių. Jutikliu fiksuojami asmens sveikatos parametrai perduodami į mobilųjį telefoną, o iš jo į debesų serverį. Medicinos personalui internetiniame puslapyje pateikiama paciento parametrų fiksavimo suvestinė. Medikų išvados siunčiamos pacientui.

**Pagrindiniai žodžiai.** Debesų kompiuterija, bevielė komunikacija, medicininiai jutikliai, nuotolinė sveikatos stebėseną, parametrų fiksavimas.

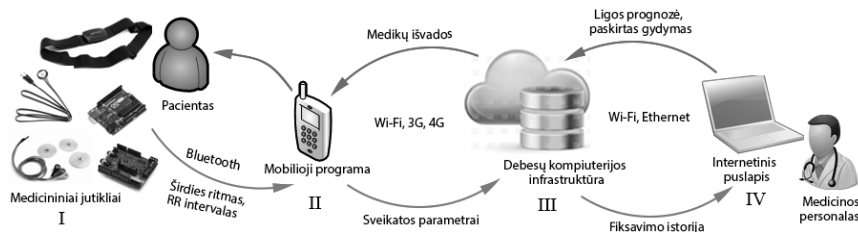
**Įvadas.** Širdies ir kraujagyslių ligos yra viena iš pagrindinių mirties priežasčių Europos šalyse. Daugumos šių ligų galima išvengti laiku imantis reikalingų priemonių. Nuolatinis sveikatos stebėjimas ypač svarbus diagnozuojant ir gydant šias ligas. Užfiksuoti su sveikata susiję parametrai svarbūs gydytojams ir kitiems medicinos specialistams skiriant asmeniui reikiamą gydymą. Didėjant bevielių ir nešiojamų medicininių prietaisų ir jutiklių skaičiui atsiranda galimybė sukurti mobilias širdies ir kraujagyslių ligų monitoringo sistemas.

Sveikatos priežiūros sistemose viena iš pagrindinių problemų yra skirtingų tiekėjų programinių bibliotekų, technologijų, medicininių jutiklių integravimas į vieną bendrą sistemą. Šio darbo tikslas apjungti e-Health jutiklių platformą, Zephyr HxM BT juosmens diržą, SEN-11574 pulso jutiklį, Android operacinę sistemą (OS), REST architektūrinį stilių, internetines technologijas (PHP, Apache HTTP, MySQL) į vieną bendrą sistemą. Darbe pateikta nuotolinė sveikatos stebėjimo sistema su grįžtamuju ryšiu apimanti tokias funkcijas: asmens sveikatos parametrų fiksavimas medicininiais jutikliais, bevieliu ryšiu duomenų siuntimas į mobilųjį įrenginį ir debesų serverį, buvimo vietos koordinacių nustatymas esant ekstriniam atvejui, suinteresuotų asmenų informavimas SMS žinute ir elektroniniu laišku apie sveikatos parametrų nukrypimus, apdorotos informacijos atvaizdavimas internetiniame puslapyje.



**Sveikatos stebėjimo sistemos.** Siekiant gerinti žmonių gyvenimo kokybę, kuriamos įvairios sveikatos stebėjimo sistemos. Viena iš jų tai tinklo architektūra, kuri pagrįsta bevieliais ant tiriamojo kūno paviršiaus dedamais jutiklių tinklais (WBAN) ir debesų kompiuterija (Hassan et al., 2017). Taip pat yra sukurta mobili tinklo sąsaja, kuri pagrįsta daiktų internetu (IoT). Renkama informacija apie asmens buvimo vietą, širdies ritmą ir aktyvumą, kuri siunčiama į mobilųjį įrenginį. (Santos et al., 2016). Norint gydytojams palengvinti širdies ir kraujagyslių ligų diagnozavimą yra sukurta nuotolinė mobilioji paciento sveikatos būklės stebėjimo sistema – TeleCARE (Szydło et al., 2016). Panaudojant neraiškųjų neuroninio tinklo reguliatorių yra sukurta širdies ritmo reguliavimo sistema treniruočių ir mankštos metu (Lu et al., 2016).

**Sistemos principinė schema.** Sukurta nuotolinė sveikatos stebėjimo sistema su grįžtamoju ryšiu, kurią sudaro keturios pagrindinės dalys (1 pav.). Medicininiais jutikliais fiksuojami sveikatos, judėjimo parametrai (I). Užfiksuoti parametrai iš mobiliosios programos (II) siunčiami į debesų serverį (III). Medicinos personalui internetiniame puslapyje (IV) pateikiama fiksavimo suvestinė. Medikų išvados, nurodymai siunčiami pacientui.

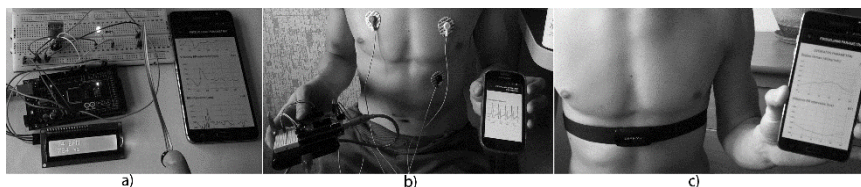


1 pav. Nuotolinė sveikatos stebėjimo sistema su grįžtamoju ryšiu.

**Sveikatos parametrų fiksavimas medicininiais jutikliais.** Pateiktoje sistemoje asmens širdies ritmas ir laiko intervalas tarp dūžių (RR) fiksuojamas naudojant tris jutiklius (2 pav.): SEN-11574 pulso jutiklį (a), e-Health jutiklių platformą (b), Zephyr juosmens diržą (c). Jutikliniai duomenys perduodami į mobilųjį telefoną. Prie e-Health platformos prijungtas elektrokardiogramos (EKG) jutiklis, kurį sudaro trys elektrodai. Užfiksuotas EKG signalas perduodamas į e-Health platformą, o iš jos į Arduino Uno valdiklių plokštę. Iš signalo nustatomas asmens širdies ritmas ir RR. Sveikatos parametrai iš Arduino perduodami į HC-06 Bluetooth modulį, o iš jo į mobilųjį telefoną.

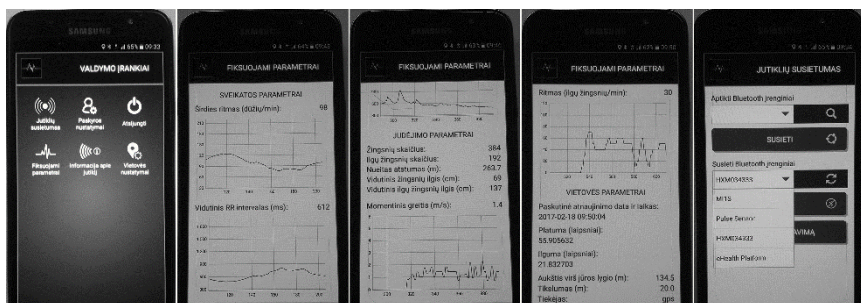
Juosmens diržu fiksuojami asmens sveikatos (širdies ritmas, RR intervalas) ir judėjimo (žingsnių skaičius, nueitas atstumas, momentinis greitis, ritmas – žingsnių/min) parametrai. Dirže integruotas Bluetooth modulis, kuris

duomenis perduoda į mobilųjį telefoną. Jame įdiegta sukurta mobilioji programa, kurioje atvaizduojami užfiksuoti sveikatos parametrai.



2 pav. Širdies ritmo fiksavimas pulso jutikliu (a), e-Health platforma (b) ir Zephyr juosmens diržu (c).

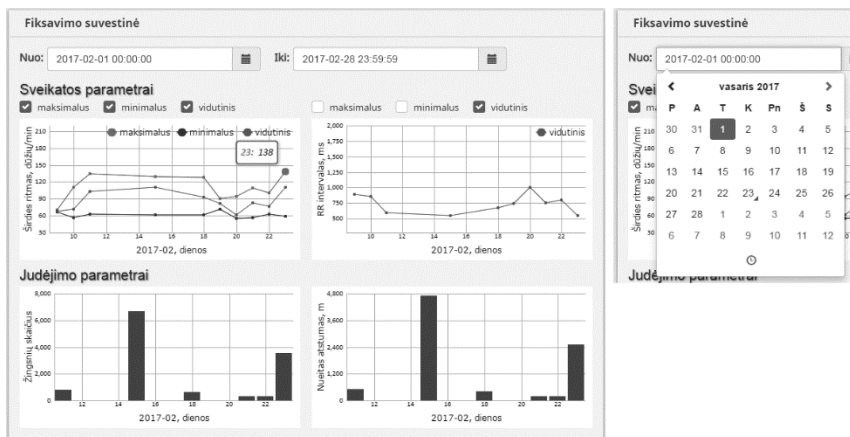
**Užfiksuotų parametų atvaizdavimas mobiliojoje programoje.** Pateiktoje sistemoje medicininiai jutikliais užfiksuoti parametrai Bluetooth ryšiu perduodami į mobilųjį įrenginį su Android OS. Jame įdiegta sukurta mobilioji programa (3 pav.). Naudojant GPS nustatomos buvimo vietos koordinatės (platumą, ilgumą). Mobiliojoje programoje taip pat tikrinama ar užfiksuotas širdies ritmas neperžengia leistinos ribos. Esant nukrypimams SMS žinute ir elektroniniu laišku informuojami suinteresuoti asmenys. Žinutėje pateikiamas internetinio puslapio adresas peržiūrėti fiksuojamus parametrus.



3 pav. Užfiksuotų parametų atvaizdavimas mobiliojoje programoje.

**Užklausų siuntimas į debesų serverį, duomenų apdorojimas.** Užfiksuoti sveikatos, judėjimo ir vietovės parametrai Wi-Fi arba mobiliuoju interneto ryšiu siunčiami į debesų serverį. Komunikacijos kūrimui panaudotas REST architektūrinis stilius. Vartotojo užklausos, debesų serverio atsakas siunčiami HTTP (*angl.* HyperText Transfer Protocol) protokolu naudojant POST metodą. Duomenų objektai perduodami JSON formatu. Debesų serveryje surinkti parametrai išsaugomi MySQL 5.7 duomenų bazėje.

Informacija apdorojama ir internetiniame puslapyje pateikiama fiksavimo suvestinė (4 pav.).



4 pav. Fiksavimo suvestinė.

Sukurta sistema įdiegta OVH.com debesų kompiuterijos infrastruktūroje. Internetinės paslaugos kūrimui panaudota PHP 7.1 programavimo kalba ir Silex 2 karkasas (*angl.* framework).

**Internetinis puslapis fiksuojamų parametru atvaizdavimui.** Sukurtas internetinis puslapis, kuriame atvaizduojami sveikatos, judėjimo ir vietovės parametrai užfiksuoti tam tikru laiko momentu (5 pav.).



5 pav. Internetinis puslapis fiksuojamų parametru atvaizdavimui.

Panaudota AJAX technologija atnaujinant puslapio turinį jo neperkraunant. Buvimo vieta atvaizduojama žemėlapyje naudojant Google Maps API. Puslapio grafinės sąsajos kūrimui panaudota JavaScript programavimo kalba bei Bootstrap 3, jQuery 3 bibliotekos.

**Išvados.** Suprojektuota ir sukurta nuotolinė sveikatos stebėjimo sistema su grįžtamuju ryšiu, kuri leidžia medikams stebėti pacientų širdies ir kraujagyslių veiklą. Paciento sveikatos, judėjimo parametrų fiksavimui panaudoti trys medicininiai jutikliai. Užfiksuoti parametrai saugomi debesų serveryje. Esant sveikatos parametrų nukrypimams nuo leistinų ribų informuojamas medicinos personalas. Internetiniame puslapyje pateikiama fiksavimo suvestinė. Medikų išvados, rekomendacijos, gydymas siunčiami atgal pacientui.

### **Literatūra**

- Hassan M. M., Lin K., Yue X. et al. 2017. A multimedia healthcare data sharing approach through cloud-based body area network. *Future Generation Computer Systems*, Vol. 66, 48–58.
- Lu C. H., Wang W. C., Tai C. C. et al. 2016. Design of a heart rate controller for treadmill exercise using a recurrent fuzzy neural network. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, Vol. 128, 27–39.
- Santos J., Rodrigues J., Denisov V. et al. 2016. An IoT-based Mobile Gateway for Intelligent Personal Assistants on Mobile Health Environments. *Journal of Network and Computer Applications*, Vol. 71, 194–204.
- Szydło T., Konieczny M. 2016. Mobile and wearable devices in an open and universal system for remote patient monitoring. *Microprocessors and Microsystems*, Vol. 46, 44–54.

## **MQTT PROTOKOLO PANAUDOJIMAS NUOTOLINĖJE REKUPERATORIAUS VALDYMO SISTEMOJE**

**Tomas Silkinis, Violeta Bulbenkienė, Evaldas Narmontas,  
Julius Venckus**

Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto  
Informatikos ir statistikos katedra, Klaipėda  
*nobless94@gmail.com*

**Anotacija.** Darbe pateikiama sukurta nebrangi ir praktiška rekuperatoriaus valdymo ir duomenų rinkimo sistema. Ji pagrįsta Wi-Fi ryšiu ir naudoja Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) protokolą, kuris ženkliai sumažina persiunčiamų duomenų paketų dydį, lyginant su Hypertext Transfer Protocol (HTTP) protokolu. Taip sutaupomas išsiųstų/gautų duomenų paketų dydis, kuris gali būti iki 100 kartų mažesnis, ko pasekoje suvartojama mažiau elektros energijos, greičiau išsiunčiami duomenys bei pateikiami vartotojui.

**Įvadas.** Pastaruoju metu vis populiarėjančiuose pasyviuose namuose yra aktuali vėdinimo sistema, kadangi nėra pakankamai natūralios oro cirkuliacijos. Todėl yra naudojamos specialios vėdinimo sistemos – rekuperatoriai, kurie tiekia šviežią orą namams ir padeda išvengti šilumos nuostolių. Sparčiu žingsniu tobulėjant technologijoms tokią sistemą valdyti aktualu ne tik esant namie, bet ir nuotoliniu būdu (Barata et al., 2013).

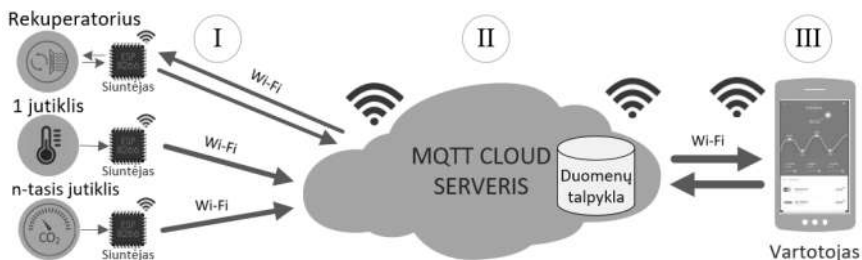
Esantys rinkoje rekuperatoriai naudoja jau seniai sukurtą HTTP duomenų perdavimo protokolą bendravimui su mikrovaldikliais. Šis protokolas vartoja nuo 80 iki 100 kartų didesnę duomenų paketų dydį perduodant duomenis ar valdymo komandas, lyginant su MQTT protokolu (Stephendnicholas.com).

MQTT protokolas vis dažniau yra taikomas medicinoje ir ypač pacientų stebėjimui skirtuose prietaisuose (pvz.: laikrodžiuose, apyrankėse) dėl savo akivaizdžių pranašumų (Barata et al., 2013). Fiksuojant įvairius parametrus ir juos siekiant perduoti vartotojui, bei pateikiant ataskaitas realiu laiku, tenka perduoti didelį duomenų srautą (Amaran et al., 2015). Todėl aktualu sukurti efektyvesnę sistemą jutiklių parodymų duomenims vartotojui perduoti bei rekuperatoriams valdyti panaudojant MQTT protokolą.

**Valdymo sistema.** Siūloma belaidė rekuperatoriaus valdymo ir duomenų rinkimo sistema (1 pav.), paremta namų bevielio ryšio infrastruktūra. Šią sistemą sudaro trys dalys: duomenų siuntimo ir gavimo modulis (I), priėmimo ir saugojimo modulis (II) bei vizualizacijos telefone modulis (III).

Šioje valdymo sistemoje (I) panaudoti mikrovaldikliai ESP8266 su integruotais belaidžio ryšio moduliais prijungti prie kiekvieno jutiklio bei

rekuperatoriaus. Sistemoje esantys temperatūros, drėgmės, judesių aptikimo bei kiti jutikliai yra bevieliai.



1 pav. Rekuperatoriaus valdymo ir duomenų rinkimo sistema.

Šioje sistemoje yra atnaujintas duomenų siuntimo į debesies serverį metodas bei būdas, kaip duomenys perduodami vartotojui, ženkliai sumažinant siunčiamų duomenų dydį. Duomenims perduoti tarp klientų (rekuperatoriaus bei jutiklių) ir debesų serverio naudojamas MQTT protokolai. Tai ventiliacijos sistemą daro efektyvesnę ir funkcionesnę. Vienas iš daugelio MQTT pranašumų: serveris nuolatos yra prisijungęs prie kliento ([www.mqtt.org](http://www.mqtt.org)). Dėl šios priežasties klientas yra aptinkamas greičiau, kai serverio ryšys su klientu yra prarastas (ir atvirkščiai), nereikia laukti ilgos TCP/IP pertraukos. Kad tai būtų įgyvendinta MQTT klientas ir serveris apsiukeičia trumpais ryšio palaikymo pranešimais, kad ryšys nenutrūktų. Siunčiamų bei gaunamų duomenų paketų HTTP ir MQTT protokolais palyginimas pateikiamas 1 lentelėje.

1 lentelė

HTTP ir MQTT duomenų paketų siuntimo bei gavimo palyginimas  
([stephendnicholas.com](http://stephendnicholas.com))

	Duomenų paketų gavimas ( 1024 pranešimai po 1 baitą )				Duomenų paketų siuntimas ( 1024 pranešimai po 1 baitą )				
	3G		Wifi		3G		Wifi		
	HTTPS	MQTT	HTTPS	MQTT	HTTPS	MQTT	HTTPS	MQTT	
% energijos suvartojimas per valandą	18.79%	17.80%	5.44%	3.66%	% energijos suvartojimas per valandą	18.43%	16.13%	3.45%	4.23%
Gaunamas pranešimų skaičius per valandą	1926	21685	5229	23184	Siunčiamų pranešimų skaičius per valandą	1708	160278	3628	263314
% energijos suvartojimas vienam pranešimui	0.00975	0.00082	0.00104	0.00016	% energijos suvartojimas vienam pranešimui	0.01709	0.00010	0.00095	0.00002
					Gauti pranešimai	240 / 1024	1024 / 1024	524 / 1024	1024 / 1024

Naudojant MQTT protokolą mobiliajame įrenginyje, pastebima, kad baterijos energijos suvartojimas akivaizdžiai yra mažesnis nei su HTTP

protokolu (1 lentelė). Šis protokolas turi ir kitų privalumų: užtikrintas duomenų paketo pristatymas; pamesto pranešimo, pakartotinis siuntimas.

**Debesų serveris.** Debesų serveryje (II) naudojamas “Mosquitto” brokeris. Jis veikia kaip tarpininkas duomenims persiūsti tarp vartotojo bei nutolusios sistemos, kuri įdiegta namuose. Serveris taip pat atsakingas ir už tai, kas yra siunčiama vartotojui, priklausomai nuo to, ką vartotojas pasirinko matyti savo išmaniajame telefone. Duomenys yra gaunami bei siunčiami JSON formatu, viskas yra saugoma duomenų saugykloje ir yra formuojamos ataskaitos vartotojui, kurios išsiunčiamos, kai vartotojas jas nori peržiūrėti (2 pav.).



2 pav. Duomenų srauto judėjimas.

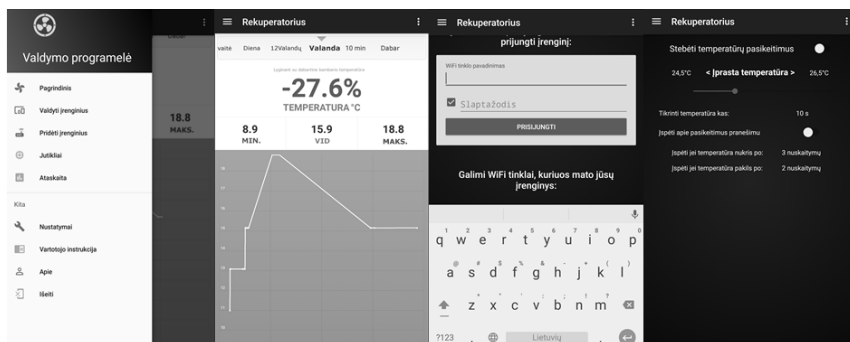
MQTT veikia skelbimo ir prenumeravimo principu, jeigu klientas sutinka su leidėjo brokeriui paskelbta tema. Kad įvyktų komunikacija, pirmiausia leidėjas turi prisijungti prie tarpinio serverio (brokerio). Skirtingai nei HTTP, čia vartotojas neturi nuolatos siųsti užklausų dėl jam reikiamos informacijos. Kadangi MQTT brokeris siunčia informaciją vartotojui, tuo atveju, kai yra naujų duomenų. Kiekvienas MQTT klientas turi nuolat atvirą TCP ryšį su brokeriu. Jei šis ryšys yra nutraukiamas, MQTT brokeris gali laukti kliento, kol vėl bus pasiekiamas, ir tik tada išsiųs visus pranešimus.

Po sėkmingo prisijungimo, mikrovaldiklis yra prieregistruojamas prie tarpinio serverio. Registracija vyksta tik vieną kartą, ir po sėkmingos registracijos išsiunčiama tema ir duomenų pranešimas į tarpinį serverį. Sesijos pabaigoje į tarpinį serverį nusiunčiamas atsijungimo paketas. Jei tarpinis serveris negauna jokių duomenų ar atsijungimo paketo, mikrovaldiklis atsakingas už jutiklių duomenis bus laikomas atsijungusiu po tam tikro nustatyto laiko. Vėlesnis prisijungimas reikalaus tik prisijungimo paketo ir duomenų pranešimo, kuris bus siunčiamas į serverį.

Kai tik gaunami duomenys iš tam tikro jutiklio, yra iš karto siunčiami į tarpinį serverį. Debesų serveryje visi duomenys suskirstomi pagal tam tikrą temą ir tarpinio serverio pagalba yra nusiunčiami vartotojui į Android programą, priklausomai nuo to ką vartotojas nori matyti.

**Android aplikacija.** Sukurta aplikacija (3 pav.) yra skirta išmaniesiems telefonams ir planšetiniams kompiuteriams, kurie naudoja „Android“ operacinę sistemą.

Programa skirta nuotoliniam sistemos valdymui (III), kuri bevieliu būdu gauna informaciją iš namie esančių jutiklių. Ji leidžia matyti kiekvieno jutiklio individualius parodymus, ir pagal šiuos duomenis yra formuojama ataskaita realiu laiku. Pagal tai vartotojas gali koreguoti rekuperatoriaus darbą, siųsdamas valdymo komandas serveriui.



3 pav. Android aplikacijos vizualizacija.

Kuriant aplikaciją buvo naudojama Android Studio (AS) oficiali integruota „Android“ kūrimo aplinka. Ji parašyta „Java“ programavimo kalba. Ši aplikacija turi atlikti dvi pagrindines funkcijas, viena jų yra gauti jutiklių duomenis iš debesų serverio bei suformuoti ataskaitą vartotojui, kita išsiųsti valdymo komandas nutolusiai sistemai (rekuperatoriui) naudojant MQTT technologiją. Valdymo komandas priima mikrovaldiklis ESP8266 iš tarpinio serverio ir atitinkamai valdo rekuperatoriaus darbą.

**Išvados.** Sistemoje duomenims perduoti panaudotas MQTT protokolas leidžia efektyviau perduoti duomenis, ženkliai sumažinti tinklo resursų vartojimą, kadangi siunčiamos antraštės yra kur kas mažesnio dydžio, taip duomenys klientą pasiekia daug greičiau. Tai puikiai tinka nuotoliniam stebėjimui bei valdymui. Skelbimo/prenumeravimo principu veikiančiu protokolu galima išsiųsti daugiau duomenų tuo pačiu duomenų paketu, nei užklaudas naudojančiu HTTP protokolu.

Pasiūlyta rekuperatoriaus valdymo ir duomenų rinkimo sistema yra pajėgi įvertinti, perduoti ir gauti duomenis realiu laiku. Mažas energijos suvartojimas ir perduodamų duomenų srautas naudojant MQTT protokolą daro šią sistemą praktiška ir pigia.



## **Literatūra**

- Amaran H. M., Noh M. A. N, Rohmad S. M., Hashim H. 2015. A Comparison of Lightweight Communication Protocols in Robotic Applications. IEEE International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors, 76, 400–405, Malaysia.
- Barata D. Louzada G. Carreiro A. Damasceno A. 2013. System of acquisition, transmission, storage and visualization of Pulse Oximeter and ECG data using Android and MQTT. CENTERIS 2013, 9, 1265–1272, Coimbra.
- HTTPS Long Polling vs. MQTT. Interneto prieiga: <http://stephendnicholas.com/posts/power-profiling-mqtt-vs-https> Paskutinį kartą apsilankyta 2017-02-21.

## BENTOFAGINIŲ ŽUVŲ TROFINIAI RYŠIAI BALTIJOS JŪROS PRIEKRANTĖS SMĖLĖTO DUGNO BUVEINĖJE

Artūras Skabeikis<sup>1</sup>, Jūratė Lesutienė<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Gamtos mokslų katedra, Klaipėda, <sup>2</sup>Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų atviros prieigos centras, Klaipėda  
*askabeikis@gmail.com*

**Įvadas.** Į pietus nuo Klaipėdos esanti Baltijos jūros Lietuvos priekrantė pasižymi homogenišku smėlėtu dugnu (Olenin et al., 2004), kuriame bentofaginių žuvų tarpe dominuoja verslinę vertę turinčios upinės plekšnės ir žiobriai (Bubinas et al., 2003). Lietuvos teritoriniuose vandenyse 2002 metais ties pietiniu Klaipėdos uosto molu aptiktų invazinių juodažiočių grundalų (Zolubas, 2003) populiacija per dešimtmetį reikšmingai padidėjo, išplito visoje priekrantės akvatorijoje ir pradėjo veikti natūralų ekosistemų funkcionavimą (Skabeikis et al., 2015). Dėl oportunistinės mitybos strategijos grundalai greitai prisitaiko misti įvairiais aplinkoje dominuojančiais ar lengviausiai prieinamais mitybiniais objektais, ko pasekoje neigiamai paveikiamos vietinės dugno bestuburių (Poos et al., 2010) ir žuvų populiacijos (van Kessel et al., 2016).

Darbo tikslas – įvertinti vietinių bentofaginių upinių plekšnių ir žiobrių bei invazinių juodažiočių grundalų mitybos dėsningumus, mitybinių nišų persidengimo laipsnį ir poveikį zoobentos bendrijai smėlėto dugno buveinėje.

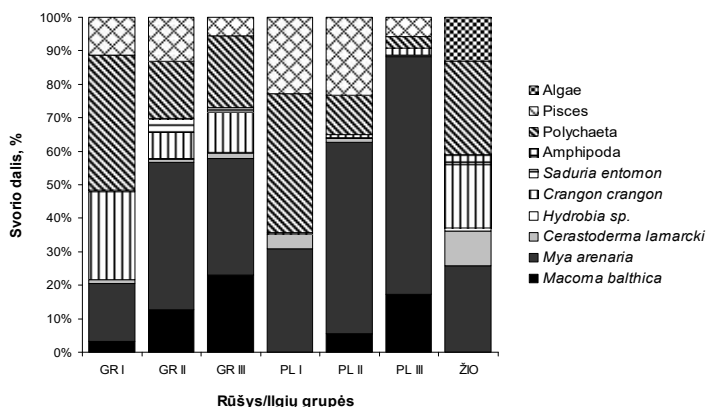
**Metodai.** Ichtiologinė medžiaga Baltijos jūros priekrantėje ties Juodkrante (55°32'37"N; 21°05'26"E) rinkta 2015 metų liepos–rugsėjo mėnesiais. Mėginiai imti 5–12 metrų gilyje, naudojant dugninius įvairiaakius (14–60 mm) statomuosius tinklaičius. Mitybos tyrimams grundalai ir plekšnės į ilgių grupes skirstyti pagal Karlson et al. (2007). Grundalai: GR I – 60–120 mm, GR II – 120–140 mm, GR III – >140 mm; plekšnės: PL I – 100–120 mm, PL II – 200–250 mm, PL III – >250 mm. Tyrimų metu sugautų žiobrių ilgiai svyravo 208–364 mm ribose, todėl išskirta viena ilgių grupė (ŽIO). Atliekant mitybinę analizę buvo išimami žuvų skrandžiai bei žarnynai, kurie vėliau sverti su turiniu ir tušti ( $\pm 0,01$  g). Skrandžių ir žarnynų turiniai analizuoti naudojant šviesinį mikroskopą, o aptikti mitybiniai objektai identifikuoti iki žemiausio įmanomo taksono, suskaičiuoti bei išmatuoti ( $\pm$ mm). Šlapias mitybinių organizmų svoris vertintas naudojant alometrines ilgių – svorių priklausomybių funkcijas (Rumohr et al., 1987). Žuvų mitybos intensyvumas nustatytas apskaičiuojant skrandžio užpildymo indeksą, o dietos sudėtis –

remiantis virškinamuosiuose traktuose rastų aukų biomasėmis. Mitybinių nišų persidengimo reikšmingumas nustatytas pagal Schoener (1970).

Vietinių dugninių žuvų ir invazinių grundalų mitybinių nišų persidengimas papildomai įvertintas taikant stabilųjų C, N ir S izotopų analizę. Mėginiai stabilųjų izotopų analizei (SIA) paimti iš tų pačių individų, kuriems buvo atlikta skrandžio turinio analizė. Paruošti 45 plekšnių ir 45 grundalų mėginiai. Išpreparuotas nugaros raumuo buvo išdžiovintas 60 °C temperatūroje, sutrintas agatinėje grūstuvėje, pasvertas 0,8–1,0 mg medžiagos kiekis C ir N analizei bei 1,5–2 mg S analizei ir patalpinamas į alavines kapsules. Svėrimui naudotos „Sartorius“ mikroanalitinės svarstyklės (±0,0002 mg). SIA atlikta Kalifornijos Daviso universiteto laboratorijoje „UC Davis Stable isotope facility“. Izotopinių nišų analizė atlikta skaičiuojant standartinių elipsių plotą naudojant SIAR paketą R aplinkoje.

Daugiametė dugninių žuvų gausumo dinamika nustatyta analizuojant 2002–2015 metais Smiltynės zonoje (56°43'34"N; 21°04'37"E) surinktus ichtiologinio monitoringo duomenis. Smėlėto dugno bestuburių biomasės dinamika priekrantėje ties Juodkrante vertinta analizuojant 2002–2015 m. JTD duomenis.

**Rezultatai.** Smulkesnių juodažiočių grundalų ir upinių plekšnių raciono pagrindą sudarė daugiašerės kirmėlės, tuo tarpu stambesni individai daugiausiai mito dvigeldžiais moliuskais *Mya arenaria* ir *Macoma balthica*. Žiobrio dieta buvo sudaryta iš apylygių moliuskų, daugiašerių kirmėlių, smėlinių krevečių (*Crangon crangon*) ir žaliadumblių proporcijų (1 pav.).



1 pav. Skirtingų dydžių bentofagių žuvų (GR – juodažiočių grundalų, PL – upinių plekšnių ir ŽIO – žiobrių) dietos sudėtis smėlėto dugno buveinėje.

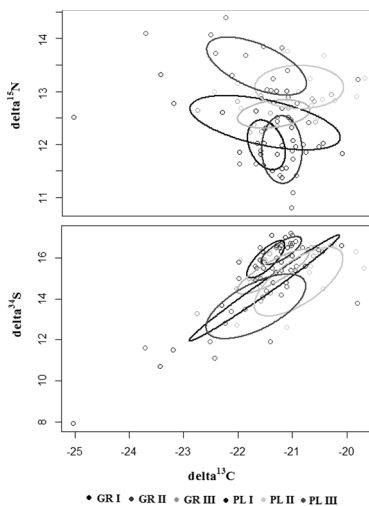
Nustatytas biologiškai reikšmingas mitybinių nišų persidengimas ( $S_k \geq 0,6$ ) tarp skirtingų dydžių juodažiočių grundalų, upinių plekšnių ir žiobrių (1 lent.).

1 lentelė

Skirtingų dydžių grundalų (GR), plekšnių (PL) ir žiobrių (ŽIO) mitybinių nišų persidengimas smėlėto dugno priekrantėje

	GR I	GR II	GR III	PL I	PL II	PL III
GR I	-					
GR II	0,58	-				
GR III	0,50	<b>0,80</b>	-			
PL I	<b>0,70</b>	<b>0,62</b>	<b>0,60</b>	-		
PL II	0,46	<b>0,82</b>	<b>0,60</b>	<b>0,67</b>	-	
PL III	0,32	<b>0,68</b>	<b>0,64</b>	0,41	<b>0,73</b>	-
ŽIO	<b>0,66</b>	0,52	0,59	<b>0,65</b>	0,46	0,38

Stabiliųjų anglies – azoto ir anglies – sieros izotopų analizė, taikant standartinių elipsių metodą, patvirtino reikšmingą juodažiočių grundalų ir upinių plekšnių mitybinių nišų persidengimą (2 pav.). Visų dydžių grupių plekšnių izotopinių nišų plotai didesni. PL III grupė užima aukštesnį mitybos lygmenį nei grundalai,  $\delta^{15}\text{N} - \delta^{13}\text{C}$  erdvėje jų nišos nepersidengia, o  $\delta^{34}\text{S} - \delta^{13}\text{C}$  erdvėje persidengia tik su GR III grupės niša.



2 pav. Skirtingų dydžių juodažiočių grundalų (GR) ir upinių plekšnių (PL) standartinių elipsių plotai stabilųjų C ir N, bei C ir S izotopų erdvėse.

**Rezultatų aptarimas.** Nors juodažiočiai grundalai sėkmingai įsitvirtino smėlėtoje Baltijos jūros priekrantėje, jų populiacija tokio tipo buveinėje yra

ženkliai mažesnė nei slėptuvių gausa pasižyminčiame akmenuotame biotope (Ložys ir kt., 2016). Juodkrantės zonos žuvų bendrijoje grundalai sudaro 9 % nuo bendro visų rūšių gausumo, tuo tarpu pagrindiniai jų mitybiniai konkurentai – upinės plekšnės – 42 % (Skabeikis, nepublikuoti duomenys). Negausi juodažiočių grundalų populiacija nesumažino pagrindinių mitybinių objektų biomasės, todėl net reikšmingai persidengiančios bentofaginių žuvų mitybinės nišos neigiamai nepaveikė jų skaitlingumo. Taip pat pažymėtina tai, kad stambių plekšnių virškinamuosiuose traktuose aptinkamų žuvų tarpe svarbią dalį (~40 %) užima juodažiočių grundalų jaunikliai.

Mažai tikėtina, kad smėlėje Baltijos jūros Lietuvos priekrantėje juodažiočių grundalų populiacija bei jos daromas neigiamas poveikis ateityje padidės, kadangi homogeniškoje aplinkoje nėra tinkamų nerštaviečių (Sapota et al., 2014), o slėptuvių neturinioje buveinėje jie yra labai pažeidžiami plėšrūnų (Belanger et al., 2003).

**Padėka.** Dėkojame Žuvininkystės tarnybos prie LR ŽŪM Žuvininkystės tyrimų ir mokslo skyriui bei Jūrinių tyrimų departamentui už suteiktą galimybę panaudoti daugiamečius monitoringo duomenimis.

## Literatūra

- Belanger R. M., Corkum L. D. 2003. Susceptibility of tethered round goby (*Neogobius melanostomus*) to predation in habitats with and without shelters. *Journal of Great Lakes Research*, 29 (4), 588–593.
- Bubinas A., Vaitonis G. 2003. The analysis of the structure, productivity, and distributions of zoobenthocenoses in the Lithuanian economic zone of the Baltic Sea and importance of some benthos species to fish diet. *Acta Zoologica Lituanica*, 13 (2), 114–124.
- Hyslop E. J. 1980. Stomach content analysis—a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*, 17, 411–429.
- Karlson A. M. L., Almqvist G., Skóra K. E., Appelberg M. 2007. Indications of competition between non-indigenous round goby and native flounder in the Baltic Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 64, 479–486.
- Ložys L., Pūtys Ž., Dainys J. ir kt. 2016. Žemės ūkio, maisto ūkio ir žuvininkystės mokslinio tyrimo ir taikomosios veiklos projekto „Stintų ir grundalų išteklių būklės tyrimai Baltijos jūroje ir rekomendacijų dėl racionaliausio panaudojimo parengimas“ 2016 m. galutinė ataskaita, 72 p. Gamtos tyrimų centras. Prieiga per internetą: <http://zum.lrv.lt/lt/veiklos-sritys/mokslas-mokymas-ir-konsultavimas/mokslas/moksliniu-tyrimu-ir-taikomoji-veikla/zemes-maisto-ukio-kaimo-pletros-ir-zuvininkystes-2016-metais-baigtu-moksliniu-tyrimu-ir-taikomosios-veiklos-darbu-galutines-ataskaitos>.
- Olenin S., Daunys D. 2004. Coastal typology based on benthic biotope and community data: The Lithuanian case study. *Coastline Reports*, 4, 65–83.
- Poos M., Dextrase A. J., Schwab A. N., Ackerman J. D. 2010. Secondary invasion of the round goby into high diversity Great Lakes tributaries and species at risk hotspots: potential new concerns for endangered freshwater species. *Biological Invasions*, 12 (5), 1269–1284.
- Rumohr H., Brey T., Ankar S. 1987. A compilation of biometrics conversion factors for benthic invertebrates of the Baltic Sea. *Baltic Marine Biologists Publication No. 9*, 56 pp.

- Sapota M., Balazy P., Mirny Z. 2014. Modification in the nest guarding strategy - one of the reasons of the round goby (*Neogobius melanostomus*) invasions success in the Gulf of Gdańsk? *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 43 (1), 21–28.
- Schoener T. W. 1970. Non-synchronous spatial overlap of lizards in patchy environments. *Ecology*, 51 (3), 408–418.
- Skabeikis A., Lesutienė J. 2015. Feeding activity and diet composition of round goby (*Neogobius melanostomus*, Pallas 1814) in the coastal waters of SE Baltic Sea. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 44 (4), 508–519.
- van Kessel N., Dorenbosch M., Kranenbarg J. et al. 2016. Invasive Ponto-Caspian gobies rapidly reduce the abundance of protected native bullhead. *Aquatic Invasions*, 11 (2), 179–188.
- Zolubas T. 2003. Nauja invazinė žuvų rūšis Lietuvos vandenyse. *Jūra ir aplinka*, 2 (9), 52–56.

## BIOPREPARATŲ PANAUDOJIMAS MAŽOSE NUOTEKŲ VALYKLOSE

**Audra Skaisgirienė<sup>1</sup>, Laura Lupeikaitė<sup>1</sup>, Jolanta Janutėnienė<sup>1</sup>,  
Halina Yukhnevich<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto  
Inžinerijos katedra, Klaipėda, <sup>2</sup>Gardino Jankos Kupalos vardo valstybinis  
universitetas, Gardinas, Baltarusija  
*audra.skaisgiriene@ku.lt*

**Įvadas.** Mažiesiems valymo įrenginiams aktualios hidraulinių apkrovų bei teršalų koncentracijų svyravimų problemos, lemiančios neefektyvų sistemos darbą (Oakley et al., 2010; Chang et al., 2013). Nevalytose ar nepakankamai išvalytose nuotekose gausu organinių ir biogeninių medžiagų, kurios patekusios į gamtinius vandens telkinius skatina eutrofikaciją, blogina vandens kokybę, sukelia ligų protrūkius (Palaniappan et al., 2010). Teršalai neigiamai veikia vandens biotą, galimi bioakumuliacijos ir biomagnifikacijos procesai (Gupta et al., 2015). Lietuvoje decentralizuotai buitines nuotekas tvarko apie 20 % gyventojų. Pagal Lietuvos Respublikos nuotekų tvarkymo reglamentą (2006), už mažų valymo įrenginių eksploataciją yra atsakingas savininkas. Didžioji jų dalis neatlieka periodinės įrenginių patikros, nežino sistemos veikimo principų, blogo įrenginių darbo pasekmių (Kirjanova, 2014). Dėl to nuotekos išvalomos nepakankamai, susidaro didesnis perteklinio dumblo kiekis, kurio tvarkymas yra brangus ir dažnai turintis neigiamą poveikį aplinkai procesas (Guo et al., 2013). Biologiniais preparatais, kurių veikimas paremtas bioremediacijos principu, o naudojimo instrukcijos nesudėtingos, galima optimizuoti mažųjų valymo įrenginių darbą bei apsaugoti aplinką nuo neigiamo taršos poveikio. Priklausomai nuo biopreparato tipo, gerinamos dumblo sedimentacinės savybės, didinamas organinių medžiagų skaidymo efektyvumas, mažinamas perteklinio dumblo tūris ir koncentracija, kontroliuojami kvapai. Šiuo metu trūksta mokslinių tyrimų susijusių su biologinių preparatų įtaka perteklinio dumblo stabilizacijos ir regeneracijos procesams. Nors eksperimente išbandyti biopreparatai „Septic Gobbler“ ir „Sludge away“ praktikoje naudojami nuotekoms valyti ir dumblui šalinti iš tvenkinių, šiame darbe įvertinta galimybė pastaruosius taikyti pertekliniam dumbliui tvarkyti. Todėl siekėme įvertinti pasirinktų biopreparatų įtaką perteklinio dumblo stabilizacijai ir regeneracijai aerobinėmis sąlygomis.

**Tyrimo metodai.** Šio darbo tyrimo objektas – nuotekų valymo įrenginiuose susidaręs perteklinis dumblas. Dumblo ir nuotekų mišinys buvo paimtas iš nuotekų valyklos aerobinės zonos. Eksperimentinis tyrimas buvo

atliktas Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Chemijos laboratorijoje.

Vertinant biopreparatų įtaką perteklinio dumblo regeneracijai ir stabilizacijai, išbandyti dviejų gamintojų siūlomi biologiniai preparatai, kurie yra ekologiški ir nepavojingi aplinkai: „Septic Gobbler“ (biopreparatas A) ir „Sludge Away“ (biopreparatas B), kurių sudėtyje yra įvairių rūšių mikroorganizmai ir jų sporos. Atliekant eksperimentą perteklinio dumblo mėginiai paskirstyti į aerobinio biodegradatoriaus principu veikiančius rezervuarus (po 4 litrus). Optimali ištirpusio deguonies koncentracija buvo palaikoma naudojant elektrinius oro kompresorius Aqual (Typ AP-100; 2,5 W). Dirbtine aeracija užtikrintas ir nuolatinis substrato maišymas.

Eksperimentą sudarė du etapai, kiekvieno iš jų trukmė 20 dienų. Pirmoje tyrimo dalyje į nuotekų ir dumblo mišinį įvestas biopreparatas A, antroje – biopreparatas B. Rezervuaras I – kontrolinis, jame biologinis preparatas netaikytas, į II rezervuarą įterpta 2 g preparato, į III rezervuarą – 5 g, į IV rezervuarą – 10 g. Iš bandymo rezervuarų dumblo mėginiai buvo imti periodiškai, kas 2–3 dienas.

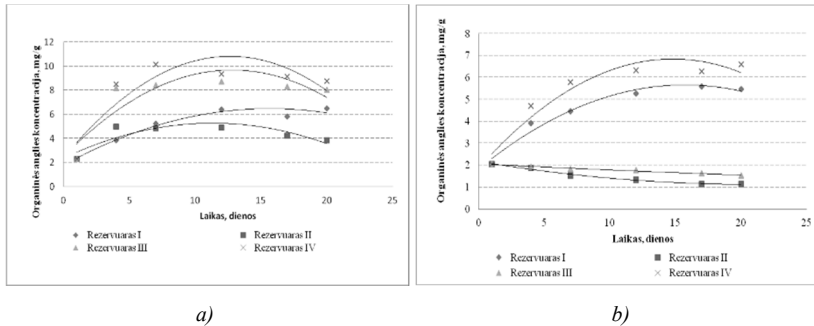
Perteklinio dumblo koncentracija buvo įvertinta pagal normatyviniame dokumente LAND 46-2007 pateiktą metodiką. 75 ml mėginiai nufiltruoti vakuuminiu filtravimo įrenginiu, išdžiovinti iki pastovaus svorio  $105 (\pm 2) ^\circ\text{C}$  temperatūroje. Visuminės ir neorganinės anglies koncentracija pertekliniame dumble nustatyta SSM-5000A SSM-TC kietų mėginių analizatoriumi pagal Europinį standartą LST EN 13137:2001. Perteklinio dumblo temperatūros ir pH rodiklių matavimai atlikti prietaisu InoLab pH 720. Perteklinio dumblo vandenyje ištirpusio deguonies koncentracijos matavimai atlikti Oksimetru Jenway 970.

Eksperimentinio tyrimo rezultatų duomenys apdoroti Microsoft Office Excel 2013 elektronine skaičiuokle, Statgraphics Centurion XVII for Windows bei IBM SPSS Statistics programomis.

**Tyrimo rezultatai ir aptarimas.** Kontroliuojant biomasės augimą valymo ir perteklinio dumblo tvarkymo įrenginiuose, periodiškai įvertinama dumblo koncentracija, kuri apibūdina mikroorganizmų ir biologiškai neskaidžių medžiagų masę tūrio vienetu. Taikant biopreparatą A perteklinis dumblas regeneruotas visuose rezervuaruose, biopreparato B atveju – regeneracija vyko IV, stabilizacija II ir III rezervuaruose. Mikroorganizmus įterpus į kitą substratą, populiacijos augimą lydi inertinė, augimo, stacionari ir letali fazės (Maier, 2008). Tokia tendencija vyravo II A, III A, IV A rezervuaruose. Taikant biopreparatą B, IV rezervuare letali fazė, kai dumblas pradeda degraduoti, nepasiekta. II ir III rezervuaruose biomasė tik degradavo.



Siekiant tikslesnio biopreparatų įtakos pertekliniam dumbliui vertinimo, buvo nustatyta organinės anglies koncentracija dumblo sausojoje dalyje ir vandenyje. OA koncentracijos dumblyje kaitos rezultatai pateikti 1 paveiksle. Per 20 tyrimo dienų, OA koncentracija rezervuarų dumblyje išaugo 1,7 (II A), 3,5 (III A) 3,9 (IV A) ir 3,2 (IV B) karto. Intensyvių augimą lėmė optimalios aplinkos sąlygos, kurios buvo tinkamos įvestų rūšių biocheminiam aktyvumui (Geisel et al., 2011; Mandli et al., 2014).



1 pav. Organinės anglies koncentracijos ( $\text{mg g}^{-1}$ ) kitimai dumblo sausojoje dalyje: a) „Septic Gobbler“; b) „Sludge Away“.

Taikant biopreparatą B, rezervuarų dumblyje matomas organinės anglies koncentracijos mažėjimas, vidutinės degradacijos reikšmės siekė  $0,09 \text{ mg g}^{-1} \text{ d}^{-1}$  (II) ir  $0,05 \text{ mg g}^{-1} \text{ d}^{-1}$  (III). Organinė anglis dumblyje sumažėjo atitinkamai 1,8 ir 1,3 karto. Autorių Bahar ir Ciggin (2016) atliktame tyrime, kuriame analizuota veikliojo dumblo aerobinė stabilizacija, OA šalinimas iš dumblo sudarė 51,50 % per 30 tyrimo dienų. Mokslinėje literatūroje akcentuojama, kad dumblo degradacijos rodiklis gali svyruoti nuo  $0,05 \text{ d}^{-1}$  iki  $1,6 \text{ d}^{-1}$  esant  $20 \text{ C}^\circ$  temperatūrai, priklausomai nuo nuotekų sudėties (Martínez-García et al., 2014). Taigi tyrime nustatyti II B ir III B rezervuarų PD koncentracijos kitimai patenka į rodiklio svyravimų intervalą.

Nustačius perteklinio dumblo parametrų kaitos reikšmes taikant skirtingas biopreparatų koncentracijas, siekta išsiaiškinti, ar skirtumai tarp gautų rezultatų buvo statistiškai reikšmingi. Atlikus vienfaktorinę dispersinę analizę nustatyta, kad tiek biopreparato tipo, tiek skirtingų koncentracijų įtaka OA koncentracijai buvo statistiškai reikšminga. Post hoc Bonferonio kriterijaus metodu palyginus skirtingų rezervuarų dumblo OA koncentracijas, nustatyti statistiškai reikšmingi skirtumai tarp vidurkių.

Statistiškai įvertinus biopreparato tipo ir koncentracijų įtaką dumblo parametrui, sudarytos regresinės lygtys, kuriomis prognozuojamos dumblo

koncentracijos organinės anglies koncentracijos atžvilgiu, taikant statistinį reikšmingumą turėjusias biopreparatų koncentracijas:

$$y = 0,65 + 1,7272x; \quad r = 0,95; \quad (\text{IIB})$$

$$y = -0,00018 + 1,9103x; \quad r = 0,99; \quad (\text{IIIA})$$

$$y = 0,0168 + 2,0788x; \quad r = 0,99; \quad (\text{IIIB})$$

$$y = -0,0017 + 1,9110x; \quad r = 0,99; \quad (\text{IVA})$$

šiose lygtyse  $y$  – dumblo koncentracija ( $\text{g l}^{-1}$ ),  $x$  – organinės anglies koncentracija ( $\text{mg g}^{-1}$ ),  $r$  – koreliacijos koeficientas.

Išanalizavus duomenis matome, kad didėjant organinės anglies koncentracijai dumblo kietojoje dalyje, dumblo koncentracija taip pat didėjo. Sudaryti prognozės modeliai statistiškai patikimi, nes  $R^2$  reikšmė visais atvejais didesnė už 25 %,  $p$  reikšmė mažesnė už 0,05. Parametrus visais atvejais siejo teigiamas, labai stiprus ryšys ( $r > 0,90$ ).

Regresines lygtis galima interpretuoti taip: jei organinės anglies koncentracija dumble padidės  $1 \text{ mg g}^{-1}$ , tai taikant biopreparato B  $0,5 \text{ g l}^{-1}$  (II B) koncentraciją, dumblo koncentracija padidės  $1,7272 \text{ g l}^{-1}$ ; taikant biopreparato A  $1,25 \text{ g l}^{-1}$  (III A) koncentraciją – padidės  $1,9103 \text{ g l}^{-1}$ ; taikant biopreparato B koncentraciją  $1,25 \text{ g l}^{-1}$  (III B) koncentraciją – padidės  $2,0788 \text{ g l}^{-1}$ ; taikant biopreparato A  $2 \text{ g l}^{-1}$  (IV) koncentraciją – padidės  $1,9110 \text{ g l}^{-1}$ .

**Išvados ir rekomendacijos.** „Septic Gobbler” biopreparatas rekomenduojamas pertekliniam dumblui regeneruoti, „Sludge away” – pertekliniam dumblui stabilizuoti. Taikant biopreparato „Sludge away”  $0,5 \text{ g l}^{-1}$  ir  $1,25 \text{ g l}^{-1}$  koncentracijas, gerėja dumblo sedimentacinės savybės, mažėja dumblo tūris ir koncentracija, organinės anglies koncentracija dumble. Dumblui stabilizuoti rekomenduojama  $0,5 \text{ g l}^{-1}$  koncentracija. Perteklinio dumblo regeneraciją, (dumblo koncentracijos ir organinės anglies koncentracijos dumble augimą) labiausiai skatino „Septic Gobbler” preparato  $1,25 \text{ g l}^{-1}$  ir  $2 \text{ g l}^{-1}$  koncentracijos. Dumblo regeneravimui rekomenduojama  $1,25 \text{ g l}^{-1}$  koncentracija. Nustatyta, kad taikant reikšmines biopreparatų koncentracijas, perteklinio dumblo koncentracijos ( $r > 0,90$ ;  $R^2 > 80 \%$ ,  $p < 0,05$ ) buvo tiesiškai priklausomos nuo organinės anglies koncentracijos dumble.

## Literatūra

- Bahar S., Ciggin A. S., 2016. A simple kinetic modeling approach for aerobic stabilization of real waste activated sludge. *Chemical engineering*, 303, 194 p.
- Chang J., Wu S., Dai Y., Liang W., Wu Z. 2013. Nitrogen removal from nitrate-laden wastewater by integrated vertical-flow constructed wetland systems. *Ecological engineering*, 58, 192–201.
- Geisel B., Vilar J. M. G., Rubi J. M. 2011. Optimal resting-growth strategies of microbial estimation. *Bioresource technology*, 166, 112–113.
- Guo W. Q., Yang S. S., Xiang W. S., et al. 2013. Minimization of excess sludge production by in-situ activated sludge treatment processes – A comprehensive review. *Biotechnology advances*, 31, 1387 p.

- Gupta A., Thakur I. Sh. 2015. Biodegradation of wastewater organic contaminants using *Serratia* sp. ISTVKR1 isolated from sewage sludge. *Biochemical engineering journal*, 102, 105 p.
- Kirjanova A. 2014. Buitinių nuotekų individualaus valymo technologijos tyrimai ir sukūrimas. Daktaro disertacija. Vilnius: Technika, 7–11.
- LAND 46-2007. Vandens kokybė. Skendinčių medžiagų nustatymas. Valstybės žinios 80-3284.
- LST EN13137:2001. Atliekų apibūdinimas. Bendrosios aglies (BOA) nustatymas atliekose, dumble ir nuosėdose.
- Maier R. M. 2008. Review of Basic Microbiological Concepts. 38–44.
- Mandli A. R., Modak J. M. 2014. Optimal control analysis of the dynamic growth behavior of microorganisms. *Mathematical biosciences*, 258, 57–63.
- Martínez-García C. G., Olgún M. T., Fal C. 2014. Aerobic stabilization of biological sludge characterized by an extremely low decay rate: Modeling, identifiability analysis and parameter populations in fluctuating environments. *Plos one* 6 (4), 1–3.
- Oakley S. M., Gold A. J., Oczkowski A. J. 2010. Nitrogen control through decentralized wastewater treatment: process performance and alternative management strategies, *Ecological engineering*, 36, 1529–1530.
- Palaniappan M., Gleick P.H., Allen L., et al. 2010. Clearing the waters. A focus on water quality solutions. United nations environment programme, 23–29.

**RANGIA CUNEATA (G.B. SOWERBY I, 1831)  
(BIVALVIA: MACTRIDAE) RADIMVIETĖS BALTIJOS  
JŪROJE LIETUVOS PRIEKRANTĖJE IR KURŠIŲ  
MARIOSE**

**Sabina Solovjova**

Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Gamtos mokslų katedra, Klaipėda  
*sabina.solovjova@aaa.am.lt*

**Įvadas.** *Rangia cuneata* – tai dvigeldžių moliuskų rūšis, kilusi iš Meksikos įlankos, paplitusi palei Atlanto vandenyno pakrantę nuo Floridos iki Hadsono upės (Dall, 1894; Andrews, 1971; Ruiz, 1975; Carlton, 1992; Wakida-Kusunoke et al., 2004). Europos vandenyse pirmą kartą buvo aptikta Antverpeno uoste 2005 m. (Verween et al., 2006). Apie jos atsiradimą 2010 ir 2011 m. Aistmarėse pranešė Rusijos Kaliningrado srities ir Lenkijos mokslininkai (Ezhova, 2012; Rudinskaya et al., 2012; Warzocha et al., 2013; Warzocha et al., 2016). Manoma, kad į Europą *R. cuneata* lervos atkeliavo su laivų balastiniais vandenimis (Carlton, 1992). *R. cuneata* moliuskai gimtuosiuose vandenyse užauga iki 25–60 mm ilgio, kartais siekia netgi 90 mm. Europoje aptinkami individai paprastai yra 4–40 mm ilgio. Optimalios sąlygos embrionams išgyventi yra 18–29 °C temperatūra ir 6–10 ‰ druskingumas, lervoms – 8–32 °C temperatūra ir 0–20 ‰ druskingumas (Cain, 1972; Cooper, 1981).

**Medžiaga ir metodika.** Vykdam valstybinio monitoringo tyrimus MTL „Vėjūnas“ ekspedicijų metu kiekvienoje stebėsenos stotyje buvo imami 2–5 pakartotini makrozoobentos mėginiai naudojant Van Veen tipo gruntotraukį, sveriantį 71 kg ir apimantį 0,1 m<sup>2</sup> plotą. Po to mėginiai buvo perplauti per 0,5 mm akučių sieta, o likęs turinys patalpintas į indus ir fiksuotas 4 % formaldehido tirpalu, neutralizuotu natrio tetraboratu. Tolimesnė analizė (rūšių identifikavimas, gausumas, biomasė, matavimas) atlikta JTD akredituotoje laboratorijoje (LST EN ISO 16665:2014).

**Rezultatai ir jų aptarimas.** Atliekant Baltijos jūros vandens monitoringo tyrimus 2013 m. gegužės mėn. dviejuose tyrimų taškuose ties Nida ir Juodkrante (1 lentelė), 13–14 m gylyje, smulkaus smėlio grunte, paimtuose makrozoobentos mėginiuose, kartu su čia gyvenančiais dvigeldžiais moliuskais *Mya arenaria*, *Cerastoderma lamarcki*, *Macoma balthica* aptikta po vieną smulkų, dvigeldžio moliusko *Rangia cuneata* individą (Solovjova, 2014). Jauni moliuskai buvo 1–4 mm ilgio, maždaug iki

1 metų amžiaus, panašūs į tokio pat dydžio *Macoma balthica*. Tušti *R. cuneata* kiautai sudarė iki 30 % tanatocenozės.

Lietuvos Baltijos jūros priekrantėje, kur rasti naujos rūšies individai, vidutinis druskingumas priedugnyje yra apie 7 ‰, temperatūra kinta nuo vidutinės 1,8 °C žiemą iki vidutinės 18,8 °C vasarą. Žiemą Lietuvos pajūryje sąlygos šiai rūšiai išgyventi nėra labai palankios dėl žemesnių nei šiai rūšiai tinkamų optimalių temperatūrų (Cain, 1972; Cooper, 1981), todėl buvo suabejota, ar šie moliuskai gali išsitvirtinti ir papildyti vietines makrozoobentos bendrijas bei tapti papildomu maisto šaltiniu bentofaginėms žuvims bei paukščiams.

2014 metais monitoringo metu gegužės mėnesį *Rangia cuneata* gyvi organizmai nebuvo rasti, nors tuščių kiaučių buvo nemažai. Todėl, siekiant iširti invazinio dvigeldžio moliusko *Rangia cuneata* paplitimą, 2014 metais rudenį Baltijos jūroje šalia Juodkrantės ir šalia Nidos buvo paimti papildomi mėginiai. Nors paimtuose mėginiuose vėl buvo aptikti tik šių moliuskų kiautai, tačiau jie buvo 5–7 mm ilgio, 1–2 mm ilgesni nei 2013 metų radinyje. Gali būti, kad tuščius kiaučius atneša srovės iš Aistmarių, kur *Rangia cuneata* yra gausus (Rudinskaya et al., 2012; Warzocha, 2016). 2014 m. tušti kiautai buvo rasti Baltijos jūroje iš Kuršių marių išnešamų tarpinių vandenų zonoje (15–17 m gylyje) ir Klaipėdos sąsiauryje (14 m gylyje).

2015 metų rugsėjį atlikus tyrimus Kuršių mariose šalia Juodkrantės buvo rasti du smulkūs 4–5 mm *Rangia cuneata* individai. J. Morkūnas, tyrinėdamas vandens paukščių skrandžių turinį, 2015 m. lapkritį jūroje šalia Juodkrantės rado *Rangia cuneata* kiaučius nuodėgulės skrandžio turinyje (J. Morkūno nepublikuoti duomenys).

1 lentelė

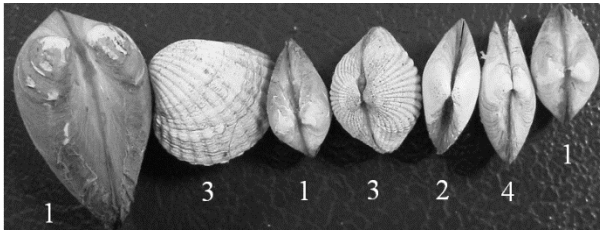
*Rangia cuneata* radimviečių charakteristikos

Nr.	Radimvietė	Koordinatės	Data	Gylis, m	Substratas
<b>Pietryčių Baltijos jūra</b>					
1	Prie Nidos	55°18.7' N, 20°57.4' E	2013-05-13; 2016-05-03	14	smulkus smėlis
2	Prie Juodkrantės	55°33.5' N, 21°04.7' E	2013-05-13; 2016-05-03	13	smulkus smėlis
<b>Kuršių marios</b>					
3	Prie Juodkrantės	55°33.1' N, 21°07.4' E	2015-09-25	0,3– 0,6	dumblas, smėlis, makrofitai
4	Klaipėdos sąsiauris	55°41.8' N, 21°07.4' E	2016-05-11	8	juodas dumblas, smėlis, žvyras, metilmerkaptano kvapas

2016 m. gegužės mėn. valstybinio monitoringo metu Baltijos jūroje šalia Nidos ir Juodkrantės (1 lentelė) buvo paimta po penkis pakartotinius mėginius. Kiekvienoje tyrimų vietoje buvo rasta tik po vieną gyvą moliuską *Rangia cuneata*, tačiau jie buvo didesni nei ankstesnių tyrimų metais. Šalia Nidos, arčiau Aistmarių, moliuskai buvo 6 mm ilgio, o šalia Juodkrantės – 9 mm.

2016 m. gegužės mėn. Kuršių mariose Klaipėdos sąsiauryje (1 lentelė) rasti keturi *Rangia cuneata* individai, kurių stambiausio šlapias svoris siekė 5,7 g, o ilgis sudarė net 27,3 mm, plotis – 14,9 mm.

Lietuvos priekrantės dvigeldžių moliuskų ir *Rangia cuneata* palyginimas yra pateikiamas 1 ir 2 pav.



1 pav. Lietuvos priekrantės dvigeldžiai moliuskai: 1 – *Rangia cuneata*; 2 – *Macoma balthica*; 3 – *Cerastoderma lamarcki*; 4 – *Mya arenaria*.



2 pav. Lietuvos priekrantės dvigeldžiai moliuskai: 1 – *Rangia cuneata*; 2 – *Macoma balthica*; 3 – *Cerastoderma lamarcki*; 4 – *Mya arenaria*.

**Išvados.** Galima daryti prielaidą, kad Lietuvos priekrantės *Rangia cuneata* moliuskai įsitvirtino Kuršių marių šiaurinėje dalyje bei jūroje šalia Nidos ir Juodkrantės.

## Literatūra

- Andrews J. 1971. Sea shells of the Texas coast. University of Texas press, Austin, 298 p.
- Cain T. D. 1972. The reproductive cycle and larval tolerances of *Rangia cuneata* in the James River, Virginia. PhD dissertation. University of Virginia, Charlottesville, 250 p.
- Carlton J. 1992. Introduced marine and estuarine mollusks of North America: an end-of-the-20th-century perspective. *Journal of Shellfish Research*, 11, 489–505.
- Carlton J. T. 1992. Introduced marine and estuarine mollusks of North America: An end-of-the-20th-century perspective. *Journal of Shellfish Research*, 11, 489–505.
- Cooper R. 1981. Salinity tolerance of *Rangia cuneata* (Pelecypoda : Mactridae) in relation to its estuarine environment: a review. *Transactions of the Physiological, Oecological, Experimental Taxonomic and Systematics Society*, 1 (1), 1980–1983.
- Dall W. 1894. Monograph of the genus *Gnatodon* Gray (*Rangia* Desmoulin). *Proceedings of the National Museum*, 17, 89–106.
- Ezhova E. E. 2012. New alien species in the Baltic Sea – the clam *Rangia cuneata* (Bivalvia: Mactridae). *Mar. Ecol. J.*, 11 (1), 29–32 (in Russian).
- LST EN ISO 16665:2014 (2014). Vandens kokybė. Minkšto jūros dugno makrofaunos kiekybinio ėminių ėmimo ir jų apdorojimo gairės (ISO 16665:2014).
- Rudinskaya L.V., Gusev A. A. 2012. Invasion of the North American wedge clam *Rangia cuneata* (G.B. Sowerby I, 1831) (Bivalvia: Mactridae) in the Vistula Lagoon of the Baltic Sea. *Russ. J. Biol. Invasions*, 3 (3), 220–229 (in Russian).
- Ruiz H. 1975. Estudio ecologico preliminary de las almejas comerciales del sistema lagunar de Terminos, Campeche, *Rangia cuneata* (Gray, 1831). Tesis profesional Universidad Nacional Autónoma, Mexico: 80 p.
- Solovjova S. 2014. Baltijos jūros Lietuvos priekrantėje buvo rasta nauja moliuskų rūšis *Rangia cuneata* (G.B.Sowerby I, 1831) (Bivalvia: Mactridae) <http://gamta.lt/cms/index?rubricId=d42d35cd-63cd-4800-9cfd-86ef9f305dac> (2016-02-21).
- Verreen A., Kerckhof F., Vincx M., Degraer S. 2006. First European record of the invasive brackish water clam *Rangia cuneata* (G.B. Sowerby I, 1831) (Mollusca: Bivalvia) *Aquatic Invasions*, 1 (4), 198–203.
- Wakida-Kusunoke A.T. & MacKenzie C.L. 2004. *Rangia* and Marsh clams, *Rangia cuneata*, *R. flexuosa* and *Polymesoda caroliniana*, in Eastern Mexico: Distribution, biology and ecology, and historical fisheries. *Marine Fisheries Review*, 66 (3), 13–20.
- Warzocha J, Drgas A. 2013. The alien gulf wedge clam (*Rangia cuneata* G. B. Sowerby I, 1831) (Mollusca: Bivalvia: Mactridae) in the Polish part of the Vistula Lagoon (SE. Baltic) *Folia Malacologica*, 21, 291–292.
- Warzocha J., Szymanek L., Witalis B., Wodzinowski T. 2016. The first report on the establishment and spread of the alien clam *Rangia cuneata* (Mactridae) in the Polish part of the Vistula Lagoon (southern Baltic). *Oceanologia*, 58 (1), 54–58.

## SVETIMKRAŠTĖS RŪŠIES DVIGELDŽIO MOLIUSKO *RANGIA CUNEATA* INVAZIŠKUMO POTENCIALO IR RIZIKOS VERTINIMAS

Greta Srėbaliėnė<sup>1</sup>, Sergej Olenin<sup>2</sup>, Aleksas Narščius<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Gamtos mokslų katedra, Klaipėda, <sup>2</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Jūros mokslų ir technologijų centras, Klaipėda,

<sup>3</sup>Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų atviros prieigos centras, Klaipėda

*greta.srebaliene@jmtc.ku.lt*

**Įvadas.** Dvigeldis moliuskas *Rangia cuneata* (Sowerby, 1832) – dugno organizmas, gyvenantis apysūriuose vandenyse. Spėjama, kad moliuskas į Europos vandenį atkeliavo iš Meksikos įlankos (Verween et al., 2006). Šiaurės Amerikos rytinėje pakrantėje rūšis paplitusi nuo Česapyko įlankos iki Terminos lagūnos Meksikos įlankos pietinėje dalyje (Wakida-Kusunoke et al., 2004). Baltijos jūros regione rūšis aptikta 2010 m. Aistmarėse, Rusijos federacijos Kaliningrado srityje. Spėjama, kad ji atplito su laivų balastiniais vandenimis. Tolimesnis rūšies plitimas buvo stebimas Lenkijos, Lietuvos, Vokietijos, Estijos ir Švedijos vandenyse (AquaNIS, 2017). Šiame darbe analizuojamas svetimkraštės rūšies dvigeldžio moliusko *Rangia cuneata* invaziškumo potencialas naudojant MER (mean expansion rate) metodą bei įvertinta rūšies rizika taikant AI-ISK metodą.

**Metodika.** Vertinant svetimkraščių rūšių invaziškumo potencialą taikomas MER (*angl.* Mean Expansion Rate) metodas, kuris nustato plitimo greitį (PG). Šis pusiau-kiekybinis metodas remiasi poveikio vertinimo sistema NORWAY (Sandvik et al., 2013). Taikant MER metodą, rūšies invaziškumo potencialas skirstomas į keturis lygius pagal plitimo greitį: mažas (<0,3 km/metus), nedidelis (≥0,3 km/metus), vidutinis (≥10 km/metus) ir aukštas (≥30 km/metus). Skaičiuojant svetimkraštės rūšies PG buvo surinkti duomenys apie *R. cuneata* rūšies aptikimo vietas, tikslios jų koordinatės.

Rūšies rizikos vertinimas atliktas naudojant AI-ISK metodą, kuris vertina rūšies atplitimo riziką (Copp et al., 2015). Naudojant šį metodą sukurtas kontrolinių klausimų paketas pagal Pheloung WRA (*angl.* Weed Risk Assessment) schemą (Pheloung et al., 1999). Kontrolinių klausimų paketą sudaro rizikos įvertinimas pagal atskiras sritis, tokias kaip rūšies domestikacija, kultivacija, klimatas, paplitimas ir invaziškumas kituose regionuose, vertinamos rūšies biologinės savybės, funkcijos, dauginimosi periodas, ekologinis poveikis ir kt. Šis metodas plačiai taikomas vertinant



rūšies atplitimo riziką į regioną bei nustatant galimas svetimkraštės rūšies poveikius atskiriems sektoriams (Copp et al., 2015).

**Rezultatai ir aptarimas.** Atliktas svetimkraštės rūšies dvigeldžio moliusko *R. cuneata* invaziškumo potencialo vertinimas MER metodu rodo šios rūšies aukštą plitimo greitį (>80 km/metus). Atsižvelgiant į *R. cuneata* įsikūrimą Estijos vandenyse (t. y. sąlygose, kurios neaptinkamos jos natūralaus paplitimo areale Šiaurės Amerikoje) galima daryti išvadą, kad *R. cuneata* paplis visoje atviroje Baltijos jūros dalyje (*angl.* Baltic Proper), o didėjant vandens temperatūrai klimato kaitos pasekoje ši rūšis gali patekti ir į Botnijos įlanką, nes gali toleruoti itin mažą vandens druskingumą. Išanalizavus rūšies plitimo dinamiką prieita išvados, kad *R. cuneata* Baltijos jūroje gali plisti tiek natūraliu būdu (su srovėmis), tiek ir (galimai) laivybos vektoriais. Rizikos vertinimo metodo AI-ISK rezultatai rodo, kad *R. cuneata* yra mažos rizikos rūšis, atsižvelgiant į tokias vertinimo sritis, kaip domestikacija, kultivacija, paplitimas ir invaziškumas kituose regionuose, rūšies biologinės savybės, funkcijos, dauginimosi periodas, ekologinis poveikis. Tačiau būtina pabrėžti, kad *R. cuneata* poveikis aplinkai nėra išsamiai analizuotas Europoje, todėl augant šios rūšies ekologijos ištirtumui, vertinimas dar gali keistis. Pavyzdžiui, Š. Amerikoje ši rūšis laikoma indikatorine rūšimi, kurios gausumo pokyčiai leidžia išmatuoti ekosistemos atsistatymą po dugno gilinimo bei kito antropogeninio poveikio (Abadie et al., 2000).

## Literatūra

- AquaNIS. Editorial Board. 2017. Information system on Aquatic Non-Indigenous and Cryptogenic Species. World Wide Web electronic publication. <http://aquanis.ku.lt>.
- Abadie S. W., Poirrier M. A. 2000. Increased density of large Rangia clams in Lake Pontchartrain after the cessation of shell dredging. *J. Shellfish Res.* 19 (1), 481–485.
- Pheloung P. C., Williams P. A., Halloy S. R. 1999. A weed risk assessment model for use as a biosecurity tool evaluation plant introductions. *Journal of Environmental Management*, 57, 239–251, <http://dx.doi.org/10.1006/jema.1999.0297>.
- Copp G. H., Russell I. C., Peeler E. J. et al. 2015. European Non-native Species in Aquaculture Risk Analysis Scheme – a summary of assessment protocols and decision support tools for use of alien species in aquaculture. *Fisheries Management and Ecology*.
- Sandvik H., Sæther B. E., Holmern T. et al. 2013. Generic ecological impact assessments of alien species in Norway: a semi-quantitative set of criteria. *Biodiversity and conservation*, 22 (1), 37–62.
- Verween A., Kerckhof F., Vincx M., Degraer S. 2006. First European record of the invasive brackish water clam *Rangia cuneata* (GB Sowerby I, 1831) (Mollusca: Bivalvia). *Aquatic Invasions*, 1 (4), 198–203.
- Wakida-Kusunoke A. T., MacKenzie C. L. 2004. Rangia and Marsh clams, *Rangia cuneata*, *R. flexuosa* and *Polymesoda caroliniana*, in Eastern Mexico: Distribution, biology and ecology, and historical fisheries. *Marine Fisheries Review*, 66 (3), 13–20.

## ANGLIAVANDENILIŲ SKLAIDOS YPATUMAI GĖLO IR DRUSKINGO VANDENS MAIŠYMOSE ZONOJE

Rimutė Stakėnienė<sup>1</sup>, Kęstutis Jokšas<sup>1,2</sup>, Arūnas Galkus<sup>1</sup>,  
Eva Raudonytė-Svirbutavičienė<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Gamtos tyrimų centro Geologijos ir geografijos institutas, Vilnius, <sup>2</sup>Vilniaus universiteto Chemijos ir geomokslų fakultetas, Vilnius  
*stakeniene@geo.lt*

**Įvadas.** Didėjantis antropogeninių organinių junginių paplitimas pasaulyje sąlygoja tai, kad tokie teršalai kaip alifatiniai angliavandeniliai (AH) yra aptinkami praktiškai visose akvatorijose. Alifatiniai angliavandeniliai, sudarantys svarią naftos frakciją, nėra registruoti kaip prioritetiniai teršalai, tačiau šios grupės angliavandenilių kiekybiniai ir kokybiniai rodikliai plačiai naudojami kaip indikatoriai naftos išsiliejimo, išpylimo ir užterštumo atvejais (Bouزيد et al., 2012; Medeiros, Bicego, 2004). Naftos alifatiniai angliavandenilių frakcija, pabrėžiant jų antropogeninę kilmę, tyrimuose kartais vadinama naftos angliavandeniliais ir yra naudojama kaip globalus rodiklis užterštumui nafta vertinti. Akvatorijoje šių antropogeninių angliavandenilių fone yra ir natūralūs gamtiniai angliavandeniliai, kurių pagrindiniai šaltiniai – autochtoninė organinė medžiaga bei patenkanti iš sausumos terigeninė organinė medžiaga.

Klaipėdos uostas yra įsikūręs Klaipėdos sąsiauryje, kuriame tarp Kuršių marių ir Baltijos jūros nuolat cirkuliuoja vanduo. Nuo skirtingų vandens masių judėjimo, susidūrimo, maišymosi ypatybių tokioje barjerinėje zonoje (Emelyanov, 2011) priklauso akvatorijos vandens stovymės druskingumo, temperatūros, ištirpusio deguonies, maistinių medžiagų koncentracija, taip pat patenkančių į vandenį teršalų dinamika. Angliavandenilių sklaidos bruožai šioje judrioje druskingo ir gėlo vandens sistemoje mažai tirti (Stakėnienė, 2003; Stakėnienė et al., 2011). Hidrofobiški ir mažo tirpumo vandenyje angliavandeniliai lengvai sorbuojami ant suspenduotų vandenyje dalelių, todėl jų koncentracija dugno nuosėdose paprastai būna didesnė nei vandenyje. Vandens telkinio nuosėdos „veikia“ kaip organinių teršalų gaudyklė, todėl būtent ši terpė paprastai analizuojama akvatorijos užterštumui vertinti bei jo šaltiniams nustatyti (Esteves et al., 2006; Tolosa et al., 2009).

Šio darbo tiklas buvo atskleisti angliavandenilių sklaidos ypatumus barjerinėje zonoje – Klaipėdos sąsiauryje, atsižvelgiant į druskingo ir gėlo vandens sudėties bei savybių skirtumus, sezoniškumą, dugno nuosėdų sudėtį, taip pat į uosto antropogeninę apkrovą.

**Tyrimų medžiaga ir metodika.** Klaipėdos sąsiaurio vandens ir dugno nuosėdų angliavandenilių tyrimų rezultatai remiasi 2001–2012 m. įvairiais laikotarpiais ekspedicijų metu surinkta medžiaga. Stotys tyrimams parinktos aktyvioje hidrodinamikos zonoje (atviras sąsiauris) nuo uosto vartų iki Kiaulės nugaros salos Kuršių marių protakoje ir pusiau uždaroje uosto akvatorijose bei įlankose, kuriose lokalizuota pagrindinė uosto technogeninė apkrova. Vanduo imtas iš paviršinio ir priedugnio (0,5–1 m nuo dugno) vandens sluoksnių, dugno nuosėdos – paviršinio (0–10 cm) sluoksnio. Angliavandenilių migracinių formų (tirpios (AH<sub>T</sub>) ir skendinčios (AH<sub>S</sub>)) tyrimams vandens mėginiai filtruoti per stiklo pluošto filtrus. Angliavandeniliai iš vandens, suspensijų ir dugno nuosėdų nustatyti dujinės chromatografijos metodu naudojant liepsnos jonizacijos detektorių (FID).

Mėginių paėmimo vietose matuota vandens temperatūra (T, °C), druskingumas (D, ‰), vandenilio jonų rodiklis pH, ištirpusio deguonies kiekis (mg/l) bei laboratorijoje nustatyta maistinių ir organinių medžiagų koncentracija.

Uosto antropogeninės apkrovos išryškinimui skaičiuoti atskirų angliavandenilių molekuliniai santykiai, vadinami alifatiniais diagnostiniais indeksais (CPI, NAR, TAR), atskleidžiantys angliavandenilių antropogeninę ar biogeninę kilmę (Medeiros, Bicego, 2004; Kanzari et al., 2014) Matematinės statistikos metodais analizuotos angliavandenilių koncentracijos sąsajos su vandens stovymės rodikliais bei dugno nuosėdų granulimetrine sudėtimi, organinės medžiagos kiekiu ir mėginių paėmimo vieta.

**Rezultatai ir aptarimas.** Kitų autorių (Jašinskaitė, Stankevičius, 2000) ir mūsų duomenys (Stakėnienė, 2003; Stakėnienė et al., 2011) rodo, kad Klaipėdos uosto vandenyje pastovių aiškiai apibrėžtų arealų su didele naftos angliavandenilių koncentracija neaptinkama. Šiuo metu paviršiniuose vandenyse (nuo 2010 m.) galiojanti gana didelė AKS ribinė vertė (0,2 mg/l) naftos angliavandeniliams Klaipėdos uoste fiksuojama retai. Viršijančios tokias vertes AH koncentracijos paprastai stebimos avarijų ar smukių incidentų atvejais.

Aktyvaus druskingo ir gėlo vandens maišymosi hidrogeocheminėje barjerinėje zonoje Klaipėdos sąsiauryje angliavandenilių sudėtyje fiksuojama plačiausia jų charakteristikų įvairovė: nuo gamtinių angliavandenilių dominavimo iki pilno jų perdengimo antropogeniniais AH ir didelė jų koncentracijų skirtingose migracinėse formose (AH<sub>S</sub>/AH<sub>T</sub> reikšmės 0,3–6,7) kaita (Stakėnienė, 2003). Šaltuoju metu bendroje angliavandenilių sumoje didėja antropogeninių angliavandenilių kiekis. Vandens paviršiniame sluoksnyje vyrauja tirpi AH migracinė forma, priedugniniame – suspenduota. Pavasarį gėlo Kuršių marių vandens paplitimas sąsiauryje lemia

angliavandenilių koncentracijos pasiskirstymą bei ištirpusių AH dominavimą. Šiltuoju laikotarpiu vandens storumėje vyrauja skandinčioji angliavandenilių migracinė forma. Gausiai susikaupusių biogeninių angliavandenilių (daugiausia planktonogeninių) degradacija sulėtėja dėl būdingo Klaipėdos uostui deguonies trūkumo bei mažėjančių maistinių medžiagų. Susidarius palankioms aplinkos sąlygoms (temperatūra, vėjas, tėkmės) suvešėjus biotai vandenyje AH koncentracija kartais viršija 400  $\mu\text{g/l}$  sudarydama 70 % suspenduotoje migracinėje formoje. Antra vertus, šiltuoju laikotarpiu pusiau uždaroje akvatorijose, kuriose labiausiai pasireiškia ūkinė uosto įmonių veikla, plyti labiausiai užteršto vandens arealai (Stakėnienė et al., 2011).

Pagal Pirsono koreliacijos koeficiento reikšmes AH migracinių formų koncentracija vandens storumėje priklauso nuo aplinkos faktorių (1 lentelė).

1 lentelė

Angliavandenilių koncentracijos ir aplinkos rodiklių koreliacijos koeficientai (reikšmingumo lygmuo  $p < 0,001$ )

Vandens sluoksnis	Rodiklis	T, °C	D, ‰	O <sub>2</sub> , mg/l	pH	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg/l	BDS <sub>7</sub> , mgO <sub>7</sub>
Paviršinis (n 44)	AH <sub>T</sub> , $\mu\text{g/l}$	0,05	-0,30	0,05	0,29	0,30	0,24
	AH <sub>S</sub> , $\mu\text{g/l}$	<b>0,71</b>	-0,29	<b>-0,53</b>	<b>-0,61</b>	<b>-0,53</b>	<b>0,51</b>
Priedugnio (n 38)	AH <sub>T</sub> , $\mu\text{g/l}$	0,21	<b>-0,67</b>	-0,11	0,34	0,34	0,41
	AH <sub>S</sub> , $\mu\text{g/l}$	<b>0,52</b>	-0,23	<b>-0,67</b>	-0,50	<b>-0,59</b>	<b>0,61</b>

Klaipėdos sąsiaurio dugno nuosėdose AH maksimali koncentracija 2012 m. (6,9–727  $\mu\text{g/g}$  s.s.v.) lyginat su daugiau kaip prieš dešimtmetį gautais rezultatais (0,89–1586  $\mu\text{g/g}$  s.s.v.; Jokšas et al., 2003) buvo mažesnė. Tokius rezultatus galėjo sąlygoti sedimentacinių sąlygų pokyčiai susiję su uosto rekonstrukcija, dugno nuosėdų tvarkymo darbais bei teršimo sumažėjimas vystantis modernioms eko-technologijoms. Didesnės teršalų koncentracijos uosto nuosėdose nustatytos kitų autorių tyrimuose (Suzdalev, Gulbinskas, 2014) rodo, kad mėginio paėmimo vieta ir nuosėdų charakteristika gali stipriai įtakoti užterštumo lygio apibūdinimą.

Dugno nuosėdos laikomos neužterštomis, jei AH koncentracija mažesnė 10  $\mu\text{g/g}$  s.s.v. (Esteves et al., 2006; Zaghdan et al., 2007). Mažesnės nei 50  $\mu\text{g/g}$  AH koncentracijos dugno nuosėdose reikalauja detalesnės angliavandenilių sudėties analizės, o viršijančios 100  $\mu\text{g/g}$  d.w. paprastai siejamos su tarša nafta ir jos produktais (Readmen et al., 2002). Pastaroji AH koncentracija yra ribinė vertė iki kurios smėlio nuosėdos priskiriamos žemiausiai užterštumo klasei pagal LR normatyvinius dokumentus (LAND 46A-2002). Daugelį atvejų, išskyrus Kuršių marių Vakarinę protaką, atvirame sąsiauryje, kur vyrauja neturtingos organinė medžiaga smėlingos nuosėdos, angliavandenilių

koncentracija buvo  $>10 \mu\text{g/g}$  s.s.v., o beveik visose pusiau uždarose uosto akvatorijose su ribota vandens cirkuliacija AH vertės viršijo  $100 \mu\text{g/g}$  s.s.v. AH koncentracija Klaipėdos uosto dugno nuosėdose priklauso nuo frakcijos ( $<0,063 \text{ mm}$ ) ir organinės medžiagos (TOC) kiekių gruntuose (Stakėnienė et al., 2016). Skirtingos teršalų koncentracijas nuosėdose sąlygoja ne tik skirtingi sedimentacijos procesai (Bouزيد et al., 2012), bet ir antropogeninės apkrovos intensyvumas.

Ženklus išmatuojamas neišskaidytas alifatinių junginių mišinys (UCM) identifikuojamas Klaipėdos sąsiaurio chromatogramose ir santykinai mažas n-alkanų kiekis lyginant su UCM siejasi su degradavusių antropogeninių (naftos) angliavandenilių arba su mišriu – degradavusių antropogeninių ir biogeninių angliavandenilių šaltiniais (Tolosa et al., 2009). Apskaičiuoti alifatinių angliavandenilių diagnostiniai indeksai (Stakėnienė et al., 2016) patvirtina mišrią – biogeninę ir antropogeninę angliavandenilių kilmę dugno nuosėdose. Būdingi antropogeniniams angliavandeniliams požymiai nustatyti arčiausiai Kuršių marių srautų poveikio zonos pietinėje sąsiaurio dalyje bei uosto vartų rajone sietini su sedimentacinėje barjerinėje zonoje vykstančiais procesais (Emelyanov, 2011). Paskutinį dešimtmetį uosto vartų rajono smėlingose nuosėdose stebimas antropogeninių angliavandenilių dedamosios didėjimas bendrame angliavandenilių kiekyje (Stakėnienė ir kt., 2013).

**Išvados.** Angliavandenilių koncentracijos, migracinių formų ir sudėties sklaida druskingo ir sūraus vandens maišymosi zonoje – Klaipėdos sąsiauryje siejasi su sezoniniais aplinkos rodikliais (temperatūros, druskingumo, ištirpusio deguonies, nitratų ir pH, bei organinių medžiagų) pokyčiais bei technogenine uosto apkrova. Dugno nuosėdų angliavandenilių kiekybiniai ir kokybiniai rodikliai priklauso nuo sedimentacinių sąlygų (granulimetrinės sudėties, organinės medžiagos kiekio) ir antropogeninės apkrovos skirtumų Klaipėdos sąsiauryje.

## Literatūra

- Bouزيد S., Raissouni A., Khannous S. et al. 2012. Distribution and Origin of Aliphatic Hydrocarbons in Surface Sediments of Strategical Areas of the Western Moroccan Mediterranean Sea. *Open Environ Pollut Toxicol J.*, 3, 13–22.
- Emelyanov E. M. 2011. The approach to limnology (barrier zones) in the Baltic Sea: a review. *Baltica*, 24, 83–94.
- Esteves J. L., Commendatore M. G., Nievas M. L. et al. 2006. Hydrocarbon pollution in coastal sediments of Tierra del Fuego islands, Patagonia Argentina. *Mar Pollut Bull*, 52, 582–590.
- Jašinskaitė A., Stankevičius A. 2000. Klaipėdos uosto vandens kokybė. 90–93. Klaipėdos uostas. *Ekonomika ir ekologija*. Vilnius: Baltic ECO leidybos centras.
- Jokšas K., Galkus A., Stakėnienė R. 2003. The only Lithuanian Seaport and its Environment. Vilnius: Institute of Geology and Geography.

- Kanzari F., Syakti A. D., Malleret L. et al. 2014. Distributions of sources of persistent organic pollutants (aliphatic hydrocarbons, PAHs, PCBs and pesticides) in surface sediments of an industrialized urban river (Huveaune), France. *Sci Total Environ*, 478, 141–151.
- Medeiros P. M., Bicego M. C. 2004. Investigation of natural and anthropogenic hydrocarbon inputs in sediments using geochemical markers. II. Sao Sebastiao, SP-Brazil. *Mar Pollut Bull*, 49, 892–899.
- Readman J. W., Fillmann G., Tolosa I. et al. 2002. Petroleum and PAH contamination of the Black Sea. *Mar Pollut Bull*, 44, 48–62.
- Stakėnienė R., Jokšas, A. Galkus et al. 2016. Aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons in the bottom sediments from Klaipėda Harbour, Lithuania (Baltic Sea). *Chemistry and Ecology*, 32, 357–377.
- Stakėniene R., Galkus A., Jokšas K. 2011. Pollution of Klaipeda Port Waters. *Pol. J. Environ. Stud*, 20 (2), 445–459.
- Stakėnienė R., Jokšas K., Galkus A. ir kt. 2013. Organinės medžiagos geocheminiai indikatoriai Klaipėdos uosto dugno nuosėdose. Jūros krantų tyrimai – 2013. Konferencijos medžiaga. Klaipėda, balandžio 3–5, 239–244.
- Stakėnienė R. 2003. Angliavandenilių sklaidos ypatybės Klaipėdos sąsiaurio vandens stovymėje. *Geografijos metraštis*, Nr. 36 (2), 80–90. Vilnius.
- Suzdalev S., Gulbinskas S. 2014. Total petroleum hydrocarbons in surface sediments of the Lithuanian coastal area of the Baltic Sea. *Baltica*, 27, 23–30.
- Tolosa I., Mesa-Albernas M., Alonso-Hernandez C. M. 2009. Inputs and sources of hydrocarbons in sediments from Cienfuegos Bay, Cuba. *Mar Pollut Bull*, 58, 1624–1634.
- Zaghden H., Kallel M., Elleuchj B. et al. 2007. Sources and distribution of aliphatic and polyaromatic hydrocarbons in sediments of Staf, Tunisia, Mediterranean Sea. *Mar Chem*, 105, 70–89.

## INTEGRATED MARINE GEOPHYSICAL STUDIES

**Vitaliy Starostenko, Oleg Rusakov, Roman Kutas,  
Sergii Karabovych, Vladimir Kobolev**

Institute of Geophysics, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev,  
Ukraine

*vstar@igph.kiev.ua*

**Introduction.** Institute of Geophysics of National Academy of Sciences of Ukraine has been involved in the research of the Atlantic, Pacific and Indian Oceans since 1965 (Лебедев и др., 1965; Каляев и др., 1983; Тропическая Атлантика ..., 1988; Konate et al., 1989; Русаков и др., 1990). Over the last decades marine geophysical studies were carried in the framework of the special purpose interdisciplinary programme of research of NASU in the Black Sea aimed at the exploration of oil and gas accumulations (Kutas et al., 2002, 2004; Starostenko et al., 2004; Yegorova et al., 2010; Starostenko et al., 2014; Kobolev, Verpakhovskaya, 2014). In frame of the programme an optimal geophysical survey design has been developed for better estimation of the subsurface features.

**Methods.** The following methods are used (Коболев и др., 2011):

- seismic profiling – for detecting the amplitude and velocity anomalies due to structural features of the crust in the areas of gas seeps and gas hydrate-bearing sediments;
- gravity and magnetic observations – for mapping the deep crustal structure in the areas of gas seeps and hydrocarbons;
- heat flow determinations – for revealing the thermal regime of gas seep and hydrate-bearing sediments areas and the lithosphere;
- electrometric technique using point electromagnetic sounding (TEMS) – for direct researching of oil and gas accumulations.

**Instrumentation and interpretation approaches.** Seismic module designed for profiling at sea depth over 20 m. It allows to obtain seismic sections up to 3 km beneath the sea floor at sea depth of 2,5 km. Seismic surveys are based on a standard technology of marine exploration, using flanking monitoring system.

Gravimetric module consists of three GMN-K ship-borne gravimeters. A mean root square of relative gravity values is less than 1,2 mGal.

Magnetometric module is a proton gradiometer, applied for the gradient and total field measurements. It is characterized by high resistance to diurnal and minor magnetic storm activity in the ambient magnetic field. A software

package comprises of programmes, providing graphical visualization of measured values and input initial data.

Geothermal module GEOS-TM-2 output information includes the values of in-situ temperature, thermal gradients, thermal conductivity of bottom sediments, near-bottom water temperature, hydrostatic pressure, depth and angle of penetration into the bottom sediments. A software package administers automation of measuring process, calibration, testing of the probe data as well as the presentation of the results in the form of tables, graphs etc.

Electrometric module is a digital small size electromagnetic "PHOENIX" equipment, designed for the electromagnetic point sounding of transition processes and the formation of the near-field zone. Readings of measurements taken in the range of 10–10000 microseconds. A PC launches equipment and makes measurement recordings.

Geophysical modelling. The geophysical effects of 3D geological media are computed using an innovative, time saving and effective software package of Institute of Geophysics. The gravity, magnetic and stationary thermal fields are modelled. The field maps of individual layers are automatically loaded into a PC by scanning, enabling an accurate approximation of geological environments. This procedure enhances the resolving power and quality of geological interpretation.

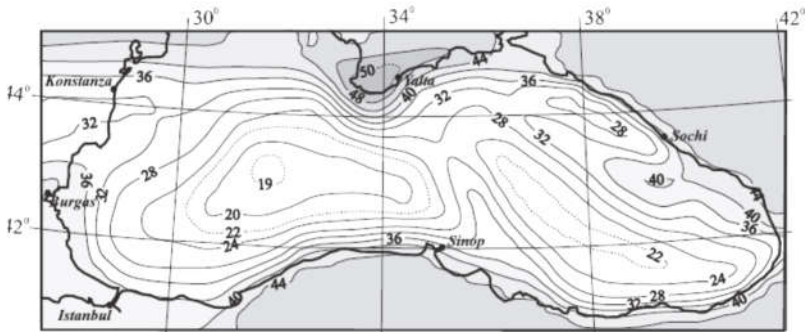


Fig. 1. Map of Moho depths in the Black Sea as inferred from gravity modelling. Units are in kilometers.

**Results.** Fig. 1 presents an example of gravity modelling in three dimensions (Starostenko et al., 2004). The map of the Moho depths is much more detailed in comparison to those developed from a limited number of DSS profiles. Up to now, it is the only 3D Moho map. The accuracy of the modelling depths is comparable to uncertainties of Moho depths determined from DSS



data. The Moho map demonstrates a wide range of crustal thickness variation related to the regional tectonic elements.

The DSS 29 profile is located in the East Black Sea Basin. The heat flow along the profile is in a range of 18–80  $\text{mWm}^{-2}$  (Starostenko et al., 2014). The depth to the Curie temperature of magnetite (580 °C) varies from 27 to 37 km (Fig. 2). A comparison of the results of the two independent methods reveals only 8–10 % discrepancy.

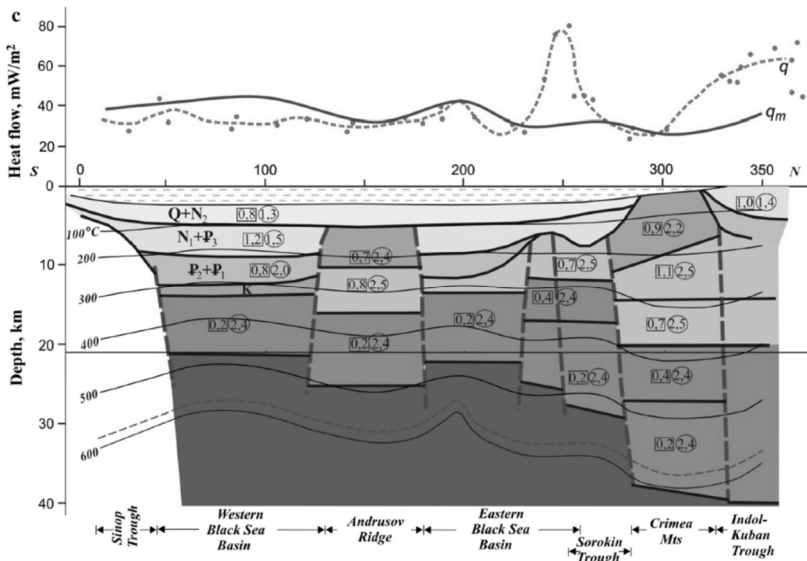
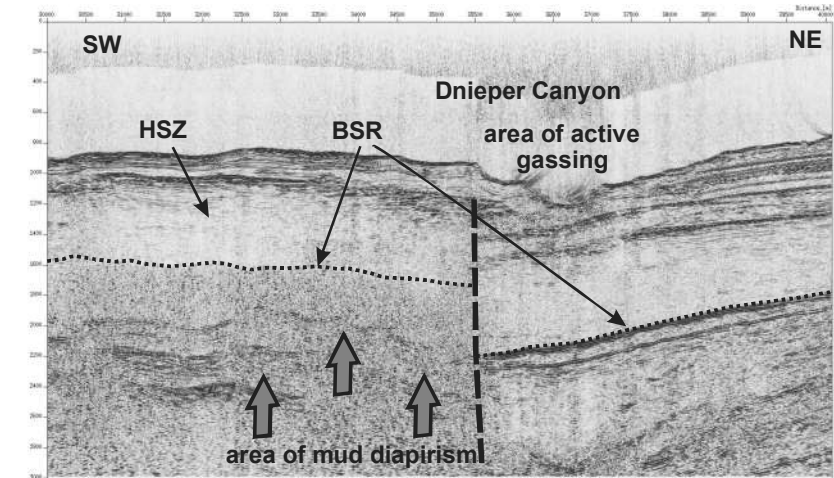


Fig. 2. Geothermal model for the crust along the 29 DSS profile. Heat flow:  $q$  – determined  $q_m$  – mantle; hachure line – the Curie isotherm; Numbers: in rectangular – radiogenic heat generation, in circles – an average value of thermal conductivity.

Vertical thick dashed lines – faults. See Fig. 1 for location.

In the area of active gas seepage (Dnipro paleo-delta) high resolution time sections revealed the signs of more or less continuous BSR boundary and mud diapirs, which interrupt the integrity of upper sedimentary layers (Fig. 3) (Kobolev, Verpakhovskaya). The mud diapir is directly associated with the formation of gas hydrates and as the consequence with neotectonic distortions, which is a major intermediate source of gas- and water-bearing fluids.



*Fig. 3.* Part of the processed multi-channel seismic, crossing the northern Dnieper Canyon. Above the bottom simulating reflector (BSR), base of the gas hydrate stability zone, is a zone of weak reflections – hydrate stability zone (HSZ); below it the amplitudes of the reflectors are enhanced. In addition, the fracture zone (dashed line) along Dnieper Canyon and area of mud diapirism (arrows) is shown.

## References

- Konate S., Roussakov O., Starostenko V. 1989. Structure regionale de la plate-forme et de la pente continentale de l'Afrique de l'Ouest // Étude de la géologie marine de l'Afrique de l'Ouest et du Centre. Rapports de l'Unesco sur les sciences de la mer. Unesco, Paris, 141–155 p.
- Kutas R. I., Rusakov O. M., Kobolev V. P. 2002. Gas seeps in the northwestern Black Sea: geological and geophysical studies. *Geologiya i Geofizika*, Vol. 43, 664–670 p.
- Kutas R. I., Paliy S. I., Rusakov O. M. 2004. Deep faults, heat flow and gas leakage in the northern Black Sea. *Geo-Mar Lett.*, Vol. 24, 163–168 p.
- Starostenko V., Buryanov V., Makarenko et al., 2004. Topography of the crust-mantle boundary beneath the Black Sea Basin. *Tectonophysics*, Vol. 381, 211–233 p.
- Starostenko V. I., Dolmaz N., Kutas R. I., et al. 2014. Thermal structure of the crust in the Black Sea: comparative analysis of magnetic and heat flow data. *Mar. Geophys. Res.*, Vol. 35, 345–359 p.
- Yegorova T., Baranova E., Omelchenko V. 2010. The crustal structure of the Black Sea from the reinterpretation of deep seismic sounding data acquired in the 1960s. In: Sosson, M., Kaymakci, N., Stephenson, R. A., Bergerat. F. & Starostenko. V. (eds.). 2010. *Sedimentary Basin Tectonics from the Black Sea and Caucasus to the Arabian Platform*. Geological Society, London, Special Publications, Vol. 340, 43–56 p.
- Каляев Г. И., Карабович С. В., Русаков О. М., Старostenko В. И. 1983. Глубинное строение Аравийско-Индийского хребта и зоны разлома Оуэн. *Геотектоника*, №1, с. 46–60.
- Коболев В. П., Буртный П. А., Михайлюк С. Ф. и др. 2011. Аппаратурно-техническое обеспечение морских геофизических исследований на НИС «Профессор Водяницкий». *Геофизический журнал*, Вып. 33, № 5, с. 90–99.

- Кобелев В. П., Верпаховская А. О. 2014. Скопления газовых гидратов в палеодельте Днепра как объект сейсмических исследований на склоне северо-западного шельфа Черного моря. Геология и полезные ископаемые Мирового океана, №1. с. 81–93.
- Лебедев Т. С., Шаповал В. И., Савенко Б. Я. 1965. Физические свойства донных отложений экваториальной зоны Атлантического океана. Геофиз. сб., Вып. 1(12), с. 87–105.
- Русаков О. М., Непрочнов Ю. П., Старостенко В. И. и др. 1990. Литосфера Индийского океана (по геофизическим данным). Киев: Наукова думка.
- Тропическая Атлантика. Регион Гвинеи. 1988. (ред. Еремеев В.Н.). Киев: Наукова думка.

## DIOKSINAI IR DIOKSINŲ TIPO JUNGINIAI LIETUVOS BALTIJOS JŪROS AKVATORIJOS DUGNO NUOSĖDOSE

**Sergej Suzdalev, Viačeslav Jurkin**

Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų atviros prieigos centras, Klaipėda  
*sergej.suzdalev@apc.ku.lt*

**Įvadas.** Tobulėjant ir vystantis technologijoms ir pramonės šakoms šalyse įsisavinama ir naudojama vis daugiau naujų cheminių medžiagų, kurios dėl tam tikrų savo fizikinių-cheminių savybių gali tapti pavojingos aplinkai ir žmogui.

Polichlorinti dibenzo-*p*-dioksinai (PCDD) ir polichlorinti dibenzofuranai (PCDF) – vieni pavojingiausių patvariųjų organinių teršalų, kurie yra šalutiniai terminių pramoninių arba degimo procesų produktai. Dideli kiekiai šių pavojingų teršalų išmetami ir dėl netinkamo atliekų deginimo, netinkamai įrengtų pavojingų medžiagų saugyklų priežiūros, kur dažnai kyla gaisrai (Lietuvos Baltijos jūros aplinkos..., 2012).

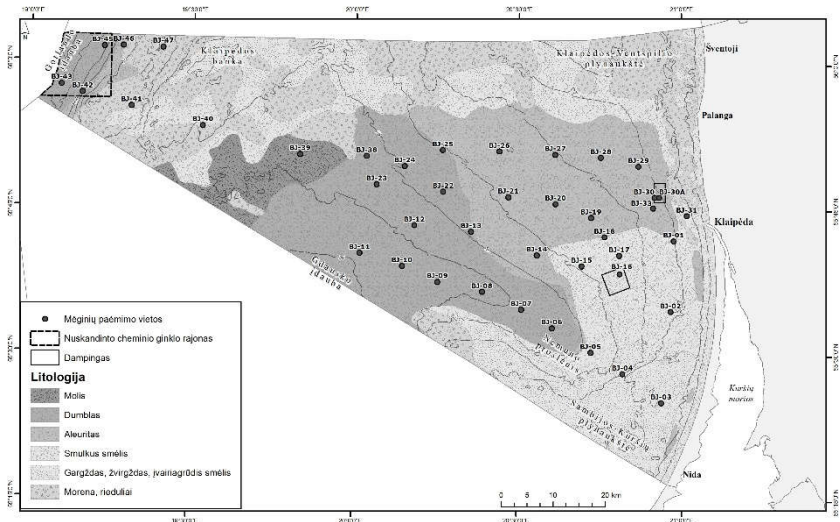
Nors terminas „dioksinai“ apima 75 PCDD ir 135 PCDF izomerus, prioritetinės pavojingos medžiagos statusą turi 7 PCDD junginiai ir 10 PCDF junginiai. Dar 12 junginių yra įvardinami kaip dioksinų tipo polichlorinti bifenilai (PCB-DL).

Manoma, kad net maži kiekiai šių sintetinių cheminių medžiagų gali turėti didžiulį neigiamą poveikį biotai ir visai jūrinei aplinkai, tačiau iki šiol detalesnių tyrimų duomenų apie šių junginių koncentracijas Baltijos jūros Lietuvos akvatorijoje atlikta nebuvo. 2009–2012 m. laikotarpiu epizodiniai dioksinų tyrimai (COHIBA projektas) atlikti pramonės įmonių išleidžiamose nuotekose, todėl tiesiogiai Baltijos jūros akvatorijos neapėmė. Kadangi dioksinai pasižymi itin silpnu tirpumu, didžioji jų dalis (iki 90 %) akumuluojasi dirvožemio arba nuosėdų dalelėse.

Esamos situacijos analizei bei jūrinės aplinkos būklės preliminariajam vertinimui 2014 m. buvo atlikti nauji dioksinų ir dioksinų tipo junginių tyrimai Lietuvos Baltijos jūros akvatorijos dugno nuosėdose.

**Tyrimų medžiaga ir metodika.** Medžiaga buvo surinkta 2014 m. birželio–liepos mėnesiais Lietuvos Baltijos jūros akvatorijoje, įgyvendinant tarptautinį projektą ECODUMP (ECODUMP, 2011–2014). Dugno nuosėdų mėginiai paimti Van Veen gruntosemiu iš paviršinio dugno sluoksnio (0–10 cm). Tyrimo taškai buvo parinkti jūros akvatorijoje, atsižvelgiant į minkšto grunto pasiskirstymo dėsninumus (taip pat ir grunto gramzdinimo vietų ribas)

ir išsidėstę profiliuose nuo priekrantės link giliausių Gdanko bei Gotlando įdaubos vietų. Iš viso tyrimai atlikti 42 stotyse.



1 pav. Dugno nuosėdų mėginių ėmimo vietas.

Dioksinų (PCDD, PCDF, DL-PCB) koncentracijos dugno nuosėdų mėginiuose nustatytos Krokuvos technologijos universiteto Cheminės inžinerijos ir technologijos fakulteto laboratorijoje, turinioje Lenkijos akreditacijos centro išduotą akreditavimo pažymėjimą reikiamų parametru nustatymui.

Dioksinų koncentracijos nustatytos dujų chromatografijos metodu (GC-MS/MS), naudojant masių spektrometrą Finnigan-ThermoScientific ITQ 1100. Dioksinų suminę koncentraciją ( $\sum$ PCDD/PCDF,  $\text{pg} \cdot \text{g}^{-1}$ ) sudarė 7 PCDD junginių (2,3,7,8-T4CDD; 1,2,3,7,8-P5CDD; 1,2,3,4,7,8-H6CDD; 1,2,3,6,7,8-H6CDD; 1,2,3,7,8,9-H6CDD; 1,2,3,4,6,7,8-H7CDD; 1,2,3,4,6,7,8,9-O8CDD) ir 10 PCDF junginių (2,3,7,8-T4CDF; 1,2,3,7,8-P5CDF; 2,3,4,7,8-P5CDF; 1,2,3,4,7,8-H6CDF; 1,2,3,6,7,8-H6CDF; 1,2,3,7,8,9-H6CDF; 2,3,4,6,7,8-H6CDF; 1,2,3,4,6,7,8-H7CDF; 1,2,3,4,7,8,9-H7CDF; 1,2,3,4,6,7,8,9-O8CDF) koncentracijos. Dioksinų tipo junginių suminę koncentraciją ( $\sum$ DL-PCB,  $\text{pg} \cdot \text{g}^{-1}$ ) reprezentuojama 12 atskirų polichlorintų bifenilių (PCB 77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169, 189) koncentracijomis.

Tirtų junginių skaitinės reikšmės taip pat išreikštos toksiškumo ekvivalentais (TEQ), nusakančiais dioksinų galimą toksinį poveikį pagal

Pasaulio sveikatos organizacijos nustatytus toksinio ekvivalentiškumo koeficientus (WHO, 2003).

**Dioksinų ir dioksinų tipo junginių koncentracijų pasiskirstymas.**

$\Sigma$ PCDD/PCDF koncentracijos Lietuvos Baltijos jūros dugno nuosėdose kinta nuo  $2,6 \text{ pg}\cdot\text{g}^{-1}$  Kuršių nerijos priekrantėje esančioje smulkaus smėlio zonoje (stotis BJ-3) iki  $430,2 \text{ pg}\cdot\text{g}^{-1}$  Gdansko įdaubos rajone aptinkamuose aleuritiniuose-pelitiniuose dumbluose (stotis BJ-10). Pastebima bendra dioksinų koncentracijų didėjimo tendencija smulkeįant nuosėdas formuojančioms frakcijoms tostant nuo kranto ir augant gyliams. Tokiu būdu vidutinė suminė PCDD/PCDF junginių koncentracija vidutingerūdžio smėlio nuosėdose siekia  $3,3 \text{ pg}\cdot\text{g}^{-1}$ , tuo tarpu aleuritiniame-pelitiniame dumble net  $355,8 \text{ pg}\cdot\text{g}^{-1}$ . Sąlyginai aukšta  $\Sigma$ PCDD/PCDF koncentracija ( $196,8 \text{ pg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) nustatyta priekrantės dampungo rajone aptiktose moreninio grunto sampylose (stotis BJ-30). Įdomu tai, kad to paties rajono vyraujančiose smėlingose nuosėdose  $\Sigma$ PCDD/PCDF koncentracija siekė tik  $13,3 \text{ pg}\cdot\text{g}^{-1}$  (stotis BJ-30A). Šis faktas patvirtina jūros aplinkos antrinės dioksinų taršos galimybes iš grunto gramzdinimo vietų.

Verta pabrėžti, kad aptiktos  $\Sigma$ PCDD/PCDF koncentracijos Lietuvos Baltijos jūros dugno nuosėdose yra žymiai mažesnės lyginant su kitomis Baltijos jūros dalimis. Suomijos įlankos dugno nuosėdose 1996–2003 metų periodu buvo fiksuojamos  $\Sigma$ PCDD/PCDF koncentracijos, siekiančios iki  $52\,891 \text{ pg}\cdot\text{g}^{-1}$ , centrinėje Baltijos dalyje 2002–2003 metų duomenimis –  $2\,541 \text{ pg}\cdot\text{g}^{-1}$ , o vakarinėje dalyje (1995–1997 m.) –  $4\,840 \text{ pg}\cdot\text{g}^{-1}$  (Ricking et al., 2005; Verta et al., 2007).

$\Sigma$ DL-PCB koncentracijos kinta  $18,3$ – $1\,053,3 \text{ pg}\cdot\text{g}^{-1}$  diapazone. Kaip ir PCDD/PCDF atveju aukščiausias dioksinų tipo junginių koncentracijos aptinkamos Gdansko įdaubos šlaitus dengiančiose smulkiausiose nuosėdose (stotys BJ-12 ir BJ-23). Vis dėlto, dioksinų tipo junginių suminės koncentracijos rodo mažesnę sąsają su nuosėdų sudėtimi. Apie tai byloja sąlyginai didesnės DL-PCB koncentracijos ( $236,1$ – $321,6 \text{ pg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) aptiktos Kuršių Nerijos priekrantės smėliuose, lyginant su centrinėje dalyje vyraujančiais smulkaus aleurito klodais ( $18,3$ – $129,3 \text{ pg}\cdot\text{g}^{-1}$ ). Šiuo atveju galima įžvelgti tikėtiną gilia Vandens dampungo rajono įtaką DL-PCB koncentracijų padidėjimui aplinkiniuose jūros teritorijose. Nors pačiame dampungo rajone (stotis BJ-16) DL-PCB suminė koncentracija tyrimų metu siekė  $31,1 \text{ pg}\cdot\text{g}^{-1}$ , padidėjusios reikšmės dampungo įtakos zonoje verčia manyti apie antrinės taršos ilgalaikę sklaidą iš grunto gramzdinimo rajono.

**Toksiškumo ekvivalentai (TEQ).** Dioksinų bendrajam toksiškumui išreikšti naudojami toksiškumo ekvivalentai (TEQ). Šiuo metu aplinkos kokybės standartų dioksinų koncentracijoms dugno nuosėdose/dirvožemyje

nėra sukurta, todėl vertinant minėtos terpės užterštumo lygį dažniausiai naudojama 5 pg I-TEQ g<sup>-1</sup> ribinė vertė, reprezentuojančia „ekologiškai švarias“ teritorijas (Rappe, 1993; Chovanec et al., 1994; Verta et al., 2007).

Lietuvos Baltijos jūros akvatorijos dugno nuosėdose I-PCDD/F-TEQ reikšmės svyruoja nuo 0,16 iki 9,5 pg·g<sup>-1</sup>, o vidurkis sudaro 2 pg I-PCDD/F-TEQ g<sup>-1</sup>. 86 % aptiktų koncentracijų yra mažesnės negu 5 pg I-TEQ g<sup>-1</sup>. Didžiausi ekvivalentai (5,2–9,5 pg I-TEQ g<sup>-1</sup>) būdingi Gdanko įdaubos giliausioms vietoms, taip pat Gotlando įdaubos pietrytiniai daliai (7,1 pg I-TEQ g<sup>-1</sup>). Panašios koncentracijos pietinėje Baltijoje nustatytos ir ankstesnėse studijose (Niemirycz, Jankowska, 2011).

**Dominuojantys junginiai.** Dioksinus reprezentuojančių atskirų junginių analizė dažniausiai naudojama, siekiant nustatyti potencialius taršos šaltinius (Rappe, 1992) bei apibūdinti dioksinų prigimtį. Pavyzdžiui 2,3,7,8-T4CDD, 2,3,7,8-T4CDF, 1,2,3,7,8-P5CDF ir 1,2,3,4,6,7,8,9-O8CDF junginiai dažniausiai yra naudojami kaip popieriaus balinimo ir/arba vinilchloridų gamybos indikatoriai, 1,2,3,4,6,7,8-H7CDD siejamas su pentachlorfenolių produktais, o 2,3,4,7,8-P5CDF ir 1,2,3,7,8-P5CDD asocijuojasi su atmosferinėmis iškritomis (Verta et al., 2007; Sundqvist et al., 2010).

Šio tyrimo rezultatai rodo labai aiškų 1,2,3,4,6,7,8,9-O8CDD ir 1,2,3,4,6,7,8,9-O8CDF junginių dominavimą suminiuose dioksinų profiliuose, tuo tarpu toksiškiausių junginių (H6CDD, P5CDD, T4CDD) vertės yra žymiai mažesnės. Šis faktas galimai patvirtina ir kitų autorių išvadas, jog pietinė Baltijos dalis nepasižymi stipriu dioksinų užterštumu, įtakojamu pramoninės veiklos (chlororganinių pesticidų arba popieriaus gamybos). O8CDD junginio dominavimas visuose nuosėdų tipuose patvirtina, kad atmosferos iškritos yra pagrindinis PCDD/Fs šaltinis Lietuvos Baltijos jūros akvatorijos aplinkoje.

Polichlorintųjų bifenilų suminėse koncentracijose išsiskiria PCB 105 bei PCB 118 junginiai, kurie taip pat dominuoja ir kitose Baltijos jūros dalyse (Bandh et al., 2000; Isosaari et al., 2002).

### **Išvados**

1.  $\sum$ PCDD/PCDF bendrosios koncentracijos Lietuvos Baltijos jūros dugno nuosėdose kinta nuo 2,6 pg·g<sup>-1</sup> iki 430,2 pg·g<sup>-1</sup>,  $\sum$ DL-PCB koncentracijos nuo 18,3 iki 1 053,3 pg·g<sup>-1</sup>. Šios reikšmės yra žymiai mažesnės, lyginant su kitomis Baltijos jūros dalimis.
2. Dioksinų koncentracijos rodo didėjimo tendenciją smulkėjant nuosėdas formuojančioms frakcijoms tolstant nuo kranto ir augant gyliams.
3. 86 % analizuotų mėginių apskaičiuoti toksiškumo ekvivalentai (TEQ) yra mažesni nei 5 pg I-TEQ g<sup>-1</sup> ribinė vertė, reprezentuojanti „ekologiškai švarias“ teritorijas. Didesniu toksiškumu pasižymi tik Gdanko įdauboje akumuliuojančios smulkiadisersinės nuosėdos.

4. Atskirų junginių analizė parodė, kad atmosferinės iškritos yra labiausiai tikėtinas dioksinų šaltinis Lietuvos Baltijos jūros dalyje.

## Literatūra

- Bandh C., Björklund E., Mathiasso, L. et al. 2000. Comparison of accelerated solvent extraction and soxhlet extraction for the determination of PCBs in Baltic Sea sediments. *Environmental Science and Technology* 34, 4995–5000.
- Chovanec A., Vogel W. R., Lorbeer A. et al. 1994. Chlorinated organic compounds, PAH and heavy metals in sediments and aquatic mosses of two Upper Austrian rivers. *Chemosphere* 29, 2117–2133.
- COHIBA, 2009–2012. „Control of hazardous substances in the Baltic Sea region“ – COHIBA.V. 2012-01-06. <http://www.cohiba-project.net>.
- ECODUMP, 2011–2014. Application of ecosystem principles for the location and management of offshore dumping sites in SE Baltic Region. <http://corpi.ku.lt/ecodump/>.
- Isosaari P., Kankaanpää H., Mattila J. et al. 2002. Spatial distribution and temporal accumulation of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans and biphenyls in the Gulf of Finland. *Environmental Science and Technology* 36 (12), 2560–2565.
- Jūrinių tyrimų konsorciumas. 2012. Lietuvos Baltijos jūros aplinkos apsaugos valdymo stiprinimo dokumentų parengimas. III-oji tarpinė ataskaita. P. 497.
- Niemiryz E., Jankowska D. 2011. Concentrations and profiles of PCDD/Fs in sediments of major Polish rivers and the Gdansk Basin – Baltic Sea. *Chemosphere* 85, 525–532.
- Rappe C. 1992. Sources of PCDDs and PCDFs, introduction, reaction, levels, patterns, profiles and trends. *Chemosphere* 25, 41–44.
- Rappe C. 1993. Sources of exposure, environmental concentrations and exposure assessment of PCDDs and PCDFs. *Chemosphere* 27, 211–225.
- Ricking M., Koch M., Rotard W. 2005. Organic pollutants in sediments cores of NE-Germany: comparison of the marine Arkona Basin with freshwater sediments. *Marine Pollution Bulletin* 50, 1699–1705.
- Sundqvist K. L., Tysklind M., Geladi P. et al. 2010. PCDD/F source apportionment in the Baltic Sea using positive matrix factorization. *Environmental Science and Technology* 44, 1690–1697.
- Verta M., Salo S., Korhonen M. et al. 2007. Dioxin concentrations in sediments of the Baltic Sea – a survey of existing data. *Chemosphere* 67, 1762–1775.
- WHO. 2003. Health Risks of Persistent Organic Pollutants from Long-Range Transboundary Air. Copenhagen. Denmark.



## LAIVO BALASTINIO VANDENS VALYMO ĮRANGOS PARINKIMO METODIKA

**Diana Šateikienė<sup>1</sup>, Jolanta Janutėnienė<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Jūrų inžinerijos katedra, Klaipėda, <sup>2</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Inžinerijos katedra, Klaipėda  
*diana.s@balticum-tv.lt*

**Įvadas.** Įsigaliojus Tarptautinei laivų balasto vandens tvarkymo konvencijai (Ballast Water Management Convention – BWM Convention), laivai privalės atitikti eksploatacinius parametrus, nustatytus šios Konvencijos D-2 valymo įrangos standartė. Todėl aktualus klausimas tampa vandens valymo sistemų įdiegimas eksploatuojamuose laivuose.

Straipsnio tikslas – išanalizuoti balastinio vandens valymo įrangą ir sudaryti įrangos parinkimo metodiką diegiant ją laivuose, kuriuose ji nebuvo numatyta projektavimo metu.

**Balastinio vandens valymo įrangos analizė.** Šiuo metu patvirtintas nemažas skaičius balastinio vandens valymo metodų (Champ et al., 2002; Lloyd's Register, 2010; Balaji et al., 2011; Werschkun et al., 2012; Delacroix et al., 2013). Atlikus virš penkiasdešimties mokslinių šaltinių analizę ir sintezę, balastinio vandens valymo metodų, įrangos ir techninių charakteristikų lyginamąją analizę, buvo sudaryta valymo įrangos parametrų, lemiančių valymo technologijos parinkimą, sistema, kurią įvertinus galima parinkti eksploatuojamiems laivams optimalų balastinio vandens valymo modulį (1 lentelė).

*1 lentelė*

Balastinio vandens valymo metodai ir įrangos maksimalios rodiklių reikšmės

Balastinio vandens valymo įranga	Techninės charakteristikos, matavimo vienetai			
	Našumas, m <sup>3</sup> /h	Plotas, m <sup>2</sup>	Aukštis, m	Energijos sąnaudos, kWh
Filtravimas + Ultravioletinis spinduliavimas	2880	43,3	3,4	770
Filtravimas + Elektrolizė/Elektrochloravimas + Rec	8000	11	2,8	250
Filtravimas + Elektrolizė/ Elektrochloravimas	7200	7,2	3,15	175
Filtravimas + Elektrolizė/ Elektrochloravimas + OH	375	55,91	2,87	257
Filtravimas + Elektrolizė/ Elektrochloravimas + US + OH	9000	8,4	3,33	85

Filtravimas + Hidrociklonas + Elektrolizė/ Elektrochloravimas	3000	4	3	20
Filtravimas + UV + TiO <sub>2</sub>	3000	4,3	2,65	500
Filtravimas + UV + O <sub>3</sub>	3000	45,6	3,59	582
Filtravimas + Cl <sub>2</sub>	1500	4,1	2,1	21
Filtravimas + NaClO + Rec	4500	21	2,7	13.4
Hidrociklonas + Kavitacija + AO	6000	7	2,97	310
Elektrolizė / Elektrochloravimas + Kavitacija	5000	12,4	2,1	220
Elektrolizė / Elektrochloravimas ClO <sub>2</sub>	16200	25,1	3,6	33
Elektrolizė / Elektrochloravimas +OH	10000	14,7	3	172

Pagrindiniai techniniai sistemos parametrai, susiję su balastinio vandens valymu, yra debitas, bendras sistemos dydis ir išlaidos. Išlaidos apima diegimo išlaidas (CAPEX – Capital expenditures) ir eksploatacinės išlaidas (OPEX) (2 lentelė).

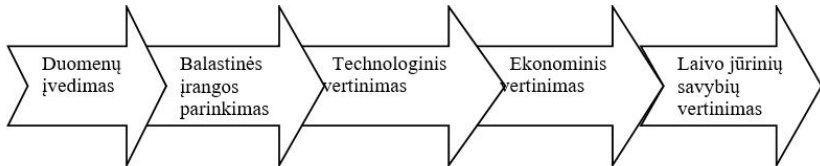
2 lentelė

Balastinio vandens valymo metodai ir įrangos kapitalo ir eksploatacinės išlaidos

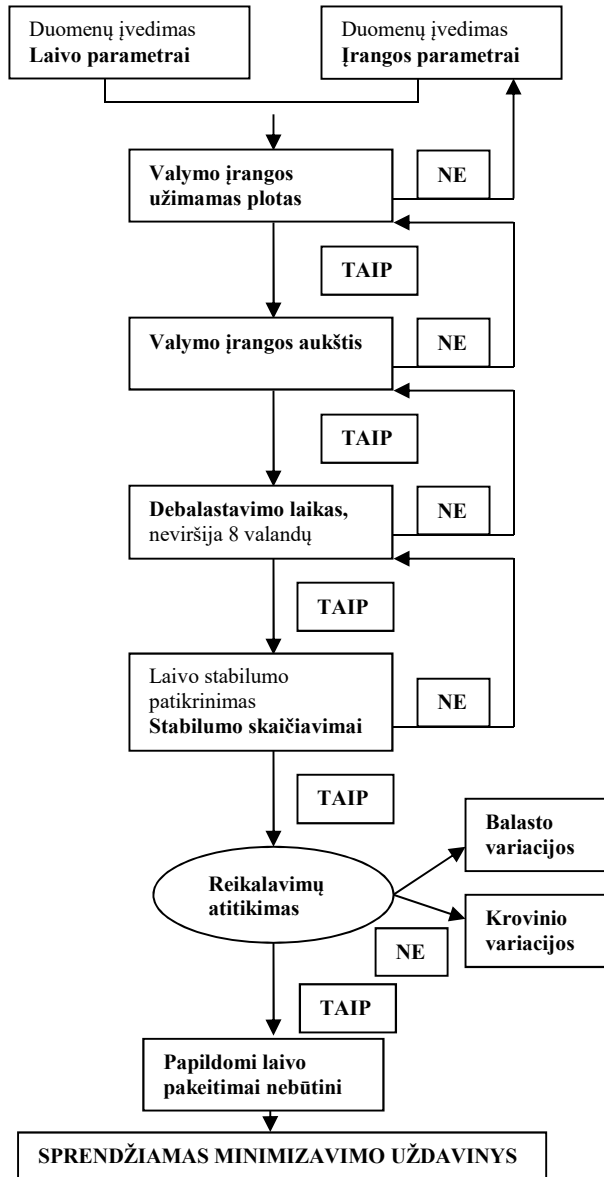
Balastinio vandens valymo metodai	Capex, \$k		Opex \$ per
	200 m <sup>3</sup> /h	2000 m <sup>3</sup> /h	1000 m <sup>3</sup> /h
ClO <sub>2</sub>	260	400	60
Filtravimas+elektrolizė/elektrochloravimas	350	NA	19
Filtravimas+ultragarsas	NA	500	5
Filtravimas+UV	135	165	100
Deoksidacija	650	950	60
Deoksidacija+kavitacija	150	400	50
Filtravimas+elektrolizė/elektrochloravimas +redukcija	350	500	20
Elektrolizė+OH	150	NA	10

NA – informacija nenustatyta arba ji neviešinama.

Balastinio vandens valymo įrangos diegimo išlaidos siekia nuo 135 iki 950 tūkst. \$, priklausomai nuo našumo. Didžiąją dalį eksploatacinių išlaidų sudaro energijos sąnaudos naudojant UV, elektrolizės ar oksidavimo procesus.



1 pav. Balastinio vandens valymo įrangos efektyvumo vertinimo seka.



2 pav. Balastinio vandens valymo įrangos diegimo vertinimo algoritmas.

**Balastinio vandens valymo įrangos įdiegimo etapai.** Balastinio vandens valymo įrangos diegimas reikalauja daug laiko analizuojant eksploatuojamo laivo balastinės sistemos charakteristikas, parenkant vietą įrangai sumontuoti, atliekant sudėtingus inžinerinius skaičiavimus.

Duomenų įvedimas suskirstytas į atskiras dalis:

- Laivo duomenys, reikalingi balastinės sistemos parinkimui:

1. Balastinės sistemos našumas ( $m^3/h$ ); skirtos vietos įrangai sumontuoti plotas ( $m^2$ ) ir aukštis (m).

2. Laivo ilgis tarp statmenų (m); laivo plotis midelyje (m); nepakrauto laivo masė (t); dedveitas (t); pilnai pakrauto ir laivo su balastu grimzlė, masės centro koordinatės [X; Y; Z], metacentrinis aukštis, diferentas;

- Duomenys technologiniam vertinimui:

1. Balastinio vandens valymo įrangos masė (t).

2. Balastinio vandens valymo įrangos našumas ( $m^3/h$ ); įrangos užimamas plotas ( $m^2$ ) ir aukštis (m); energijos sąnaudos (kWh).

- Duomenys ekonominiam vertinimui:

1. Įrangos įdiegimo išlaidos: įrangos pirkimo sąnaudos, €; projektavimo darbų sąnaudos, €; įrangos įdiegimo sąnaudos, €; dokumentacijos paruošimo sąnaudos, €.

2. Įrangos eksploatacinės išlaidos: balastinio vandens valymo įrangos aptarnavimas, €/metus; išlaidos reagentams, €/metus; papildomos energijos išlaidos, €/metus; balastinio vandens valymo įrangos masė, t; vienos tonos krovinio gabenimo vieną jūrmylę kaina, €/t\*nm (nm – metinis reisų atstumas, nm/metus).

**Išvados.** Taikant BWM konvencijos D2 standartą laivuose privaloma įdiegti balastinio vandens valymo įrenginius ir išpildomas vanduo privalės būti išvalytas. Standartų D-1 ir D-2 laikymosi reikalavimai yra nurodyti BWM konvencijos priimtuose nutarimuose ir priklauso nuo laivo pastatymo datos ir balastinių cisternų talpumo.

Pagrindines balastinio vandens valymo įrangos technines charakteristikas į kurias reikia atsižvelgti parenkant valymo įrangą yra laivo tipas, valymui atlikti reikalingas laikas, plotas ir aukštis, skirtos įrangai įmontuoti laive.

Vertindami balastinio vandens įrangos įdiegimo efektyvumą, išskiriamos balastinio vandens valymo įrangos įdiegimo ir eksploatavimo sąnaudos.

Sudarytas balastinio vandens valymo įrangos įdiegimo algoritmas, nustatyti būtini pradiniai laivo duomenys; valymo įrangos duomenys, kuriuos naudojant galima parinkti optimalių parametų įrangą.

## Literatūra

Balaji R., Yaakob O. 2011. Emerging ballast water treatment technologies: a review. Journal of Sustainability Science and Management, 6 (1), 126–138.

- Berntzen M. 2010. Guidelines for selection of a ship ballast water treatment system: Master thesis in Marine Systems Design. Norwegian university of science and technology.
- Champ M. A. 2002. Marine Testing Board for certification of ballast water treatment technologies. *Marine Pollution Bulletin*, 44, 1327–1335.
- Delacroix S., Vogelsang C., Tobiesen A. et al. 2013. Disinfection by-products and ecotoxicity of ballast water after oxidative treatment – Results and experiences from seven years of full-scale testing of ballast water management systems. *Marine Pollution Bulletin*, 73, 24–36.
- Lloyd's Register. 2010. Ballast water treatment systems: guidance for ship operators on procurement, installation and operation. London: 71 Fenchurch Street, 2010. 15.
- Werschkun B., Sommer Y., Banerji S. 2012. Disinfection by-products in ballast treatment: an evaluation of regulatory data. *Water research*, 46, 4884–4901.

## **KLAIPĖDOS UOSTO STATYBOS, PRIEŽIŪROS IR VALDYMO TARNYBŲ PASTATAS (NAUJOJI UOSTO GATVĖ, NR. 5)**

**Arminas Štuopys, Darius Narmontas, Vitalijus Lupandinas**

Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Jūrų  
inžinerijos katedra, Klaipėda  
*arminas.stuopys@gmail.com*

**Ivadas.** Jei modernaus, ne tik pirklių, o ir valstybės vystomo Memelio / Klaipėdos uosto užuomazgų ieškosime jo vidinių akvatorijų plėtroje už Dangės žiočių ir pirmųjų ilgalaičių molų bei krantinių statybose Klaipėdos sąsiauryje, jūros vartuose (Žostautaitė, 1990), jei į uosto plėtros istoriją žiūrėsime kompleksiskai, turėsime įvertinti ir nuo XIX a. vidurio uostininkų nuosekliai realizuojamas pastangas įsisavinti tuo laikotarpiu sparčiai urbanizuojamą teritoriją dešinėje Dangės žiočių pusėje. Dabar šioje teritorijoje miestiečiams ir svečiams apžiūrai teprieinamas vienintelis minėtojo miesto ir uosto raidos laikotarpio liudininkas, buvęs administracinis – gyvenamasis pastatas Naujojoje Uosto gatvėje Nr. 5. Jau ilgiau kaip dešimtmetį nominalius savininkus turintis pastatas yra avarinės būklės, beveik neprižiūrimas (užkaltais langais ir įeigomis, uždengtu fasadu, griūvančiu stogu). Jis turėtų būti svarbus dėl sąsajų su tarpukario Lietuvos pastangomis perimti Klaipėdos uosto valdymą, jį vystyti, tobulinti, kai per keliolika Nepriklausomybės metų uostas tapo svarbiausiąja ekonomine arterija (Meškauskas ir kt., 1976). Kpt. L Stulpinas, inž. R. Visockas, inž. J. Šimoliūnas, kiti XX a. pradžios specialistai, Krašto ir Didžiosios Lietuvos politikai, visuomenės veikėjai buvo susiję su šiuo pastatu: jame dirbo arba rezidavo. Todėl Klaipėdos savivaldybės paveldosaugos skyrius, suaktualindamas vieną ar kitą aspektą, periodiškai kas keleri metai užsako atlikti pastato urbanistinio, architektūrinio ir istorinio pobūdžio tyrimus. Šiame tekste remiamės, polemizuojame su paskutiniaisiais dviem iš jų (Stripinienė ir kt., 2011; Ramanauskienė ir kt., 2015). Tokio dėmesio šis pastatas sulaukia ne tik dėl avarinės būklės, sumenkusios architektūrinės ar kol kas deramai neįvertintos istorinės vertės (Elertas, 2012), bet ir sovietmečio urbanistų klaidų, dėl kurių jis atsidūrė labai nepatogioje vietoje, beveik važiuojamojoje gatvės dalyje. Sužlugus visos dešiniakrantės Dangės žiočių rajono pramoninės teritorijos konversijos planams, apleistas, nešildomas ir nuo miesto komunikacinių tinklų atjungtas pastatas stovi nežinomybėje: pasak ekspertų, jis nevertas pripažinti paveldo objektu (Ramanauskienė ir kt., 2015).

**Tyrimų tikslas ir metodai.** Matydami avarinę puošnaus ir istoriškai vertingo pastato būklę ir, tikėtina, liūdną jo ateitį, siekiame dar kartą įvertinti bei užfiksuoti vertingąsias pastato architektūrinės – planinės savybes, medžiaginius ir konstrukcinius sprendimus, detales, kurių neakcentavo ar neužfiksavo tyrimus atlikę ekspertai. Verta paminėti ir specialaus tyrimo reikalingą, ekspertų nenagrinėtą vienos jo dalies – rūsio – Antrojo pasaulinio karo (II PK) laikotarpiu atliktą slėptuvės funkciją. Šiuos tikslus realizuojame aprašomojo, fiksuojamojo – matuojamojo pobūdžio natūriniais architektūriniais, medžiagotyrimiais, istoriniais, kartografiniais tyrimais.

**Tyrimų rezultatai. Pastato paskirties ir naudotojų pokyčiai.** Aptariamos miesto teritorijos ir dalies joje išsikūrusių įstaigų raida aptarta visuomenei prieinamuose leidiniuose (Tatoris, 1994; Zembrickis, 2002, 2004), šios žinios sintezuotos paveldosaugininkų ekspertų (Ramanauskienė ir kt., 2015), bet apie kai kuriuos laikotarpius žinoma mažiau. Pavyzdžiui, miesto planų, adresų knygų analizė tik apytikriai atsako į klausimą apie pastato (21x12 m) statybos metus: įvardysime XIX a. pabaigą. Pastato naudotojai neblogai žinomi – įvairios uosto statybos ir valdymo tarnybos. Atrodo, kad nuo 1926 m., nusistovėjęs uosto administracinei ir tarnybų schemai, pastatą nuolat valdė ir jame rezidavo Uosto direkcija ir jai pavaldūs skyriai – uosto darbų valdyba, uosto kapitono tarnybos (vadovai – L. Stulpinas, J. Šimoliūnas, V. Rimdžius).

**Pastato panauda karo ir pokario metais.** Paveldosaugos ekspertai nurodo, kad „1942 m. pastatas perduotas Klaipėdos vandens kelių valdybai“ (Ramanauskienė ir kt., 2015). Šio tyrimo autoriai matė viešumo nenorinčių kolekcininkų disponuojamą II PK laikotarpio Memelio vandens kelių ir uosto tarnybos (taip ji vadinta karo metu: *Wasserstrassen und Hafenamt Memel*; priklausė Karaliaučiaus (Prūsijos) vandens kelių direkcijai: *Wasserstrassendirektion Königsberg (Pr)*) archyvo dalį, evakuotą į Vokietijos gilumą atsitraukimo metu. Tai sąmatos, darbuotojų sąrašai, žemėlapiai, uosto schemas ir planai, batimetriniai duomenys, molų fotorekognostiruotė ir remonto planai, ataskaitos, duomenys apie sklypų prie upių, Vilhelmo kanalo krantų priklausomybę ir t. t. Dokumentai neturi slaptumo grifo; fragmentiškai apima XX a. ketvirtojo dešimtmečio (yra ir lietuvių kalba) ir, nuosekliau, – 1940–1944 m. dokumentaciją. Vėliausiai datuojamas dokumentas – 1944 m. lapkričio pabaiga, kada Uostamiestis jau buvo apsiaustas raudonosios armijos, o civiliai turėjo būti evakuoti (Dieckert et al., 2010). Tarp dokumentų buvo ir uosto krantinių teritorijų 1942 m. 02 mėn. miesto statybos tarėjų ir Tarnybos direktoriaus Schäfer'io patvirtintas planas (M1:1000) su eksplikacija. Jame tvora ir kultivuojamu želdinių plotu išskirtas aptariamo pastato sklypas, išžėstas į vakarų (krantinių) pusę. Iš šios plano dalies sužinome: a) tarp pastato sklypo vakarinėje dalyje tebebūta sodo; b) prie pastato kiemo įeigų parodyti

nedideli ir neaukšti priestatai, panašūs į nuo sprogimų bangų ir skeveldrų saugančias sienes – slėptuvių tambūrus (?); c) pakeisti aptariamoms teritorijoms pastatų paskirtį žymintys įrašai, nubraukti senieji, užrašyti naujieji. Senasis pastato įvardijimas didžiosiomis raidėmis „PREUSSWASSERSTRASSENAMT“ nubrauktas, ranka juodu tušu mažosiomis raidėmis užrašyta „Dienstwohnungen“ (tarnybiniai butai). Kitame apželdinto sklypo gilumoje buvusiame pastate padaryti panašūs pakeitimai, jis naujai įvardytas „Reichsmietwohnungen“ (reicho ar valstybinis daugiabutis). Ką reišė, kodėl buvo padaryti šie pokyčiai, kur (ar) išsikraustė II PK pradžioje pastatą užėmusi įstaiga – kol kas neaišku.

Jau vėlyvame pokaryje sklypo teritorija neteko reprezentacinės funkcijos, užstatyta (sandėliukai, įmonės), pastatas paverstas daugiabučiu; perplanuojant gatvių tinklą Vitės rajone, šalia panaikintas šaligatvis, nugriauta paradinė įeiga, prie fasadinės sienos priartėjo gatvė – pokyčių pasekmės, autorių nuomone, yra beveik nebeatpaizomos.

**Statybinės medžiagos ir įranga.** Paradoksas: apie neprižiūrimą, griūvantį pastatą dėl nubyrėjusio tinko atsivėrusių mūrinio plokštumų galima pasakyti daugiau, nei jam buvus sveikam. Fasadų mūriny – skirtingų laikotarpių; datuotinas pagal plytų, kitų elementų struktūrą, formą, matmenis, siūlių rišimo sistemą, mūrinių darbo kultūrą. Originalios cokolio ir antžeminės dalies plytos – didelių matmenų (30,5x13,0...14,5x6,1...6,7 cm), rankinio formavimo. Gali būti, kad jos paimtos iš netolimos nuardytos Klaipėdos pilies. Pleištinėse cokolio ir kt. langų sąramose panaudotos tos pačios, tačiau vidutiniškai iki 27,5 cm ilgio nuskeltos plytos: mūriny su tiksliai ir beveik nepastebimais nuskeltomis plytomis – vienas iš Klaipėdos krašto statybininkų technologinio stiliaus požymių. Kur nėra fasadų tinko, matyti perstatymų požymiai – dalį jų sietina su XX a. trečiojo dešimtmečio remontu, cokolio akmenų mūre akivaizdžiais slėptuvės įrengimo (penktojo dešimtmečio arba II PK pradžia) nulemtais pokyčiais. Penktojo dešimtmečio rekonstrukcijos sietinos su XX a. pradž. paplitusiomis, Klaipėdos kraštui (Rytų Prūsijai, Vokietijai) būdingomis kiaurymėtoms plytomis, tačiau to laikotarpio mūriui buvo panaudoti ir nuo XIX a. pabaigos grindų konstrukcijose paplitę blokėliai. Matyt, ankstyvuojų pastato gyvavimo laikotarpiu susijusios tamsiai žalios ar juodai glazūruotos čerpės – kelias jų suskilusias radome; nors dauguma jų ant griūvančio šlaitinio stogo jau ne kartą keistos (šiūolaikinės). Akivaizdu, kad pokaryje buvo užmūrytos kai kurios angos vakariniame fasade ir kiemo įeigoje. Tai sietina su pastato sklypo funkcinės paskirties pokyčiais, su pokaryje prie galinių fasadų „prilipdytais“ priestatais. Šių nugriautų priestatų palikimas – jokių funkcijų nebeatliekantis aižėjančių plytų dūmtraukis viename galiniame fasade.



Originalias duris, langus, jų stiklus, rankenėles, apkaustus savosiose studijose minėjo Paveldosaugos skyriaus užsakytus tyrimus atlikę specialistai, bet jie nepastebėjo, kad vakarinio fasado langų išorinėse varčiose būta ir išorinių langinių (neišliko) vyrių. Vertingiausias ir geriausiai išlikęs interjero elementas – laiptinės aikštelių grindų danga iš sukepusių spalvotųjų ir jas aprėminusių enkaustinių (Herbert et al., 2000) ornamentinių plytelių derinio. Panašu, kad spalvotosios (baltos aštuoniakampės ir mėlynos kvadratinės) buvo suformuotos *Vileroy und Bosh* įmonėse Mettlacho mieste (Villeroy & Boch, 2006), tačiau dėl enkaustinių, panašių į jugendo stiliaus gaminius, reikėtų kruopštesnių palyginamųjų tyrimų (ardyti vertingos grindų dangos fragmentą). Panašiau, kad tokia grindų plytelių danga buvo įrengta tarpukariu.

**Išvados.** Nepaisant nežinomos tikslios pastato statybos datos ir ikonografijos trūkumo, turima kartografinė – archyvinė medžiaga, rašytiniai amžininkų liudijimai, istorikų bei architektų surinkti faktai leidžia atkurti šiuo metu apleisto pastato panaudos istoriją, įvardyti jame dirbusias įstaigas.

Nuo XIX a. pab. jame rezidavo Memelio / Klaipėdos uosto raidai svarbios ar vadovavusios tarnybos bei įstaigos, todėl pastatas laikytinas XIX a. pab. – XX a. vidurio istorinių įvykių, modernaus uosto gimimo, plėtros, Lietuvos pastangų įsitvirtinti pajūryje amžininku. Istorinė pastato vertė neabejotina bei reikšminga ne tik Uostamiesčiui, bet ir visai šaliai. Iki II PK vidurio pastatas išlaikė administracinę paskirtį ir, tikėtina, reprezentacinę išvaizdą, kurios pavieniai elementai (grindų dangos, kraštui būdingų dailidžių dirbinių, mūrinio, apdailos medžiagų likučiai, sparčiai yrantys konstruktyvo elementai ir t. t.), dar išliko ir yra pastebimi įdėmesniu žvilgsniu. Kita vertus, jame rezidavusių įstaigų kaitos, tarp jų ir Memelio vandens kelių tarnybos įsikūrimo priežastys dar aiškintinos (tikslintinos).

Paradoksas, kad pastato paskirties raidos bruožai tuojau po II PK yra mažiau žinomi; neabejotina, kad pastato reprezentacinė – architektūrinė vertė labai sumenko jį pritaikius gyvenamajai paskirčiai, bet dar daugiau ir neapataisomai jis nukentėjo XX a. septintojo dešimtmečio pabaigoje, barbariškai pertvarkant Vitės rajoną, perplanuojant gatvių tinklą. Tikrasis pastato naikinimo pradžios aktas – ne vargano bendrabučio (socialinių būstų) įrengimas, o beveik prieš pusę amžiaus iki jo reprezentacinio fasado praplėsta viena iš judriausių miesto magistralių (N. Uosto gatvės) važiuojamoji dalis. Tai ir avarinė jo būklė, neapibrėžtas statusas, daug pastato priežiūra nesuinteresuotų savininkų beveik nepalieka jo išsaugojimo vilties, nepaisant kai kurių Savivaldybės, miesto visuomenės atstovų deklaruojamų norų.

## Literatūra

- Elertas D. 2012. Patariamasis visuomeninės kultūros paveldo komisijos (...) pirmininko D. Elerto raštas Kultūros paveldo departamentui „Dėl grėsmės istoriniam (...) pastatui (2012.04.25). Klaipėdos m. savivaldybė, Paveldosaugos skyriaus archyvas.
- Dieckert K., Grossmann H. 2010. Der Kampf um Ostpreussen: Der umfassende Dokumentarbericht über das Kriegsgeschehen in Ostpreussen. Beltheim – Schnellbach: Lindenbaum Verlag.
- Herbert T., Huggins K. 2000. The Decorative Tile in Architecture and Interiors. London: Phaidon Press Ltd.
- Meškauskas K., Puronas V., Meškauskienė M. ir kt. 1976. Lietuvos pramonė ikisocialistiniu laikotarpiu. Vilnius: Mintis.
- Ramanauskienė M, Valančiūtė J., Kinderienė A. 2015. Naujoji Uosto g. 5, Klaipėda. Pastato vertinimo paveldosaugos aspektu papildoma medžiaga. Klaipėdos miesto Savivaldybė. Istoriniai tyrimai ir architektūriniai apmatavimai. Klaipėda: UAB „Klaipėdos projektas“ / Klaipėdos Savivaldybės Paveldosaugos skyriaus archyvas.
- Stripinienė S., Cibulskis V., Arvasevičiūtė V. 2011. Pastato naujoji Uosto g. 5, Klaipėdoje, vertinimas paveldosauginiu aspektu. Klaipėda: UAB „Uostamiesčio projektas“ / Klaipėdos Savivaldybės Paveldosaugos skyriaus archyvas.
- Tatoris J. 1994. Senoji Klaipėda. Urbanistinė raida ir architektūra iki 1939 metų. Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidykla.
- Villeroy & Boch. 2006. 250 Years of European Industrial History 1748 – 1998. Mettlach: Merziger Druckerei und Verlag GmbH.
- Zembrickis J. 2002. Klaipėdos karališkojo Prūsijos jūrų ir prekybos miesto istorija. I t. Klaipėda: Libra Memelensis.
- Zembrickis J. 2004. Klaipėda XIX amžiuje, II t. Klaipėda: Libra Memelensis.
- Žostautaitė P. 1990. Klaipėda – Lietuvos uostas (1923 – 1939). Vilnius: Mokslo.

## KLAIPĖDOS (MEMELIO) VANDENS KELIŲ TARNYBOS SLĖPTUVĖS ĮRANGA: ANKSTYVŲJŲ PLIENO SUVIRINIMO TECHNOLOGIJŲ PAVYZDŽIAI

**Arminas Štuopys<sup>1</sup>, Vitalijus Lupandinas<sup>1</sup>, Artūras Tadžijevs<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Jūrų inžinerijos katedra, Klaipėda, <sup>2</sup>Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų atviros prieigos centras, Klaipėda  
*arminas.stuopys@gmail.com*

**Įvadas.** Tyrimų rezultatų aptarimas skirtas su uosto istorija susijusio administracinio – gyvenamojo pastato, nuo XIX a. pab. iki XX a. penktojo dešimtmečio buvusios Uosto statybos tarnybų, Direkcijos, Valdybos, Vandens kelių tarnybos buveinės rūsyje įkurtai Antrojo pasaulinio karo (II PK) ir, tikėtina, vėlesnio laikotarpio slėptuvei bei specifiniams jos įrangos elementams. Iki XXI a. pradžios šiame pastate išliko rūsio – slėptuvės langų rėmai su varstomomis šarvinėmis langinėmis, šarvuotos įeigų durys. Pastarieji elementai to laikotarpio Memelio (Štuopys, 2009) ir kitų kraštų (Lodewig, 1941) slėptuvių kontekste yra išskirtiniai dėl metalo lakštų storio, panaudotų suvirinimo ir kniedijimo technologijų, pastangų juos pritaikyti neoklasicistinei pastato architektūrai. Gaila, kad nuo XXI amžiaus pradžios šių elementų pastate mažėja, o pastatas yra apleistas ir avarinės būklės.

Pripažintina, kad visame Klaipėdos krašte dėmesiu tokiems objektams pasigirti negalime, o menki jo ženklai, mėginimai įtraukti į ekskursinių objektų sąrašą, buvo lydimi nesusipratimų (Saugokime..., 2006; Užkuraitė, 2006), šiuo metu – gerokai pavėluoti. Personifikuota vokiečių ir kitų II PK kariavusių vakariečių nacijų patirtis lėmė, kad tose šalyse slėptuvės, jų įranga, konstrukcijos yra tapusios ne tik juos stačiusių, jose besislėpusių asmenų memuarų tema (Hampe, 1963; Hutten, 1959), bet ir istorinių tyrimų objektu (Beck, 1986; Price, 2000). Įdomu, kad tokiose slėptuvėse kažkas įdomaus, naujo, sisteminamo atrandama ir šiais laikais, jos yra tapusios architektūros ir technologijų istorijos objektais (Foedrowitz, 1998).

**Tyrimų objektas ir tikslas:** istorinės – lyginamosios, ikonografinės ir įvairių kitokių šaltinių analizės, architektūrinių matavimų, fotofiksavimo ir aprašomaisiais metodais bei medžiagotyrinio pobūdžio tyrimais įrodyti, kad modernaus Klaipėdos uosto (po XIX a. pirmosios pusės) istorijai svarbaus pastato rūsyje iš tikro būta II PK laikotarpio slėptuvės; datuoti jos įrengimo ir panaudos laikotarpį, aplinkybes, brėžiniuose ir aprašuose užfiksuoti išlikusias konstrukcines bei įrangos detales, papildyti pastatą tyrusių paveldosaugininkų ekspertizių išvadas. Be to, tokie architektūrinio bei istorinio pobūdžio tyrimai

būtni ir medžiagotyrimame darbe, kuriame tiriami spėti nuimti metaliniai šios slėptuvės konstrukciniai elementai (šarvuotų langų rėmas, inkaravimo varžtai), jų suvirinimo technologijos, metalo ir siūlių savybės. Šių, dar nebaigtų instrumentinio – eksperimentinio pobūdžio tyrimų rezultatų dalis čia taip pat trumpai aptariama.

**Tyrimų metodika.** Kadangi tyrimų objektas nėra pirmoji mūsų apžiūrėta II PK laikotarpio Klaipėdos slėptuvė, tai aprašomojoje tyrimų dalyje remiamės analogijomis, nuorodomis į Klaipėdos krašto statybininkų technologinį stilių, kurių trumpame tekste neįmanoma „išskleisti“ ar išsamiai paaiškinti.

Instrumentinius metalinių šarvinio lango konstrukcijų ir virintinių siūlių neardančiuosius tyrimus atlikome pagal standartą (LST EN ISO 17637, 2011); jame aptarti konstrukcinio plieno suvirinimo siūlių reikalavimai ir jų kokybės tikrinimo etapai. Atsižvelgę į suvirintos konstrukcijos specifiką ir norėdami surinkti kuo daugiau informacijos, tarėme, kad jos surinkimo klasė yra EXC4 (LST EN ISO 1090-2, 2011). Atsižvelgę į tai, kad tiriamą konstrukciją buvo pažeista korozijos židinių ir padengta jos produktais, ją nuvalėme naudodami smėliapūtę *Clemco 2452* su plieniniais šratais. Siūlių vizualinėje apžiūroje ir geometrijos matavimuose rėmėmės (LST EN ISO 17639, 2013), naudojome specializuotą matuoklį *Cam-Type Weldgauge Model MIWG-A* ir pagalbinę įrangą. Magnetinių dalelių bandyme (MT) su *K+D Flux-Technic* firmos įrangos komplektu (elektromagnetu, jo matuokliu, UV šviestuvu ir magnetinių dalelių suspensija *BabbcoSafe 820A* ir kontrastiniais dažais *Marker MR 72*), kitais preparatais; bandymuose ultragarsu (UT) dirbome su matuokliu *General Electric USM-GO* ir jutikliu *MWB 45-4* (LST EN ISO 17640, 2011). Šie rezultatai dar bus tikslinami ir koreguojami mikroskopiniais, radiografiniais ir cheminės sudėties, smūginio tūsumo, kietumo, tempimo ir t. t. tyrimais.

**Tyrimų rezultatai. Rūsio – slėptuvės plano ir konstrukcinių sprendimų specifiika.** Į pastato rūsį – slėptuvę patenkama iš kiemo, per vakarinio fasado įėjimą, nusileidžiant išmūrytais ir 90° kampu pasuktais laiptais su storų lentų antpakopiais. Šioje rūsio dalyje aptinkame sustiprintas konstrukcijas: a) įmontuotą plieninę šarvuotų durų (nupjautos metalo vagių) staktą, modifikuotą mūrinės sienos konstrukciją su palikta senąja arka; b) profiluočiais ir gelžbetonių sustiprintą įėjimo koridoriaus perdangą; c) sudėtingu sprendimu įrengtą aklina, įėjimą nuo laiptinės į antrą aukštą, atskiriančią sieną.

Į minėtąją katilinę galima patekti ir iš lauko, per pristatytą, iš vakarinio fasado nedaug išsikišusį, įėjimo tambūrą. Neabejotina, kad šis nedidelis priestatėlis (tambūras) statytas prieš ar II PK laikotarpį: stilistiškai suderintas su pastato tūriu, pernelyg kruopščiai, su šablonais – profilinėmis lentomis (!) iš geros kokybės tinko suformuotas jo stogelio karnizas bei frontonėlis,

pasirūpinta kritulių vandens nutekiniu nuo stogelio (nuolydis – daugelio vokiečių slėptuvių evakuacinių išėjimų stogelių bruožas). Katilinės patalpose, galinėje sienoje yra sovietmečiu užmūryti langai – kuro tiekimo angos, todėl spėjame, kad aptariamasis priestatas su durų anga (originali stakta ir varčia neišliko) buvo skirtas atsarginiam išėjimui iš slėptuvės.

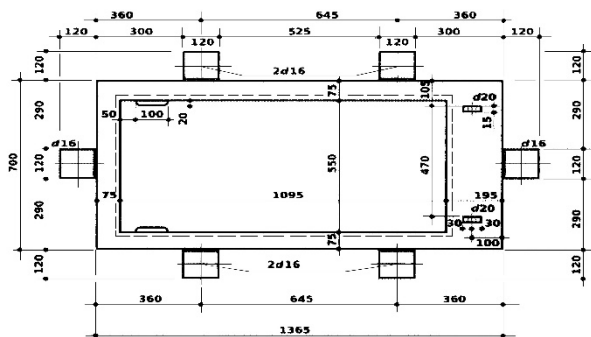
Rūsyje yra ir kitų II PK laikotarpio Klaipėdos slėptuvėms būdingų elementų: dažytų sienų dekoru pavyzdžiai, specialios jungiklių nišos, laidų pravedimui pro sienas naudoti tuščiaviduriai blokeliai ir kiaurymėtos plytos. Išskirtiniu elementu, liudijančiu apie pastate įsikūrusių tarnybų svarbą, laikytinas švinu padengto ryšių kabelio įvadas į rūsį – slėptuvę (iki 1 a. pavogtas, 2 a. dalį pavyko išsaugoti).

1969 m. rugsėjo mėn. LTSR Klaipėdos inventorizacijos techninio biuro darbuotojų sudarytame sklypo plane (M 1:500) pastato sklypas ir nesimetriško pastato kontūrai vaizduojami tiksliai, su nedidelėmis iškišomis plane, priestatais galiniuos fasaduose, kurie vėliau nuolat pildomoje byloje buvo užbraukti. Rūsio – slėptuvės kontūrai šiame plane vaizduojami taip pat realistiškai – punktyrais, po vakarine pastato puse, tačiau toje pačioje byloje esančiame detaliame rūsio plane gausu sąmoningų iškraipymų. Įdomu, kad kai kurie jų pateko ir į paveldosaugininkų sudarytas vertinimo bei ekspertizių bylas, jose esančiuose tekstuose ir brėžiniuose tiesiog tiražuojami (Stripinienė ir kt., 2011; Ramanauskienė ir kt., 2015). Pavyzdžiui, inventorizacijos biuro darbuotojų darytame, tegul ir schematiniame rūsio plane neparodyta dalis metalu aptaisytų langų; neparodyta dalis įvardytų stiprinančių elementų, taip pat iškraipytas slėptuvės planas. Jame pietinėje rūsio dalyje esanti katilinė nuo likusios rūsio dalies yra atskirta aklina siena, nors iš tikro joje esama durų, visą rūsį – slėptuvę galima pereiti kiaurai ir evakuotis pro katilinės išorinėje sienoje įrengtą išeią (atsarginį išėjimą). Tokie neatitikimai nėra atsitiktinumas – jie buvo aptikti ir kituose pastatų rūsiuose – buvusiose Klaipėdos slėptuvėse, kurių paskirtis kurį laiką nekeista ir pokariu. Taigi, tokios inventorizuotojų „klaidos“ laikytinos sovietinio slaptumo manijos pasekme.

**Rūsio langų apsaugos elementai ir jų virintinės siūlės.** Pastato vakariniame fasade stiprinančiais elementais yra slėptuvę nuo skeveldrų ir sprogimų bangos saugantys, išgaubtomis užleistinėmis ( $h=5-14$  mm) ir sudurtinėmis siūlėmis suvirinti rūsio langų rėmai ir kniedytos bei suveržtos šarvinės varstomos langinės (pavogtos, bet užfiksuotos nuotraukose). Šie elementai įrengti išardžius dalį cokolinės sienos akmenų mūrinio ir šiuos pakeitus plytų mūriniu, kuriame ankeriais įtvirtinti minėtuosius rėmus yra lengviau.

Po lango šarvinių žaliuzių rėmo (1 pav.) apžiūros, pavyko rekonstruoti jo gamybos technologinių operacijų eiliškumą, tačiau kol kas, remdamiesi tik

vizualiais požymiais, bet neatlikę metalografinės ir cheminės suvirinimo siūlių analizės, dar negalime užtikrintai įvardyti suvirinimo būdo. Aptariamam laikotarpiu visi pramoniniai suvirinimo metodai (acetileno dujomis, elektros lanku ir t. t.) buvo palyginti nauji, konkuruojantys ir sparčiai plintantys (Metalworking..., 2016; Welding..., 2016).



*1 pav.* Slėptuvės lango suvirinto šarvinės žaliuzės rėmo (75x50 mm kamputis su privirintu praplėtimo lakštu) schema.

Aptariamas rėmas buvo korodavęs, atskirų jo fragmentų masės sumėjimas nuvalius – nuo 2,4 iki 5,5 proc. Šios metalinės konstrukcijos suvirinimo siūlėse aptikome defektų: užleistinėse siūlėse, dažniausiai jų pradžioje – gale dominuoja 0,13–0,27 mm skersmens poros ar šlako intarpai, didesnio skersmens (0,35–0,50 mm) porų – palyginti nedaug, kaip ir smulkių pailgų porų – plyšelių (0,10–0,35 mm ilgio), bet aptiktos kelios itin smulkių (<0,05 mm) porų sankaupėlės. Stambių porų aptikta tik pora, apie 1 mm skersmens. Sudurtinėje siūlėje taip pat dominuoja  $\emptyset(0,10–0,30)$  mm poros, bet yra ir keletas pailgų ( $l=3–5$  mm,  $\emptyset=0,10–0,3$  mm) porų – plyšelių.

**Rezultatų aptarimas ir išvados.** Neabejotina, kad aptariamo Klaipėdos uosto Statybos tarnybų, Valdybos, Direkcijos, Vandens kelių administracinio pastato rūsyje būta II PK ir, tikėtina, pokarinio laikotarpio (1945–1960 m.) slėptuvės. Šį teiginį įrodo: a) pastato rūsio planinė struktūra ir kryptingos jos keitimo, pritaikymo slėptuvės funkcijai pastangos; b) nuo 2000–ųjų pradžios sistemingai fiksuoti, deja, iki šių tyrimų pradžios išlikę tik kai kurie tarpukario statyboms, nacistinės Vokietijos slėptuvėms būdingi fasadiniai – apsauginiai ir vidiniai (interjero) elementai bei konstrukcinių sustiprinimų pėdsakai; c) slėptuvės langų rėmų ir jų inkarų, šarvinių langinių, durų detalių, kitų stiprinimo konstrukcijų atlikimo technologinis stilius, būdingas II PK laikotarpiui; d) sąmoningos „klaidos“ – pastangos nuslėpti, užmaskuoti

specifinę pastato rūšio plano struktūrą sovietmečio laikotarpio Inventorizavimo biuro brėžiniuose.

Plieninių aptariamų slėptuvės langų rėmų, jų tvirtinimo elementų, šarvinių langinių, durų medžiagų palyginti gera kokybė, aukšta gamybos ir įstatymo, pritaikymo darbų kultūra, jų komponavimo pastangų kruopštumas skiriasi nuo tų, kuriuos iki šiol aptinkame Memelio civiliams gyventojams skirtose slėptuvėse. II PK laikotarpiui sąlyginai naujų suvirinimo technologijų taikymas slėptuvės konstrukcijose rodo ją buvus svarbiu objektu; darome prielaidą, kad plieninės konstrukcijos buvo suvirintos Lindenau laivų statykloje (modernių laikotarpio technologijų diegėjas, arti aptiamo pastato). Tikėtina, kad tokį atsakingą slėptuvės įrengėjų požiūrį lėmė administracinio pastato ir jame įsikūrusios *Wasserstrassenamt, Memel* (Memelio vandens kelių tarnyba arba valdyba) svarba Memelio uosto, krašto ekonominiam funkcionavimui ir gynybai.

Suvirinimo siūlių geometriniai parametrai neatitinka šiuolaikinių reikalavimų (didelis matmenų nestabilumas, neišlaikomi formos reikalavimai, ypač siūlės pradžioje ir pabaigoje); pagal porų ir pašalinių intarpų kiekio/dydzio kriterijų, siūlės tenkintų šiuolaikinių standartų reikalavimus.

Apie pastato rūšyje įrengtos slėptuvės eksploatavimą pokaryje (iki XIX a. septintojo dešimtmečio) žinių kol kas nėra. Tačiau Inventorizacijos biuro pastangos klaidinti pastato planų turėtojus rodo, kad iki to laikotarpio slėptuvė buvo kariškių ar civiline sauga besirūpinusių institucijų domėjimosi objektas ir tuo laikotarpiu.

## Literatūra

- Beck E. R. 1986. Under the Bombs: The German Home front 1942–45. Lexington: University Press of Kentucky.
- Foedrowitz M. 1998. Luftschutztürme und ihre Bauarten: 1934–1945. Wölfersheim–Berstadt: Nebel Verlag.
- Hampe E. 1963. Der zivile Luftschutz im Zweiten Weltkrieg: Dokumentation und Erfahrungsberichte über Aufbau und Einsatz. Frankfurt a.M.: Bernard und Graefe.
- Hutten H. J. 1959. Aus der Geschichte des Luftschutzes. Ziviler Luftschutz, H. 7/8, 204–208.
- Lodewig F. 1941. Luftkrieg und Schutzbauten. Zürich: O. Fussli.
- Metalworking and welding timeline. Žiūrėta 2016.10.20. Prieiga per internetą: <http://weldguru.com/welding-history/#19>.
- LST EN ISO 1090-2:2011. Execution of steel structures and aluminium structures. Technical requirements for steel structures. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas.
- LST EN ISO 17637:2011. Virintųjų siūlių neardomieji bandymai. Lydomojo suvirinimo jungčių apžiūrimasis tikrinimas. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas.
- LST EN ISO 17639:2013. Metalinės medžiagos. Ardomieji siūlių bandymai. Siūlių makroskopinis ir mikroskopinis tyrimas. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas.
- LST EN ISO 17640:2011. Neardomoji suvirinimo siūlių kontrolė. Ultragarasinė kontrolė. Būdai, kontrolės lygiai ir įvertinimas. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas.
- Price A. 2000. Blitz on Britain 1939–45. Sutton Publishing: London.

- Ramanauskienė M, Valančiūtė J., Kinderienė A. 2015. Naujoji Uosto g. 5, Klaipėda. Pastato vertinimo paveldosaugos aspektu papildoma medžiaga. Klaipėdos miesto Savivaldybė. Istoriniai tyrimai ir architektūriniai apmatavimai. Klaipėda: UAB „Klaipėdos projektas“ / Klaipėdos Savivaldybės Paveldosaugos skyriaus archyvas.
- Saugokime tai, kas verta saugojimo. Ievos Simonaitytės premijos laureatų kreipimasis. 2006. Klaipėda, 2006.06.20, 139 (17647), 4 p.
- Stripinienė S., Cibulskis V., Arvasevičiūtė V. 2011. Pastato naujoji Uosto g. 5, Klaipėdoje, vertinimas paveldosauginiu aspektu. Klaipėda: UAB „Uostamiesčio projektas“ / Klaipėdos Savivaldybės Paveldosaugos skyriaus archyvas.
- Štuopys A. 2009. Antrojo pasaulinio karo laikotarpio tunelinės konstrukcijos slėptuvės Memelyje / Klaipėdoje. Antrojo pasaulinio karo pabaiga Rytų Prūsijoje: faktai ir istorinės išvalgos. Acta Historica Universitatis Klaipedensis, t. XVIII, 160–180.
- Užkuraitė E. 2006. Vieniems – urvas, kitiems – vertybė. Vakarų ekspresas, 2006.06.14, nr. 136 (4300), 2 p.
- Welding timeline. Žiūrėta 2016.10.20. Prieiga per internetą: <http://www.weldinghistory.org/whfolder/folder/wh1800.html>.



## MELSVABAKTERIŲ SANKAUPŲ KARTOGRAFAVIMAS IR EKOLOGINĖ REIKŠMĖ KURŠIŲ MARIOSE

**Diana Vaičiūtė<sup>1</sup>, Mariano Bresciani<sup>2</sup>, Claudia Giardino<sup>2</sup>,  
Ilaria Cazzaniga<sup>2</sup>, Mindaugas Žilius<sup>1</sup>, Jolita Petkuvienė<sup>3</sup>, Irma  
Vybernaitė-Lubienė<sup>3</sup>, Martynas Bučas<sup>1</sup>, Marija Kataržytė<sup>1</sup>,  
Marco Bartoli<sup>1,4</sup>**

<sup>1</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Jūros mokslų ir technologijų centras, Klaipėda, <sup>2</sup>Optinių nuotolinių tyrimų grupė, CNR-IREA, Milanas, Italija, <sup>3</sup>Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų atviros prieigos centras, Klaipėda, <sup>4</sup>Parmos universiteto Chemijos departamentas, Parma, Italija

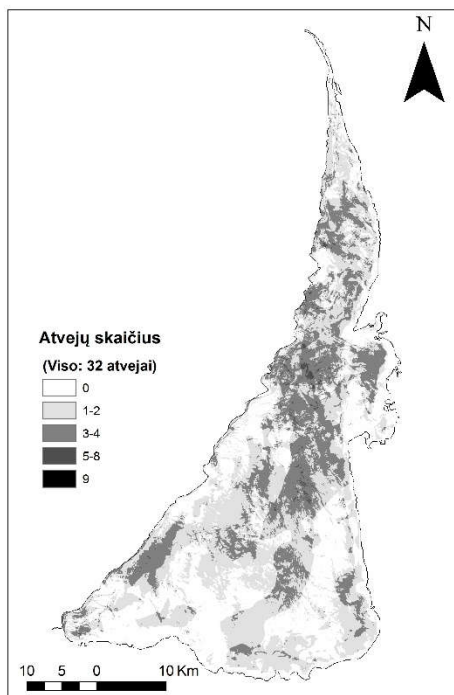
*diana.vaiciute@jmtc.ku.lt*

**Įvadas.** Vandens „žydėjimas“ yra vienas iš pagrindinių pastaraisiais dešimtmečiais stebimų eutrofikacijos padarinių, kuris keičia ežerų ir lagūnų ekosistemų pusiausvyrą. Kuršių mariose vandens „žydėjimą“ vasarą sukelia prokariotiniai autotrofiniai mikroorganizmai – melsvabakterės. Vandens „žydėjimo“ metu esant palankioms aplinkos sąlygoms (štilis) ir dėl melsvabakterių fiziologinių savybių (teigiamas plūdrumas, greitas dauginimasis) vandens paviršiuje susiformuoja jų sankaupos (Soranno, 1997). Esant intensyviai vandens „žydėjimui“ ir susiformavus paviršiaus sankaupoms yra stebimas toksinių medžiagų padidėjęs kiekis (Johnk et al., 2008, Šulčius et al., 2015), deguonies stygius vandenyje (Tyler et al., 2009, Žilius et al., 2014), padidėjęs organinės medžiagos kiekis dėl irstančios fitoplanktono biomasės (Zhang et al., 2009, Vaičiūtė et al., 2015). Tradiciniais in situ matavimais ši fenomeną sudėtinga aptikti ir įvertinti, todėl šio darbo tikslas – nustatyti melsvabakterių sankaupų erdvinį pasiskirstymą panaudojant kosminius duomenis, aptarti ekologinę reikšmę Kuršių mariose.

**Metodai.** Tyrimai buvo atlikti Kuršių mariose (Lietuvos ir Rusijos dalyse). Panaudojant pastarųjų 3 metų laikotarpio, t. y. 2013–2015 m., birželio–lapkričio mėn. kosminius LANDSAT-8 (OLI) duomenis buvo nustatytos ir sukartografuotos spektrinės anomalijos, kurios parodo potencialias melsvabakterių sankaupas vandens paviršiuje. Siekiant sukartografuoti tikrąsias melsvabakterių sankaupas LANDSAT-8 algoritmas adaptuotas pagal MERIS/Envisat algoritimą (Bresciani et al., 2014), kuris buvo validuotas su in situ matavimais. Papildomai testuotas naujos kartos

COPERNICUS Sentinel-2A duomenų tinkamumas melsvabakterių sankaupų kartografavimui.

Iš 32 debesų nepaveiktų Landsat-8 kosminių vaizdų 15-oje buvo aptiktos spektrinės anomalijos, kurios parodo potencialias melsvabakterių sankaupas vandens paviršiuje.



1 pav. Spektrinių anomalijų, kurios parodo potencialias melsvabakterių sankaupas, erdvinis pasiskirstymas panaudojant LANDSAT-8 (OLI) kosminius duomenis 2013–2015 m. birželio–spalio mėn., Kuršių mariose.

Adaptavus LANDSAT-8 algoritmą pagal MERIS/Envisat algoritmą (Bresciani et al., 2014), ir jį validavus *in situ* matavimais, buvo atliktas tikrųjų melsvabakterių sankaupų kartografavimas Kuršių mariose.

**Rezultatai ir jų aptarimas.** Buvo nustatytas heterogeniškas šių potencialių sankaupų pasiskirstymas Kuršių mariose (1 pav.). Bent kartą per tirtą laikotarpį sankaupos buvo aptiktos didžiojoje Kuršių marių dalyje, o dažniausiai buvo aptinkamos centrinėje marių dalyje, ypač ties Nida, ties Nemuno delta ir kai kur ties vakarine marių pakrante.

Pranešime bus aptarti du melsvabakterių vandens „žydėjimo“ ir susiformavusių sankauptų ekologinio vaidmens aspektai:

- melsvabakterių biomasės indėlis į spalvotosios ištirpusios organinės medžiagos kiekį vasaros sezono metu remiantis Vaičiūtė et al. (2015) publikacija;

- hipoksijos rizikos tikimybė esant intensyviai vandens „žydėjimo“ procesui ir/ar susiformavus melsvabakterių sankauptomis vandens paviršiuje remiantis Zilius et al. (2014) publikacija.

**Padėka.** Dėkojame Lietuvos Hidrometeorologijos tarnybai už suteiktus vėjo greičio ir krypties bei upių nuotėkio duomenis. Darbai iš dalies finansuoti H2020 EOMORES (sut. Nr. 730066) ir 7BP INFORM (sut. Nr. 606865) projektų.

## Literatūra

- Bresciani M., Adamo M., De Carolis G. et al. 2014. Monitoring blooms and surface accumulation of cyanobacteria in the Curonian Lagoon by combining MERIS and ASAR data. *Remote Sens. Environ.*, 146, 124–135.
- Johnk K. D., Huisman J., Sharples J. et al. 2008. Summer heatwaves promote blooms of harmful cyanobacteria. *Global Change Biology*, 14, 495–512.
- Soranno P. A. 1997. Factors affecting the timing of surface scums and epilimnetic blooms of blue-green algae in a eutrophic lake. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54 (9), 1965–1975.
- Šulčius S., Pilkaitytė R., Mazur-Marzec H. et al. 2015. Increased risk of exposure to microcystins in the scum of the filamentous cyanobacterium *Aphanizomenon flos-aquae* accumulated on the western shoreline of the Curonian Lagoon. *Marine Pollution Bulletin*, 264–270.
- Tyler R. M., Brady D. C., Targett T. 2009. Temporal and spatial dynamics of diel-cycling hypoxia in estuarine tributaries. *Estuaries and Coasts*, 32, 123–145.
- Vaičiūtė D., Bresciani M., Bartoli M. et al. 2015. Spatial and temporal distribution of coloured dissolved organic matter in a hypertrophic freshwater lagoon. *J. Limnol.*, 74 (3), 572–583.
- Zhang Y., van Dijk M. A., Liu M. et al. 2009. The contribution of phytoplankton degradation to chromophoric dissolved organic matter (CDOM) in eutrophic shallow lakes: Field and experimental evidence. *Water Res.*, 43, 4685–4697.
- Zilius M., Bartoli M., Bresciani M. et al. 2014. Feedback mechanisms between cyanobacterial blooms, transient hypoxia, and benthic phosphorus regeneration in shallow coastal environments. *Estuar. Coast.*, 37 (3), 680–694.

## MAISTMEDŽIAGIŲ (N, P IR SI) PRIETAKA, DINAMIKA IR BALANSAS KURŠIŲ MARIOSE

Irma Vybernaitė-Lubienė<sup>1</sup>, Mindaugas Žilius<sup>2</sup>, Jolita Petkuvienė<sup>1</sup>,  
Diana Vaičiūtė<sup>2</sup>, Petras Zemlys<sup>1</sup>, Paul Bukaveckas<sup>3</sup>,  
Marco Bartoli<sup>2,4</sup>

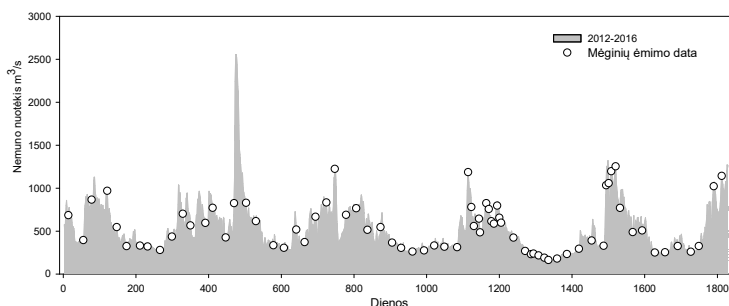
<sup>1</sup>Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų atviros prieigos centras, Klaipėda,  
<sup>2</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Jūros mokslų ir technologijų centras, Klaipėda, <sup>3</sup>Virdžinijos valstybinis universitetas, Ričmondas, Jungtinės Amerikos Valstijos, <sup>4</sup>Parmos universiteto Chemijos departamentas, Parma, Italija  
*irma.lubiene@apc.ku.lt*

**Įvadas.** Eutrofikacija vidaus ir tranzitiniuose vandenyse vis dar išlieka didele problema besikeičiančių ekonominių sąlygų, ūkininkavimo praktikos ir klimato kaitos kontekste. Paskutiniiais dešimtmečiais daugybė vandentvarkos ir tyrimų programų buvo skirtos maistmedžiagių prietakai į Baltijos jūrą mažinti (ES Jūros strategijos pagrindų direktyva, HELCOM Baltijos jūros veiksmų planas ir BONUS EEIG programa). Didelis darbas jau atliktas mažinant N ir P prietaką (PLC-5.5, HELCOM, 2015), bet tolimesnė pažanga gali priklausyti ir nuo estuariinių sistemų funkcionavimo. Todėl labai svarbu yra atlikti ilgalaikius tyrimus, įvertinant estuarijų kaip maistmedžiagių filtro arba šaltinio (bioreaktoriaus) vaidmenį bei suvokti procesus, reguliuojančius maistmedžiagių užlaikymą, ir nustatyti kaip jie yra veikiami skirtingų parametru, tokių kaip upės prietaka ar maistmedžiagių stochiometrija (Bricker et al., 2008). Su upe atnešti maistmedžiagių srautai estuarijose yra veikiami daugybės procesų, tokių kaip fitoplanktono ir bakterijų asimiliacija, remineralizacija, nitrifikacija, denitrifikaciją, sedimentacija/resuspensija ir kt. (Loken et al., 2016). Šie biogeocheminiai procesai gali sumažinti arba padidinti maistmedžiagių srautus iš upių baseino į Baltijos jūrą.

**Metodai.** Maistmedžiagių prietaka iš Nemuno upės baseino į Kuršių marias matuota 2012–2016 metais Rusnės stotyje kartą per mėnesį ir pavasariinių ir rudeninių potvynių metu kas savaitę. Kuršių marių filtro arba bioreaktoriaus vaidmeniui nustatyti sudarytas balansas 2012–2013 metams. Šiam tikslui mėginiai papildomai buvo imami taip pat Klaipėdos sąsiauryje ties Smiltynė.

**Rezultatai ir jų aptarimas.** Nemuno upės nuotėkiui į marias būdingi skirtumai tiek tarp sezonų, tiek ir tarp atskirų metų. Pavasarį Nemuno upės prietaka į marias yra iki trijų kartų didesnė negu vasaros laikotarpiu. Nemuno

upės baseino nuotėkio pokyčiai sąlygoja maistmedžiagių prietaką į Kuršių marias.



1 pav. Nemuno upės nuotėkis (pilkas plotas) ir mėginių paėmimo datos (balti apskritimai) 2012–2016 metų periodu.

Visų azoto formų koncentracija kito sezoniskai: DIN (ištirpusio neorganinio azoto = amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) + nitritų ( $\text{NO}_2^-$ ) + nitratų ( $\text{NO}_3^-$ )) ir DON (ištirpusio organinio azoto) koncentracijos mažiausios buvo pavasario – vasaros ir didžiausios rudens – žiemos laikotarpiu, tuo tarpu PN (dalelinio azoto) tendencijos buvo priešingos. Nemuno prietakoje į marias dominavo  $\text{NO}_3^-$  ir DON, kurių didžiausi kiekiai buvo atnešami didžiausio nuotėkio metu. Rezultatų analizė parodė, kad Nemuno nuotėkis turėjo reikšmingos įtakos  $\text{NO}_3^-$  koncentracijai ( $r^2=0,54$ ,  $p<0,001$ ). Fosforo junginių koncentracijos parodė panašias kaitos tendencijas kaip ir azoto: ištirpusių formų didžiausia koncentracija buvo nustatoma rudenį – žiemą, o dalelinių – vasarą. Silicio sezoninė kaita buvo panaši kaip azoto ir fosforo: ištirpusi forma (DSi) vyravo šaltesniais mėnesiais, o aukščiausios biogeninio silicio (BSi) koncentracijos buvo išmatuotos šiltesniais mėnesiais.

2012–2013 m. atlikti maistmedžiagių matavimai Klaipėdos sąsiauryje iš marių ištekančiame vandenyje parodė skirtingas tendencijas azotui, fosforui ir siliciui. Lyginant su Nemuno prietaka, iš marių ištekančiame vandenyje labiausiai sumažėjo  $\text{NO}_3^-$ , vidutiniškai 60 ir 20  $\mu\text{M}$ , atitinkamai 2012 ir 2013 m. DIP ir DOP (ištirpusio neorganinio ir organinio fosforo) koncentracija visada buvo mažesnė marių ištekančiame nei prietakoje į jį. Estuarinė sistema 2012–2013 m. periodu veikė kaip filtras tiek ištirpusioms organinėms, tiek neorganinėms fosforo formoms. Taip pat DSi ir BSi koncentracijos buvo mažesnės ištekančiame iš marių, nei prietakoje, tuo parodydama, kad lagūna užlaiko silicį.

Būtina atkreipti dėmesį, kad vasaros laikotarpiu PN koncentracija buvo ženkliai didesnė marių ištekančiame nei prietakoje į sistemą, ypač 2012 metais

kai Kuršių mariose intensyviai žydėjo fitoplanktonas. Šiuo periodu matuota PN koncentracija ištekėjime buvo apie 470  $\mu\text{M}$ , tai yra 400  $\mu\text{M}$  daugiau nei prietakoje. Vasaros laikotarpiu PN sudarė iki 90 % bendro azoto, išnešamo į Baltijos jūrą. Remiantis fluorimetro matavimais, melsvabakterės buvo dominuojanti grupė fitoplanktono bendrijoje ištekančiame vandenyje į Baltijos jūrą.

**Išvados.** Kintantis Nemuno upės nuotėkis veikia Kuršių marių lagūnos filtro vaidmenį. Neorganinių medžiagų N, P ir Si srautai bei stochiometrija labai pasikeičia pereinant iš pavasario į vasaros sezoną. Atsirandantis azoto (ir silicio) trūkumas vasaros metu sukelia melsvabakterių žydėjimus, o tai sezono pabaigoje padidina dalelinių maistmedžiagų srautus į Baltijos jūrą.

### **Literatūra**

- Bricker S. B., Longstaff B., Dennison W. et al. 2008. Effects of nutrient enrichment in the nation's estuaries: a decade of change. *Harmful Algae*, 8 (1), 21–32.
- Loken L. C., Small G. E., Finlay J. C. et al. 2016. Nitrogen cycling in a freshwater estuary. *Biogeochemistry*, 127 (2–3), 199–216.

## KLAIPĖDOS UOSTO ĮPLAUKOS VARTŲ KAITOS POVEIKIS ŠIAURIAU ŠAŠIAURIO ESANČIAI KRANTO ZONAI

**Rimas Žaromskis, Nerijus Blažauskas**

Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų atviros prieigos centras, Klaipėda  
*rimas.zaromskis@cablenet.lt*

**Įvadas.** Iki išorinių uosto įrenginių statybos Melnragės–Girulių krantas vystėsi natūraliai. Litodinaminiai ir morfodinaminiai procesai vystėsi natūraliai, nešmenys nevaržomai buvo pernešami šiaurės kryptimi aukštai iškilusiomis barinėmis seklumomis. Akumuliacijos zonomis laikytos ne tik Smiltynė–Kopgalis, bet ir Melnragių kranto zona, o kranto zonos nešmenų praradimas iki XIX a. vidurio sietinas tik su eoline pernaša į pakrantės lygumą.

Iš karto po molų pastatymo šiauriau uosto kranto linija pokyčių dar nepatyrė, bet jūros gylis ties krantu šiauriau molo ėmė didėti (2 m, 4 m ir 6 m izobatos ėmė artėti kranto link). Galima konstatuoti, kad maždaug 4 m gylyje užsibaigiantys molai nesudarė esminės kliūties nešmenų migracijai išilgai kranto linijos.

II Pasaulinio karo bei pokario metais uosto įplauka buvo menkai valoma, nešmenų migracija išilgai kranto buvo artima natūraliai, todėl kranto linija šiauriau uosto įgavo stabilumą, gerai pasipildė nešmenimis apsauginis kopagūbris. 1969 m. įplauka pagilinta jau iki 12 m. Tuo pačiu galutinai išnyko pietinė barinė sekluma ir palaipsniui ėmė mažėti šiaurinė barinė sekluma. Bendrą kranto degradaciją šiek tiek mažino ir daug metų Melnragės priekrantėje 10–12 m gylyje naudotas iškastų gilinimo ir valymo produktų sąvartynas. Nežiūrint to, iki pat 1997 m. kranto pokyčiai ir palaipsniškas degradavimas vyko dar labai pamažu ir buvo labiau susijęs su ekstremaliai stipriomis audromis. Be to, maždaug nuo 1975 m. prasidėjo palaipsniškas jūros vandens lygio kilimas, kuris ženkliai pailgino audrų nuniokoto kranto atsistatymo laiką.

**Metodai.** Tyrimui naudota istorinė kartografinė medžiaga, smėlio gramzdinimo priekrantėje statistika ir krantotvarkos priemonių taikymo istorijos apžvalga.

**Rezultatų aptarimas ir išvados.** Esminis neigiamų krantodaros tendencijų lūžis įvyko paskutiniaisiais XX a. metais ir XXI a. pradžioje, sutapus nepalankiems gamtiniams krantodaros faktoriams (jūros vandens lygio kilimas, labai stiprių štormų poveikis) su intensyviu antropogeniniu poveikiu (poilsiautojų skaičiaus padidėjimas Melnragės–Girulių krante, uosto molų ir įplaukos kanalo pertvarka). Didžiausias neigiamas antropogeninis poveikis šiai

kranto zonos atkarpai susijęs su uosto molų ilginimu ir įplaukos kanalo gilinimu. Šios veiklos dėka pasikeitė hidrodinaminis laukas šiauriau uosto, kas paskatino kranto abraziją, sumažėjo iš pietų į šiaurę migruojančios medžiagos kiekis, pasikeitė į šiaurę nuo uosto patenkančio smėlio granulimetrinė sudėtis. Nuosėdos tapo smulkesnės.

Pirminė neigiamų krantodaros procesų pasireiškimo arena yra kranto povandeninis šlaitas. Tik jame sumažėję purių nuosėdų atsargos ar padidėję šlaito nuolydžiai lemia bendrą arba lokalų nuosėdų praradimą ir viršvandeninėje kranto zonos dalyje. Po uosto įplaukos rekonstrukcijos Melnragės–Girulių atkarpoje kranto povandeninio šlaito viršutinės dalies reljefo pobūdis pakito nežymiai, tačiau žymiai suplonėjo purių nešmenų sluoksnis gyliuose viršijančiuose 5 m. Tai rodo vis arčiau kranto aptinkami moreninio priemolio fragmentai.

Siekiant sumažinti aptariamą kranto atkarpos degradaciją, 2000–2016 m. buvo naudotos kompensacinės priemonės, kopagūbrio papėdės bei šlaito tvirtinimas pinutėmis ir šakų klojiniais. Kranto povandeninis šlaitas II Melnragės–Girulių atkarpoje buvo papildytas iš įplaukos kanalo pašalintais nešmenimis: 2001 m. – 538 282 m<sup>3</sup>, 2005 m. – 128 752 m<sup>3</sup>, 2009 m. – 87 968 m<sup>3</sup>, o 2010 m. – 90 238 m<sup>3</sup> smėlio. Taip per 10 metų nešmenų biudžetas papildytas 845 240 m<sup>3</sup> smėlio. Skaičiuojama, kad šis papildymas tik trečdaliu kompensavo natūralią smėlio migracijos apimtį, kuri vertinama – apie 500 000 m<sup>3</sup> smėlio per metus. Be to, išbertas smėlis buvo gerokai smulkesnis ir nekompensavo kranto sąnašų netekties.

Tai lėmė, kad per visą laikotarpį nuo uosto molų statybos kranto linija vietomis atsitraukė iki 180 m.



## **POVANDENINIŲ SĖKLIŲ PLANINĖ PADĖTIS KAIP PRIEKRANTINĖS NEŠMENŲ CIRKULIACIJOS POBŪDŽIO RODIKLIS**

**Rimas Žaromskis, Viačeslav Jurkin, Rosita Milerienė,  
Darius Pavolis**

Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų atviros prieigos centras, Klaipėda  
*rimas.zaromskis@cablenet.lt*

Priekrantiniai povandeniniai sėkliai – tai gožos zonoje susidarančios tipiškos smėlingos priekrantės reljefo formos. Dar iki XX a. devintojo dešimtmečio visų žemynų priekrantėse atlikti tyrimai įrodė, kad esant pakankamam smulkių ir vidutingrūdžių nešmenų kiekiui dugno reljefingumas sėklių zonoje priklauso nuo bangų energijos ir nešmenų srauto išsivystymo (Knaps, 1966; King, 1959; Komar, 1976; Allen, 1982). Nemažai tokių tyrimų buvo vykdoma ir Lietuvoje, ypač Nidos krantotyros stotyje (Dolotovas ir kt., 1968; Kirlyš ir kt., 1969; Žaromskis, 1974; Kirlyš, Stauskaitė, Močiekienė, 1977). Deja, nei anksčiau, nei XXI a. sąlygomis Pietryčių Baltijos regione nebuvo nagrinėjama povandeninių sėklių planinė padėtis ir konfigūracija skirtingose kranto atkarpose.

Šiuo darbu tyrinėtojų dėmesys atkreipiamas į skirtingą sėklių planinę padėtį ir paplitimą jūros priekrantėje atsižvelgiant į kranto ekspoziciją vyraujančių vėjų atžvilgiu, o tuo pačiu į skirtingą nešmenų srauto išsivystymą atskirose litodinaminėse zonose: nešmenų mobilizacijos, tranzito ir akumuliacijos.

Tam tikslui buvo pasinaudota ortofoto žemėlapiais, kuriuose neblogger matyti jūros priekrantės dugno reljefo formos skirtingose priekrantės vietose, o taip pat Lietuvos Hidrometeorologijos tarnybos pateikiama informacija apie vėjo režimą.

Esant pakankamam nešmenų kiekiui ir smailam kampui tarp vyraujančio vėjo krypties (= bangų sklidimo kranto link kampui) ir kranto tjosos, formuojasi gerai išreikštos, tiesialinijinės, subparalelios krantui ištisinės sėklių volų formos. Minėtam kampui didėjant, sėklių volai darosi nebe tokie ištisi, o jų fragmentai įgauna krantui įžambią padėtį. Bangoms kranto link sklindant kampu artimu statmenam, sėklių zonoje didėja litodinaminių celių vaidmuo: sėkliai susiskaido, juose išryškėja atviros jūros link nukreipti „liežuviai“.

Netgi vizualus sėklių vaizdo vertinimas atskleidžia daug litodinamikos ypatumų konkrečioje priekrantėje: sėklių skaičių ir jų zonos plotį, sėklių išsivystymo laipsnį ir kt. Vertinant būtina atsižvelgti į oro nuotraukos atlikimo laiką ir hidrometeorologinę iki tol buvusią situaciją, t. y. buvusių bangavimų

kryptį, stiprumą, trukmę. Be to, labai stiprūs bangavimai performuoja visą sėklių zoną, vidutiniai ir silpni – tik arčiausiai kranto esančias reljefo formas. Tai puikiai matyti priekrantės atkarpose ties Nida, Juodkrante ar Koptgaliu. Sėklių išsiskaidymas lenktais „liežuviais“ rodo akumuliacijos procesų vyravimą ir padidėjusią litodinaminę gebą nukreiptą ne išilgai kranto, o statmenai jam. Sėklių planinės padėties analizė parodo ir nešmenų srauto išsivystymo laipsnį netgi trumpose, litodinamiškai suskaidytose priekrantės atkarpose šiauriau Klaipėdos uosto.

## Literatūra

- Allen J. R. L. 1982. Sedimentary structures. Their character and physical basis. Amsterdam, Oxford, N.Y.: Elsevier, Vol. 1, 307 pp.
- Dolotovas J., Aibulovas N., Kirlys V., Jurkevič M. 1968. Sėklios smėlingos priekrantės povandeninio šlaito viršutinės dalies ir paplūdimio dinamikos įvairiose bangavimo stadijose klausimu. Lietuvos TSR MSA darbai, B serija, 3(54), 141–155 (rus.).
- King C. A. M. 1959. Beaches and coasts. London: 435.
- Kirlys V., Stauskaitė R., Jankevičiūtė-Močiekienė S., Dolotovas J. 1969. Povandeninių sėklių dinamikos klausimu. Lietuvos TSR MA darbai, B serija, 4(59): 231–242 (rus.).
- Kirlys V., Stauskaitė R., Močiekienė S. 1977. Apie jūros priekrantės zonos ilgalaikių pakeitimų pobūdį (4. Morfodinsaminių procesų intensyvumas). Lietuvos TSR MA darbai, B serija, 1 (98), 123–129 (rus.).
- Knaps R. J. 1966. Apie povandeninių sėklių vystymąsi. II Tarptautinio Okeanografų kongreso pranešimų tezės. Maskva, Nauka (rus.).
- Komar P. D. 1976. Beach processes and sedimentation. Wnglewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall: 430.
- Žaromskis R. 1974. Povandeninių sėklių reljefingumo klausimu (Kuršių nerijos priekrantės pavyzdžiu). Geografijos metraštis, 13, 229–235.

## **IŠORINIAI IR VIDINIAI AZOTO ŠALTINIAI, JŲ VAIDMUO KURŠIŲ MARIŲ BALANSE IR EKOSISTEMOS FUNKCIONAVIME**

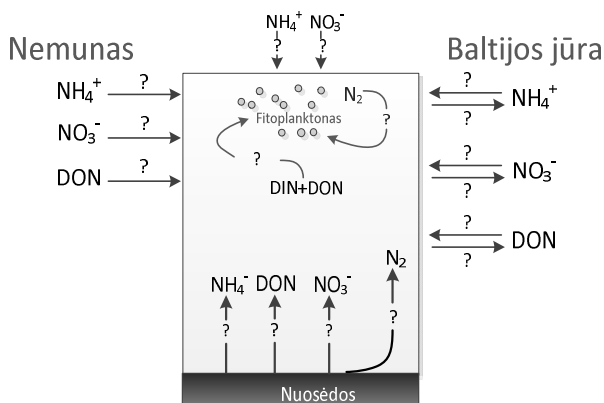
**Mindaugas Žilius<sup>1</sup>, Irma Vybernaitė-Lubienė<sup>2</sup>, Diana Vaičiūtė<sup>1</sup>,  
Jolita Petkuvienė<sup>2</sup>, Tomas Ruginis<sup>2</sup>, Petras Zemlys<sup>2</sup>, Iris Liskow<sup>3</sup>,  
Maren Voss<sup>3</sup>, Paul Bukaveckas<sup>4</sup>, Marco Bartoli<sup>1,5</sup>**

<sup>1</sup>Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Jūros mokslų ir technologijų centras, Klaipėda, <sup>2</sup>Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų atviros prieigos centras, Klaipėda, <sup>3</sup>Leibnico Baltijos jūros tyrimų institutas, Varnemiundė, Vokietija, <sup>4</sup>Virdžinijos valstybinis universitetas, Ričmondas, Jungtinės Amerikos Valstijos, <sup>5</sup>Parmos universiteto Chemijos departamentas, Parma, Italija  
*mindaugas.zilius@jmtc.ku.lt*

**Ivadas.** Azoto prietaka su upių nuotėkiu, atmosferos krituliais ir biologine fiksacija yra viena iš svarbiausių problemų, sukeliančių eutrofikaciją Baltijos jūroje (HELCOM, 2007). Tarp šių šaltinių bendro azoto prietaka iš upių baseino yra didžiausia. Siekiant kovoti su eutrofikacija Baltijos jūroje, pastaraisiais dešimtmečiais buvo įgyvendinta ir dar vyksta daugybė vandentvarkos ir tyrimų programų, siekiančių sumažinti azoto prietaką į Baltijos jūrą (ES Jūrinės strategijos pagrindų direktyva, HELCOM Baltijos jūros veiksmų planas, BONUS EEIG programa). Nors bendro azoto prietaka buvo ženkliai sumažinta (PLC-5.5, HELCOM, 2015), vis dėlto tikėtina, kad tolimesnis progresas gali priklausyti nuo estuarinių sistemų funkcionavimo. Apie pusę bendro azoto patenkančio iš Vystulos, Oderio ir Nemuno upių baseinų į Baltijos jūrą yra pernešama per estuarines sistemas (Stålnacke et al., 1999; HELCOM, 2002). Žinoma, kad estuarinėse sistemose azoto junginiai patiria intensyvius biogeocheminius virsmus, kurie gali sumažinti arba padidinti azoto srautus į Baltijos jūrą (Vybernaite-Lubiene et al., priimta spaudai). Pagrindiniai procesai, įtakojantys azoto virsmus, yra fitoplanktono ir bakterijų asimiliacija, mineralizacija, nitrifikacija, denitrifikacija, azoto fiksacija, sedimentacija ar resuspensija ir palaidojimas nuosėdose (pvz.: Nedwell et al., 1999; Sundbäck et al., 2004). Vyraujantys biogeocheminiai virsmai gali skirtis tiek tarp estuarinės sistemos buveinių, tiek ir tarp pačių sistemų (Sundbäck et al., 2004; Loken et al., 2016). Todėl lieka neatsakytas klausimas ar, ir jeigu taip, tai kiek intensyviai azoto biogeocheminiai virsmai estuarinėse sistemose veikia šios maistmedžiagės srautus iš upės baseino į Baltijos jūros priekrantę. Dėl šios priežasties 2015 m. Aplinkos apsaugos

agentūra (AAA) inicijavo studiją, kurios vienas iš tikslų buvo nustatyti pagrindinius azoto virsmus, tokius kaip denitrifikacija, fiksacija, asimiliacija ir bento-pelaginė apykaita. Siekiant nustatyti ar Kuršių marių ekosistema funkcionuoja kaip filtras, ar kaip maistmedžiagių šaltinis buvo sudarytas azoto balansas įvertinant, kiek šio elemento patekdavo į Kuršių marias ir buvo eksportuojama į Baltijos jūros priekrantę.

**Medžiaga ir metodai.** 2015 metais azoto junginių, amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), nitritų ( $\text{NO}_2^-$ ), nitratų ( $\text{NO}_3^-$ ), ištirpusio organinio (DON) ir dalelinio azoto (PN), sezoninė dinamika, virsmai vandens stovymėje ir bento-pelaginė apykaita buvo tyrinėti vyraujančiose Kuršių marių (Lietuvos Respublikos dalyje) sedimentacinėse aplinkose (tranzitinėje ir akumuliacinėje). Detalesnę informaciją apie tyrimo vietas galima rasti Zilius et al. (2014) ir Petkuvienė et al. (2016). Vandens stovymėje buvo įvertinta fitoplanktono DIN ( $=\text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ ) ir DON asimiliacija bei išmatuota ištirpusio molekulinio azoto ( $\text{N}_2$ ) fiksacija naudojant  $^{15}\text{N}_2$  žymėjimo metodą (Montoya et al., 1996). Tuo pačiu metu nesuardytos struktūros kolonėlėse įvertintas azoto junginių apykaitos greitis tarp dugno nuosėdų ir priedugnio vandens (Zilius et al., 2014). Analitiniai metodai naudoti maistmedžiagių analizei detaliau aprašyti Vybernaite-Lubienė et al. (priimta spaudai). Apjungiant visus matuotus biogeocheminius procesus ir išorinius azoto junginių srautus buvo sudarytas balansas (1 pav.).



1 pav. Azoto balanso sudarymo schema Kuršių marių sistemai. Rodyklė rodo srauto kryptį.

Išoriniams azoto srautams nustatyti mėginiai buvo imami Nemuno prietakoje į Kuršių marias (ties Rusne) ir ties Kiaulės nugara (marių ištekėjime į Baltijos jūrą), kartą per mėnesį ir pavasariinių bei rudeninių potvynių metu

kas savaitę. Azoto prietaka su krituliais buvo įvertinta remiantis AAA vykdomu monitoringu Preilos stotyje. Balanso sudarymo metodikos schema pateikiama ir yra detaliau aprašyta Vybernaite-Lubiene et al. (priimta spaudai). Pagrindinės prielaidos sudarant azoto balansą buvo:

1. Bento-pelaginės apykaitos ir procesų vandens storumėje greičiai, išmatuoti skirtingose sedimentacinėse aplinkose, buvo apskaičiuoti visoms marioms, proporcingai pagal tyrimo aplinkos užimamą plotą.
2. Vandens srautai tarp Baltijos jūros ir Kuršių marių apskaičiuoti pagal baigtinių elementų hidrodinaminį modelį (SHYFEM; <http://www.ismar.cnr.it/shyfem>).
3. Azoto prietaka apskaičiuota padauginant vidutinį nuotėkį arba srautą iš vidutinės koncentracijos (pagal HELCOM rekomendaciją).
4. Kai iš marių ištekantis vanduo buvo susimaišęs su jūriniu, tikroji koncentracija buvo nustatyta apskaičiuojant praskiedimo efektą.
5. Priimta, kad išgaravimas nuturėjo įtakos azoto balansui, o kritulių kiekis buvo tolygiai pasiskirstęs Kuršių marių paviršiuje.

**Rezultatai ir jų aptarimas.** Sudarytas azoto balansas parodė skirtingas prietakos į Kuršių marias ir eksporto į Baltijos jūros priekrantę tendencijas bei šiuos srautus reguliuojančių biogeocheminių procesų dinamiką. Žiemos – pavasario laikotarpiu nustatyti didžiausi srautai iš Nemuno upės baseino ir Baltijos jūros į Kuršių marias. Šiuo laikotarpiu dėl intensyvios denitrifikacijos ir mikrofitobentosos asimiliacijos Kuršių marios sulaukė nuo 18 iki 44 % bendro azoto atnešto iš Nemuno upės baseino ir iš Baltijos jūros priekrantės. Pavasarį ištirpus ledui, vandens storumėje 35 % padidėjo fitoplanktono asimiliacija. Vis dėlto, fitoplanktono gebėjimas akumuliuoti DIN ir DON, taip juos sulaikant mariose, išlieka ribotas galimai dėl žemos temperatūros ir vandens drumstumo. Nuo pavasario mažėjantis Nemuno nuotėkis sąlygojo mažesnius azoto srautus į Kuršių marias. Dėl to pasikeitęs maistmedžiagių kiekis ir jų ekologinis santykis lėmė azoto fiksuojančių melsvabakterių atsiradimą vasarą Kuršių mariose. Šiuo laikotarpiu azoto balansas kardinaliai pasikeitė lyginant su šaltuoju metų laikotarpiu. Biogeocheminiai procesai, vykstantys skirtinguose marių ekosistemos komponentuose, buvo svarbiausi balanso elementai. Dėl azoto fiksacijos vandens storumėje ir organinės medžiagos mineralizacijos dugno nuosėdose į marių sistemą patekdavo 3 kartus daugiau DIN ir DON nei su krituliais, Nemuno nuotėkiu ir prietaka iš Baltijos jūros. Vasaros metu 3 kartus padidėjo ir fitoplanktono poreikis DIN ir DON. Balanso skaičiavimai rodo, kad šį fitoplanktono poreikį išoriniai ir vidiniai azoto šaltiniai mariose galėjo patenkinti tik iš dalies, tai yra apie 50 %. Vadinasi, trūkstamas azoto poreikis buvo gaunamas iš organinės medžiagos skaidymo vandens storumėje. Rudens laikotarpiu biogeocheminiai procesai vandens storumėje ir dugno

nuosėdose išliko svarbūs azoto balanso komponentai nepaisant padidėjusios  $\text{NO}_3^-$  prietakos į marias. Skirtingai nei vasarą azoto fiksacija dugno nuosėdose buvo intensyvesnė nei denitrifikacija. Apibendrinant galima pasakyti, kad vasaros – rudens laikotarpiu iš Kuršių marių buvo eksportuojama daugiau  $\text{NH}_4^+$  ir DON Baltijos jūros priekrantei nei buvo atnešama į marias.

**Išvados.** Azoto prietaka ir ekologinė stochiometrija su Nemuno nuotėkiu labai pasikeičia pereinant iš pavasario į vasaros sezoną. Dėl šios priežasties Kuršių marios funkcionavo tiek kaip filtras, sulaikantis azoto junginius, tiek ir kaip jų šaltinis. Mūsų taikyti metodai parodė, kad: 1) dėl intensyvios denitrifikacijos ir mikrofitobentosos asimiliacijos, marios funkcionavo kaip filtras neorganiniam azotui, atneštam iš upės baseino žiemos – pavasario periodu, 2) Kuršių marios buvo svarbus  $\text{NH}_4^+$  šaltinis vasarą ir rudens pradžioje, 3) dėl azoto trūkumo vasaros metu azoto fiksacija ir organinės medžiagos mineralizacija tampa svarbus azoto šaltinis ir 4) dugno nuosėdose vyksta ne tik denitrifikacija, bet ir atvirkščias procesas – fiksacija, tačiau procesai laike yra atskirti. Šis tyrimas pateikia gaires, reikalingas apskaičiuojant ir reguliuojant azoto prietaką iš upių baseino į Baltijos jūros priekrantę.

## Literatūra

- HELCOM. 2015. Updated Fifth Baltic Sea pollution load compilation (PLC-5.5). Baltic Sea Environment Proceedings No. 145.
- HELCOM. 2007. HELCOM Baltic Sea Action Plan (adopted by the HELCOM Ministerial meeting, Krakow, Poland 15th November 2007).
- Loken L. C., Small G. E., Finlay J. C. et al. 2016. Nitrogen cycling in a freshwater estuary. *Biogeochemistry*, 127 (2), 199–216.
- Montoya J. P., Voss M., Kähler P., Capone D. G. 1996. A simple, high precision tracer assay for dinitrogen fixation. *Applied and Environmental Microbiology*, 62, 986–993.
- Nedwill D. B., Jickells T. D., Trimmer M., Sanders R. 1999. Nutrient in estuaries. *Advances in Ecological Research*, 29, 43–92.
- Petkuvienė J., Zilius M., Lubiene I. et al. 2016. Phosphorus Cycling in a Freshwater Estuary Impacted by Cyanobacterial Blooms. *Estuaries and Coasts*. DOI: 10.1007/s12237-016-0078-0
- Stålnacke P., Grimwall A., Sundblad K., Tonderski A. 1999. Estimation of riverine loads of nitrogen and phosphorus to the Baltic Sea, 1970–1993. *Environmental Monitoring and Assessment*, 58 (2), 173–200.
- Sundbäck K., Linares F., Larson F., Wulff A. 2004. Benthic nitrogen fluxes along a depth gradient in a microtidal fjord: the role of denitrification and microphytobenthos. *Limnology and Oceanography*, 49, 1095–1107.
- Vybernaite-Lubiene I., Zilius M., Giordani G. et al. Effect of algal blooms on retention of N, Si and P in Europe's largest coastal lagoon (priimta spaudai į *Estuarine, Coastal and Shelf Science*).
- Zilius M., Bartoli M., Bresciani M. et al. 2014. Feedback mechanisms between cyanobacterial blooms, transient hypoxia, and benthic phosphorus regeneration in shallow coastal environments. *Estuaries and coasts*, 37 (3), 680–694.

## KONFERENCIJOS „JŪROS IR KRANTŲ TYRIMAI“ PRANEŠIMŲ STATISTIKA 2007–2016 METAIS

**Enrika Juzėnaitė**

Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Gamtos mokslų katedra, Klaipėda  
*enrika.juzenaite@gmail.com*

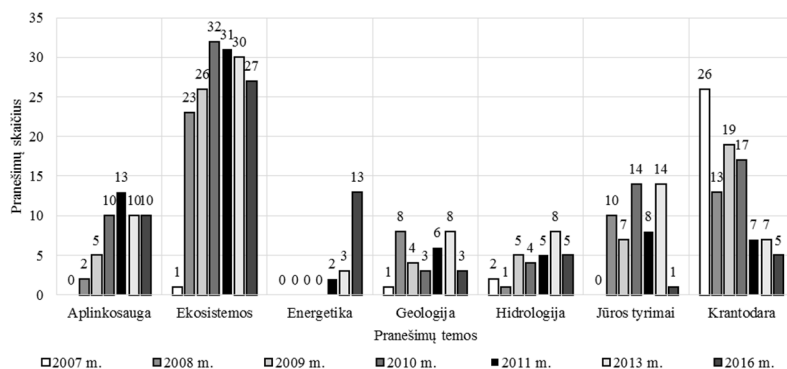
Nuo pirmosios „Jūros ir krantų tyrimai“ konferencijos praėjo dešimt metų. Per tiek laiko pakito ne tik pranešimų skaičius, bet išsiplėtė ir konferencijos temų įvairovė. Pirmaisiais konferencijos metais buvo skaityta 30 pranešimų, o vėlesnėse konferencijose žodinių ir standinių pranešimų gausa pasiekė – 80 (1 lentelė). Per 2007–2016 m. laikotarpį konferencijose iš viso perskaityti 273 žodiniai ir pristatyti 176 standiniai pranešimai.

*1 lentelė*

„Jūros ir krantų tyrimai“ konferencijos pranešimų skaičius

Pranešimai \ Metai	Metai						
	2007	2008	2009	2010	2011	2013	2016
Žodiniai	30	34	41	43	45	39	41
Stendiniai	-	23	25	37	27	41	23
<b>Iš viso:</b>	<b>30</b>	<b>57</b>	<b>66</b>	<b>80</b>	<b>72</b>	<b>80</b>	<b>64</b>

Konferencijų metu pristatyti žodiniai ir standiniai pranešimai pristato aplinkosaugos, ekologijos, energetikos, geologijos, hidrologijos, jūros ir krantų tyrimų rezultatus.



*1 pav. Pranešimų temų pasiskirstymas konferencijose 2007–2016 m.*

Pirmaisiais konferencijos metais didžiausias dėmesys pranešimuose buvo skiriamas krantodaros procesams, krantų būklės analizei (1 pav.). Didelis dėmesys nuolat skiriamas ekosistemų tematikai, aplinkosaugos ir jūros tyrimų klausimams. Paskutiniųjų konferencijų metu vis dažniau pristatomi su energijos išteklių panaudojimu susiję klausimai, analizuojama pajūrio regionui aktuali istorinių tyrimų medžiaga.



## AUTORIŲ SĄRAŠAS

Alzbutas Robertas.....	15	Gudas Saulius.....	86
Andersson Agneta.....	73	Yakymchuk Nikolay.....	95
Andrašūnas Vaidotas.....	141	Iešmantas Tomas.....	15
Anusauskas Feliksas.....	15	Ilginė Raimonda.....	47
Augutis Juozas.....	15	Yukhnevich Halina.....	195
Babilas Egidijus.....	15	Ivanauskas Edgaras.....	141
Bagdanavičiūtė Ingrida.....	20, 63	Jakimavičius Darius.....	78
Bagočius Donatas.....	24, 29	Jakovlev Sergej.....	86
Barisevičiūtė Rūta.....	33	Janutėnienė Jolanta.....	195, 221
Bartoli Marco.....	164, 237, 240, 247	Jefanova Olga.....	169
Baziukė Dalia.....	141	Jokšas Kęstutis.....	81, 206
Bitinas Albertas.....	37, 153	Jonkus Andrius.....	99
Blažauskas Nerijus.....	15, 243	Jurkin Viačeslav.....	216, 245
Bogdevičius Marijonas.....	38, 86, 104	Jusis Mindaugas.....	86
Bogdevičius Paulius.....	38	Juzėnaitė Enrika.....	91, 251
Bogužaitė Brigita.....	43, 99	Karabovych Sergii.....	95, 211
Bozhezha Dmitriy.....	95	Karpavičius Arvydas.....	99
Bresciani Mariano.....	237	Karpenko Mykola.....	104
Bučas Martynas.....	47, 237	Kataržytė Marija.....	47, 109, 237
Bukaveckas Paul.....	240, 247	Kaunaitė Džeinara.....	153
Bulbenkienė Violeta.....	180, 185	Kelpšaitė-Rimkienė L.....	113, 176
Cazzaniga Ilaria.....	237	Kobolev Vladimir.....	211
Čušėvė Romualda.....	50, 63	Kontautas Antanas.....	151
Cirtautas Donatas.....	43, 99	Korchagin Ignat.....	95
Crawford Rory.....	136	Koreivienė Judita.....	174
Čerkasova Natalja.....	109	Kozlov Igor.....	20
Dailidienė Inga.....	176	Kregždys Žilvinas.....	65, 116
Damušytė Aldona.....	37	Kriaučiūnienė Jūratė.....	119
Daukšys Vygintas.....	58	Krikštolaitis Ričardas.....	15
Daunys Darius.....	50, 63	Kutas Roman.....	211
Eglynas Tomas.....	86	Lebedevas Sergejus.....	58
Fedotova Jelena.....	65, 116	Lesutienė Jūratė.....	124, 128, 190
Ferrarin Christian.....	132	Levashov Sergii.....	95
Gailiūšis Brunonas.....	119	Liaugaudaitė Simona.....	109
Galkus Arūnas.....	81, 206	Liskow Iris.....	247
Gasiūnaitė Žita Rasuolė.....	124	Lupandinas Vitalijus.....	226, 231
Gedminienė Laura.....	143	Lupeikaitė Laura.....	195
Giardino Claudia.....	237	Mačiūtė Adelė.....	128
Girininkas Algirdas.....	69	Mažeika Jonas.....	169
Grinienė Evelina.....	73	Mėžinė Jovita.....	109, 132

Milerienė Rosita .....	245	Sprogys Martynas .....	43, 99
Morkūnas Julius .....	136	Srėbaliėnė Greta.....	157, 204
Morkūnė Rasa.....	141	Stakėnienė Rimutė .....	81, 206
Nabažaitė Raimonda.....	143	Staponkienė Ramutė .....	109
Narmontas Darius .....	226	Starostenko Vitaliy .....	211
Narmontas Evaldas .....	185	Statkus Romas .....	65
Narščius Aleksas .....	24, 29, 157, 204	Stragauskaitė Vaiva .....	47
Navašinskienė Judita .....	148	Suzdalev Sergej .....	216
Nesteckytė Laura .....	113	Šaškov Aleksej .....	63
Nika Nerijus .....	151	Šateikienė Diana .....	221
Olenin Sergej.....	153, 157, 204	Šiaulys Andrius.....	63
Osadčij Igor .....	91	Štuopys Arminas.....	226, 231
Overlingė Donata.....	160	Tadžijevas Artūras .....	231
Paškauskas Ričardas .....	169	Taraškevičius Ričardas .....	143
Pavolis Darius.....	15, 245	Tarzia Marguerite .....	136
Petkuvienė Jolita..	33, 47, 164, 237, 240, 247	Treinauskas Andrius .....	43
Petrošienė Ieva .....	113	Ungiesser Georg .....	20, 109, 132
Petrošius Rimantas .....	169	Ušpuras Eugenijus .....	15
Pilkaitytė Renata.....	160, 174	Vaičiūtė Diana.....	20, 33, 47, 164, 237, 240, 247
Povilanskas Ramūnas .....	141	Vaišnoras Mindaugas.....	15
Prentkovskis Olegas .....	38	Valinčius Mindaugas .....	15
Raudonikis Liutauras .....	136	Venckus Julius .....	185
Raudonytė-Svirbutavičienė E. ....	206	Vybernaitė-Lubienė I. 33, 164, 237, 240, 247	
Razinkovas-Baziukas A. ....	141	Visakavičius Erikas .....	169
Ruginis Tomas.....	141, 247	Voss Maren.....	247
Rukšėnienė Viktorija .....	176	Zaiko Anastasija .....	20
Rusakov Oleg .....	211	Zemlys Petras .....	33, 132, 240, 247
Schernewski Gerald.....	109	Zinkutė Rimantė .....	143
Senulis Audrius .....	86, 99	Zolubas Tomas .....	63
Silkauskas Linas .....	180	Žalys Marius .....	113
Silkinis Tomas.....	185	Žaromskis Rimas .....	243, 245
Sinkevičienė Zofija.....	47	Žygaitė Ieva .....	38
Skabeikis Artūras.....	190	Žilius Mindaugas .....	33, 164, 237, 240, 247
Skaisgirienė Audra .....	195	Žulkus Vladas .....	69
Solovjova Sabina.....	200	Žutautaitė Inga .....	15



