



Konferencijos medžiaga



17-oji nacionalinė jūros mokslų ir technologijų konferencija

JŪROS IR KRANTŲ TYRIMAI 2025

Konferencijos medžiaga

2025 m. gegužės 14–16 d.
Juodkrantė

KONFERENCIJOS ORGANIZATORIUS



Klaipėdos
universitetas

Jūros tyrimų
institutas

BENDRADARBIAUTI KVIEČIA:

tarptautinė žaliosios energetikos bendrovė „Ignitis renewables“



Leidinyje pateikiama 17-osios mokslinės-praktinės konferencijos „Jūros ir krantų tyrimai 2025“, vykusios 2025 metų gegužės 14–16 dienomis Juodkrantėje, medžiaga.

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

© Klaipėdos universitetas, 2025

ISSN 2669-2147

KONFERENCIJOS PARTNERIAI IR RĖMĖJAI:



APLINKOS
APSAUGOS
AGENTŪRA



MOKSLINIS KOMITETAS:

dr. Arūnas Balčiūnas
dr. Nerijus Blažauskas
dr. Zita Rasuolė Gasiūnaitė
dr. Evelina Grinienė
dr. Marija Kataržytė
dr. Jovita Mėžinė
dr. Aleksas Narščius
dr. Nerijus Nika
dr. Renata Pilkaitytė
dr. Aurelija Samuilovienė
dr. Sergej Suzdalev
dr. Andrius Šiaulys
dr. Viktorija Vaitkevičienė

KONFERENCIJOS PRANEŠIMŲ MEDŽIAGĄ RECENZAVO MOKSLINIO KOMITETO NARIAI.

ORGANIZACINIS KOMITETAS:

dr. Arūnas Balčiūnas, Aušra Blažauskienė, dr. Zita Rasuolė Gasiūnaitė, Simona Mačiukaitė, dr. Jovita Mėžinė, Rosita Milerienė, dr. Aleksas Narščius, Rima Putinienė, Viktorija Sabaliauskaitė, dr. Sergej Suzdalev, dr. Viktorija Vaitkevičienė

LEIDINĮ SUDARĖ: Rima Putinienė, dr. Viktorija Vaitkevičienė

VIRŠELIO NUOTRAUKA: Zita Rasuolė Gasiūnaitė

VIRŠELIO DIZAINAS: Rima Putinienė

TURINYS

ŽODINIAI PRANEŠIMAI	8
MELNRAGĖS PAPLŪDIMIO KULTŪRINIŲ EKOSISTEMINIŲ PASLAUGŲ VERTINIMAS KELIONĖS KAINOS METODU	8
Smiltė Baranauskaitė, Carlo Fezzi, Jūratė Lesutienė, Nan Zhan	
BIOLOGINIŲ APAUGŲ VERTINIMAS SMILTYNĖS UOSTELYJE TAIKANT SERC PLOKŠTELIŲ METODĄ	12
Olga Berežnova, Greta Srėbalienė, Jasmine Ferrario, Ignacio Gestoso	
NAUJAS PALEONTOLOGINIS RADINYS OLANDO KEPURĖS KLIFO PAPĖDĖJE: MAMUTO DURKLO FRAGMENTAS	15
Albertas Bitinas, Linas Daugnora, Roma Songailaitė, Jonas Mažeika, Miglė Stančikaitė	
AR EKOLOGINIS ŽEMĖS ŪKIS IŠGELBĖS BALTIJOS JŪRĄ NUO TARŠOS?	17
Laima Česonienė, Daiva Šileikienė	
RIFŲ BUVEINĖS BŪKLĖ IR APSAUGOS TIKSLAI LIETUVOS JŪRINĖSE SAUGOMOSE TERITORIJOSE	23
Darius Daunys, Andrius Šiaulys, Martynas Bučas	
EIDEM LAGŪNOS APYLINKIŲ (SVALBARDO SALYNAS) GEOLOGINĖS SANDAROS YPATUMAI	24
Oleksių Davydov, Aldona Damušytė, Albertas Bitinas	
DRONŲ PANAUDOJIMAS MOKSLINIAMS TYRIMAMS	26
Jonas Gintauskas, Edvinas Tiškus, Martynas Bučas, Diana Vaičiūtė, Arūnas Balčiūnas	
PILOTINIS ZOOPLANKTONO TYRIMAS JŪRINIŲ VĖJO ELEKTRINIŲ „CURONIAN NORD“ PARKE PANAUDOJANT VAIZDŲ SKENAVIMO IR ANALIZAVIMO SISTEMĄ (ZOOSCAN)	30
Evelina Grinienė, Matas Čepulis, Aleksas Narsčius, Nerijus Blažauskas	
PAKRANČIŲ TVARUMO CIKLAI IR SMARAGDINIO BENDRADARBIAVIMO PERSPEKTYVOS TARP-VALSTYBINIUOSE TARPINIUOSE VANDENYSE	35
Aistė Jurkienė, Ramūnas Povilanskas	
OTŲ IŠTEKLIŲ LIETUVOS BALTIJOS JŪROS PRIEKRANTĖJE 2018-2024 M. APŽVALGA	39
Žilvinas Kregždys, Tomas Zolubas, Antanas Kontautas, Remigijus Sakas, Marijus Špėgys, Margarita Venslovaitė, Arvydas Švagždys	
BALTIJOS PILKŲJŲ RUONIŲ (<i>HALICHOERUS GRYPUS GRYPUS</i>) JAUNIKLIŲ ANKSTYOJI SOCIALINĖ ELGSENA	43
Karina Lenko, Robertas Staponkus, Arūnas Grušas, Vaida Survilienė	
REABILITUOTŲ PILKŲJŲ RUONIŲ JAUNIKLIŲ (<i>HALICHOERUS GRYPUS</i>) HORIZONTALAUS JUDĖJIMO MODELIŲ VYSTYMASIS BALTIJOS JŪROJE	47

Laura Lupeikaitė-Kuncienė, Dominik Nachtsheim, Ursula Siebert, Žilvinas Kleiva

JŪRINĖS PROGNOZĖS SKAITINIO MODELIO PATIKRA52
Jovita Mėžinė, Rasa Idzelytė, Petras Zemlys, Georg Umgieser

ORGANINIŲ SĄNAŠŲ KARTOGRAFAVIMAS LIETUVOS KRANTO ZONOS PAPLŪDIMIUOSE
PRITAIKANT NUOTOLINIUS TYRIMO METODUS56
**Miglė Mockutė, Edvinas Tiškus, Olga Anne, Jonas Gintauskas, Daniela Glück, Hendrik Schubert,
Cintia Organo Quintana, Piotr Rybarczyk, Danutė Karčiauskienė, Emma Ljungberg**

ĮDOMŲS REIŠKINIAI PAJŪRYJE60
Judita Navašinskienė

BIOLOGINĖS INVAZIJOS BALTIJOS JŪROJE: MITAI IR REALYBĖ62
Sergej Olenin

KURŠIŲ MARIŲ ŽUVŲ AUGIMO IR BRANDOS ILGIO POKYČIAI.....67
Elyza Pilipaitytė, Eglė Jakubavičiūtė, Asta Audzijonyte

NUOTOLINIŲ METODŲ PRITAIKYMAS SUSPENDUOTŲ MEDŽIAGŲ TYRIMAMS BALTIJOS
JŪROS PRIEKRANTĖJE72
Rimantė Plikūnaitė, Diana Vaičiūtė

KAŠUČIŲ EŽERO MAUDYKLOS VANDENS KOKYBĖS VERTINIMAS REMIANTIS
MELSVABAKTERIŲ PARAMETRAIS76
**Ieva Sakovskaja, Donata Overlingė, Jolita Petkuvienė, Diana Vaičiūtė, Marija Kataržytė, Greta
Kalvaitienė, Ugnė Embrasaitė, Martyna Pareigytė, Hanna Mazur-Marzec**

SPATIAL MOVEMENTS OF THE GREAT CORMORANT *PHALACROCORAX CARBO* ACROSS
KARKLĖ, JUODKRANTĖ, RUSNĖ COLONIES80
Paolo Salvador, Rasa Morkūnė, Marianna Chimienti, Akiko Kato, Vytautas Eigirdas, Julius Morkūnas

REFERENCINĖS CHEMINĖS SUDĖTIES MEDŽIAGOS KAIP ĮRANKIS SKIRTINGA ĮRANGA
IŠGAUNAMŲ ANALIČIŲ KIEKIAMS SUSIETI83
Saulius Sarcevičius, Sergej Suzdalev, Ričardas Taraškevičius

PAPRASTŲJŲ JŪRŲ KIAULIŲ (*PHOCOENA PHOCOENA*) APTINKAMUMAS LIETUVOS IEZ:
ĮŽVALGOS IŠ PASYVAUS AKUSTINIO MONITORINGO JŪRINIUOSE VĖJO ELEKTRINIŲ
PARKUOSE86
Robertas Staponkus

TVARUS APLINKOS IR PASTATŲ KŪRIMAS IR KURŠIŲ NERIJOS EKOSISTEMA90
Gintaras Stauskis

KIEK PATIKIMA LIETUVOS VANDENS POLITIKOS VALDYSENA?.....96
Eglė Stonkė

NEURONINIŲ TINKLŲ MODELIS LAIVO VARIKLIO NOMINALIŲ APSUKŲ NUSTATYMOI:
TAIKYMAS EMEP EMISIJŲ METODIKOJE101
Lukas Šaparnis, Karolina Dukanauskaitė, Austėja Lileikytė, Paulius Rapalis

NAUJOS ARCHITEKTŪROS PASAULIO PAVELDO VIETOVĖJE –KURŠIŲ NERIJOJE, ESTETINIAI IR PAVELDOSAUGINIAI DISONANSAI IR KAITOS KRYPTYS.....	103
Dalia Traškinaitė	
SUDĖTINIŲ POTVYNIŲ RIZIKA KLAIPĖDOS MIESTUI.....	106
Erika Vasiliauskienė, Inga Dailidienė	
SKIRTINGŲ GYVENIMO CIKLO STADIJŲ ŽIOBRIŲ (<i>VIMBA VIMBA</i>) PARAZITŲ ĮVAIROVĖ.....	109
Margarita Venslovaitė, Patrick Fabian Unger, Nerijus Nika	
MAKROFITŲ VERTINIMAS SKIRTINGO TROFIŠKUMO VANDENS TELKINIUISE	111
Adolfina Zaidė, Martynas Bučas, Diana Vaičiūtė	
KURŠIŲ NERIJOS KRANTŲ IR KRAŠTOVAIZDŽIO TYRIMAI 1950-1980 M.....	114
Rimas Žaromskis, Giedrė Godienė	
TRUMPIEJI PRANEŠIMAI	117
SLYSTANČIO LANKO IŠLYDŽIO PLAZMOS IR IMPULSINIO ELEKTRINIO LAUKO POVEIKIO MIKRODUMBLIŲ <i>C. VULGARIS</i> LAŠTELĖMS TYRIMAS	117
Raimonda Celiešiūtė-Germanienė, Kamilė Jonynaitė, Liutauras Marcinauskas, Voitech Stankevič, Kamilė Bukėnaitė, Modesta Navickaitė, Arūnas Stirkė	
AR MOLIUSKŲ KRIAUKLĖS GALI BŪTI PANAUDOTOS FOSFORO SURIŠIMUI VANDENS EKOSISTEMOSE?	118
Ugnė Embrasaitė, Marija Igošina, Jolita Petkuvienė	
PROTECT BALTIC – PROJEKTAS EFEKTYVESNIAI BALTIJOS JŪROS APSAUGAI	122
Vita Gardauskė, Eglė Zarankaitė, Irena Mazaratij, Jurgita Gedminienė	
ŽIEMOJANČIŲ NUODĖGULIŲ <i>MELANITTA FUSCA</i> (LINNAEUS, 1758) MITYBOS YPATUMAI PIETRYČIŲ BALTIJOS JŪROS PRIEKRAVANTĖJE	125
Liliana Izotova, Julius Morkūnas, Rasa Morkūnė	
EKOLOGINIŲ MODELIŲ KALIBRAVIMAS: KURŠIŲ MARIŲ ATVEJIS	129
Burak Kaynaroglu , Mindaugas Žilius , Rasa Idzelytė, Artūras Razinkovas-Baziukas, Georg Umgieser	
DVIGELDŽIŲ MOLIUSKŲ <i>MYTILUS</i> SPP. DVIEJŲ SVALBARDO POPULIACIJŲ ARKTYJE DYDŽIO IR AMŽIAUS STRUKTŪRŲ TYRIMAS	133
Jogailė Kęstutytė	
ŽIEMOJANČIŲ RUDAKAKLIŲ NARŲ PASISKIRSTYMAS LIETUVOS PRIEKRAVANTĖJE	137
Ugnė Kuzminskaitė, Julius Morkūnas, Vytautas Eigirdas, Rasa Morkūnė	
PLAZĖS EŽERO DIDŽIŲJŲ KORMORANŲ (<i>PHALACROCORAX CARBO</i>) KOLONIJOS MITYBOS YPATUMAI: ATRYTA ŽUVIS, OTOLITAI ATRAJOSE BEI KITI RADINIAI	139
Valentinas Lepeska, Liliana Izotova, Julius Morkūnas, Airida Janavičiūtė, Rasa Morkūnė	
DUMBLIAGRYBIAI – ŽUVŲ SAPROLEGNIOZIŲ SUKĖLĖJAI KURŠIŲ MARIOSE.....	142
Svetlana Markovskaja, Aurelija Žuolytė	

NAFTĄ AR JOS PRODUKTUS SKAIDANČIŲ MIKROORGANIZMŲ IŠ BALTIJOS JŪROS IR KURŠIŲ MARIŲ PAGAUSINIMAS IR IZOLIAVIMAS.....	146
Nojus Mukauskas, Rafael Picazo Espinosa, Tatjana Paulauskienė, Jolita Petkuvienė, Jochen Uebe, Marija Kataržytė	
FEKALINĖ TARŠA IR JOS ŠALTINIAI PLATELIŲ EŽERO IR ŠVENTOSIOS PAPLŪDIMIŲ MAUDYKLOSE	149
Martyna Pareigytė, Marija Kataržytė, Greta Kalvaitienė, Jonas Gintauskas, Martynas Bučas, Diana Vaičiūtė	
FITOPANKTONO TYRIMŲ METODŲ PALYGINIMAS: AUTOMATIZUOTA VAIZDŲ ATPAŽINIMO SISTEMA (FLOWCAM) VS. MIKROSKOPIJA.....	152
Renata Pilkaitytė	
STUDENTAI IR APLINKOSAUGA: ELCRA TYRIMAS ATSKLEIDŽIA STUDENTŲ POŽIŪRĮ IR NUOMONĘ APLINKOSAUGOS TVARUMO IR KOVOS SU KLIMATO KAITA KLAUSIMAIS	155
Giedrė Strakšienė, Dalia Jakulytė	
MIKROPLASTIKO POLIMERINĖS SUDĖTIES ĮVAIROVĖ KOMUNALINIŲ NUOTEKŲ, KURŠIŲ MARIŲ IR BALTIJOS JŪROS MĖGINIUOSE	156
Viktorija Sabaliauskaitė, Arūnas Balčiūnas	
SVETIMŽEMIŲ IR VIETINIŲ MELSVABAKTERIŲ ATSAKAS Į TEMPERATŪROS POKYČIUS KLIMATO KAITOS SĄLYGOMIS	160
Karina Šmeliova, Izabelė Šuikaitė, Judita Koreivienė	
INOVATYVŪS SPRENDIMAI PAJŪRIO IR JŪRŲ TERITORIJŲ PLANAVIMUI: BALTICSEA2LAND PROJEKTO REZULTATAI	161
Greta Tautavičiūtė	
EO4SWIM: INTERAKTYVIOS MAUDYKLŲ VANDENS KOKYBĖS STEBĖSENOS PLATFORMOS KŪRIMAS NAUDOJANT PALYDOVINIUS DUOMENIS	163
Rūta Tiškuvienė, Martynas Bučas, Jonas Gintauskas, Diana Vaičiūtė, Marija Kataržytė, Donata Overlingė, Edvinas Tiškus	
PALYDOVINIAIS DUOMENIMIS PAGRĮSTOS INTERNETINĖS APLIKACIJOS VANDENS KOKYBĖS IR LAIVYBOS STEBĖSENAI	167
Diana Vaičiūtė, Edvinas Tiškus, Rūta Tiškuvienė, Jonas Gintauskas, Martynas Bučas	
KAI KURIŲ <i>PLATICTHYS SPP.</i> PLEKŠNIŲ FENOTIPŲ IR ASIMETRIJOS DAŽNUMO ĮVERTINIMAS BALTIJOS JŪROS LIETUVOS PRIEKRANTĖJE	169
Tomas Zolubas, Žilvinas Kregždys, Deividas Jucevičius, Jelena Aleksejeva, Marijus Špėgys, Antanas Kontautas, Remigijus Sakas	
AUTORIŲ SĄRAŠAS	172

ŽODINIAI PRANEŠIMAI

MELNRAGĖS PAPLŪDIMIO KULTŪRINIŲ EKOSISTEMINIŲ PASLAUGŲ VERTINIMAS KELIONĖS KAINOS METODU

Smiltė Baranauskaitė¹, Carlo Fezzi², Jūratė Lesutienė¹, Nan Zhang²

¹Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas, Klaipėda, ²Trento universitetas, Trento, Italija

jurate.lesutiene@ku.lt

Įvadas. Vienas iš ES Biologinės įvairovės strategijos 2030 m. tikslų yra ekosisteminių paslaugų kartografavimas ir vertinimas (angl. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services MAES*) visose ES šalyse. Naujausia apžvalga rodo, kad šalys įvykdė daug nacionalinių projektų, kad pasiektų šį tikslą, pvz. Lietuvoje sausumos ir jūros ekosisteminių paslaugų kartografavimas atliktas LINESAM projekto metu (Vári et al., 2024). Tačiau jūros ekosisteminių paslaugų vertinimui vis dar trūksta tiek sistemingų metodų, tiek ir vertinimui reikalingų duomenų (Inácio et al., 2020). MAES remiasi Bendrąja tarptautine ekosisteminių paslaugų klasifikacijos sistema (angl. *the Common International Classification of Ecosystem Services – CICES*), kurioje išskiriamos trys ekosisteminių paslaugų kategorijos: aprūpinimo, reguliavimo ir kultūrinės. Pagal CICES kultūrinės ekosisteminės paslaugos apima emocinį, estetinį, dvasinį ir intelektualinį ryšį su gamta. Jos yra esminės žmonių gerovei ir kultūrai.

Daugelio kultūrinių ekosisteminių paslaugų vertė nustatoma naudojant įvairius socialinius–ekonominius rodiklius. Tačiau tokios paslaugos kaip rekreacija, turizmas, gamtinis kultūrinis paveldas estetinė vertė gali būti nustatyta naudojant plačiai taikomus ekonominius metodus bei išreikšta piniginiiais vienetais. Analizuojant ekonominių metodų kategorijas, naudojamas jūros ir pakrančių kultūrinių paslaugų vertei nustatyti dažniausiai taikomas nustatytųjų pirmenybių (preferencijų) metodas (55 %), po jo seka naudos perkėlimas (angl. *benefit transfer*) (36 %) ir atskleistųjų pirmenybių metodas (9 %) (Pacifico et al., 2025). Nustatytųjų pirmenybių metodas, remiasi vartotojų atsakymais į klausimus apie jų pageidavimus ir prioritetus (pvz. struktūrinės apklausos dėl hipotetinių scenarijų ir pasirinkimo eksperimentai, siekiant išgauti respondentų subjektyvų vertinimą ir pasirengimą mokėti (angl. *willingness to pay*) už įvairius aplinkosaugos aspektus). Tuo tarpu atskleistųjų preferencijų metodas, skirtingai nei pirmasis, remiasi realiais duomenimis apie vartotojų elgesį rinkoje (pvz. kelionės kainos metodas, hedoninės vertės nustatymas analizuojant nekilnojamojo turto kainas). Nors ir turi daug trūkumų, ekonominis kultūrinių ekosisteminių paslaugų vertinimas kai kuriais atvejais turi privalumų, ypač priimant sprendimus dėl gamtotvarkos scenarijų (priemonių), vertinant suminę visų trijų kategorijų ekosisteminių paslaugų vertę, investicijų į ekosistemų apsaugą arba atkūrimą pagrindimo ir pan. MARBEFES projekte siekiama integruoti ekonominį, socialinį-kultūrinį vertinimą bei ekosistemų biologinės įvairovės ir funkcijų savybių vertinimą.

Pakrantės turizmas yra aukštos vertės kultūrinės ekosisteminės paslaugos, svarbios pakrančių zonos valdymui. Eutrofikacijos procesas vienas iš ryškiausių Baltijos jūros ekosistemos bruožų, darančių tiesioginį poveikį kultūrinėms ekosisteminėms paslaugoms. Dėl dumblių žydėjimo prastėja vandens kokybė, krenta paplūdimių estetinė rekreacinė vertė (Kataržytė et al., 2019). Todėl šio tyrimo tikslas yra nustatyti Kuršių marių vandens išplitimo zonoje esančio Melnragės paplūdimio teikiamą ekonominę rekreacijos vertę ir vandens kokybės įtaką poilsiautojams.

Metodai. Tyrimo vieta – Melnragės I paplūdimys, ~1 km atkarpa nuo šiaurinio molo iki Antrojo pasaulinio karo baterijos. Jis yra arčiausiai Kuršių marių ištakų, todėl į priekrantę patenka fitoplanktonu praturtintas vanduo. Tai miesto paplūdimys su patogia infrastruktūra lankytojams (automobilių stovėjimo aikštelė, Vėtros g.). Paplūdimys populiarus tarp aktyvaus vandens sporto mėgėjų (burlentės, banglentės, vėjo aitvarai). Taip pat čia yra speciali erdvė lankytojams su gyvūnais, todėl vieta mėgstama augintinių šeiminkų.

Vandens mėginiai chlorofilo *a* analizei buvo renkami 2024 m. gegužės – rugsėjo mėnesiais, siekiant įvertinti vandens kokybę ir jos įtaką lankytojų skaičiui. Pagal galimybes, tyrimai atlikti kiekvieną dieną laikotarpiu nuo 11 iki 15 val. Paplūdimyje iš 0,5 m gylio imami du 2 l mėginiai, matuojama vandens temperatūra ir druskingumas. Laboratorijoje mėginiai filtruojami bei analizuojami spektrofotometrijos metodu. Papildomai vizualiai vertinama maudymosi vandens kokybė pagal spalvą ir skaidrumą, suteikiant balą 1–5 (1 – prasčiausia kokybė, 5 – geriausia). Taip pat tiriamame ruože skaičiuojami paplūdimio lankytojai.

Liepos – rugpjūčio mėnesiais atlikta paplūdimio lankytojų apklausa. Respondentai skirstomi į vietinius gyventojus (Klaipėdos, Klaipėdos raj., Palangos, Šilutės raj.) ir turistus (atvykusius iš už Klaipėdos apskrities ribų). Anketa sudaryta iš trijų dalių: 1) kelionės įpročiai – gyvenamoji vieta, lankymosi dažnumas, kelionės būdas ir trukmė, veiklos paplūdimyje; 2) vandens žydėjimo įtaka – poveikis rekreacijos kokybei ir lankytojų

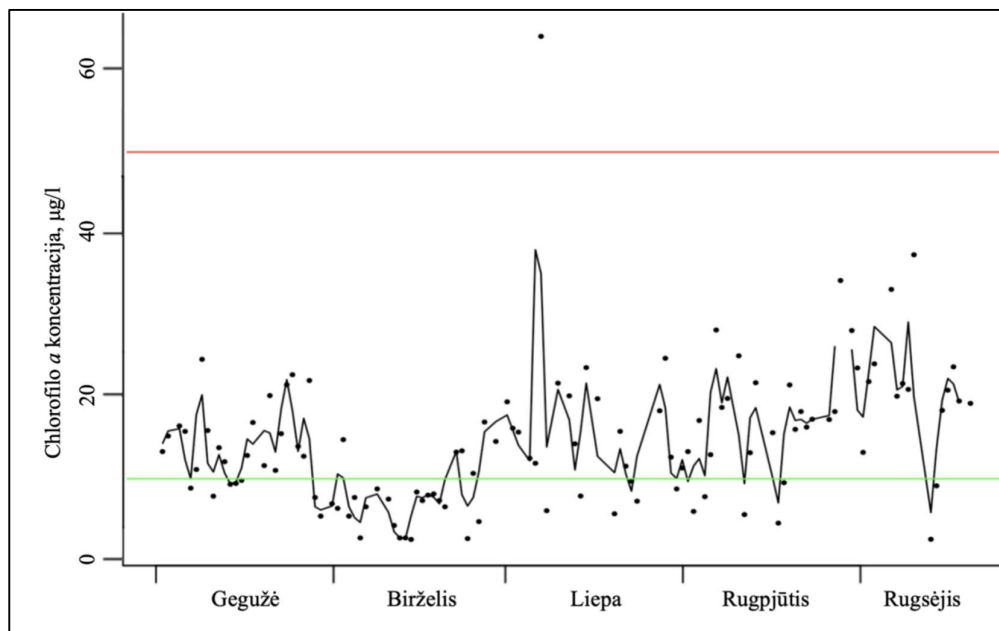
veikloms; 3) demografiniai duomenys – užimtumas, pajamos, amžius, lytis. Apklausa vykdoma tiesiogiai paplūdimyje, pokalbio metu duomenys suvedami panaudojant EUSurvey įrankį, kuris užtikrina duomenų apsaugą Europos Komisijos duomenų centre. Tyrimas atitinka Klaipėdos universiteto mokslinių tyrimų etikos standartus.

Apklausų duomenys toliau naudojami kelionės kainos ekonominiam modeliui (Ferrini & Fezzi, 2012). Šio modelio pagrindinė prielaida, kad kelionės į vietą kaina ir kelionei sugaištas laikas yra pagrindiniai veiksniai, lemiantys, kaip dažnai žmonės lankosi šioje vietoje. Vidutiniškai žmonės, gyvenantys arčiau paplūdimio ir patiriantys mažesnes kelionės išlaidas, lankysis dažniau nei tie, kurie gyvena toliau ir patiria didesnes išlaidas. Paklausos funkcija modeliuojama naudojant GLM modelį:

$x = f(TC, Z)$, kur TC bendra kelionės kaina (kuras, parkavimosi mokestis, bilieto kaina jeigu keliauja visuomeniniu transportu, bei kelionei sugaišto laiko kaina). Kelionei sugaišto laiko kaina apskaičiuojama pagal mėnesio pajamų bei valandinio atlyginimo dydį, kurį pateikia respondentai. Z – tai respondentų charakteristikos, tokios kaip amžius, lytis, mėnesio pajamų dydis.

Pasirengimas mokėti už vieną vizitą (angl. *willingnes to pay* - *WTP*) apskaičiuojamas pagal TC koeficiento reikšmę: $WTP = -\frac{1}{\beta_1}$, kur β_1 modelio koeficientas, kuris parodo, kiek sumažėja vizitų skaičius, kelionės kaštams (TC) pakilus vienu vienetu.

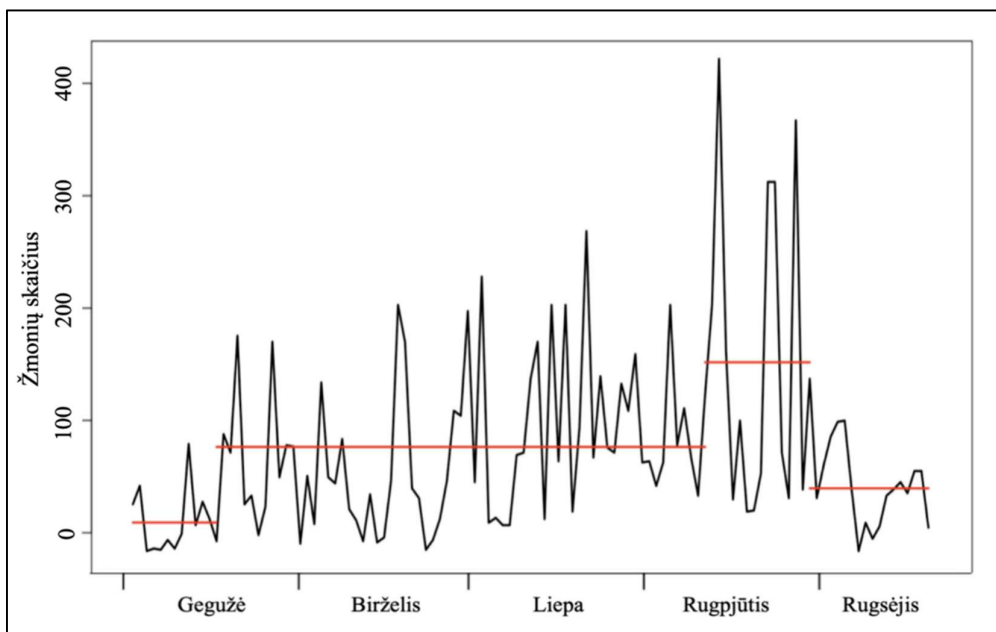
Rezultatai. Melnragės paplūdimyje chlorofilo *a* koncentracija daugiau nei pusę laiko (76 iš 118 tirtų dienų) svyravo tarp 10–50 $\mu\text{g/l}$, t.y., vidutinės rizikos diapazone. Pasaulinės sveikatos organizacijos duomenimis (2021), tokia koncentracija gali sukelti odos dirginimą ar alergines reakcijas. Liepos 9 d. chlorofilo kiekis pasiekė 64 $\mu\text{g/l}$, viršydamas 50 $\mu\text{g/l}$ ribą, o toks vandens žydėjimas gali būti pavojingas sveikatai (odos dirginimas, alergijos, virškinimo sutrikimai). Tačiau ši chlorofilo *a* koncentracijos greičiausiai yra išskirtis, nes tuo metu nebuvo pastebėta ženklaus vizualinio kokybės pokyčio (kokybė – 4 balai). 41 dieną (35 % sezono dienų) chlorofilo *a* koncentracija buvo <10 $\mu\text{g/l}$ ribos, rodančios puikią vandens kokybę ir minimalią riziką sveikatai bei leidžiančią saugiai maudytis. Vizualinio vertinimo metu dažniausiai pasikartoja 5 balai, kurie buvo skirti 68 kartus (58 % atvejų), ir 4 balai – skirti 41 kartą (35 % stebėjimų atvejų). Trimis balais, kai vandenyje stebima žalsva spalva, vandens kokybė buvo įvertinta tik 6 kartus (5 % atvejų). Tai reiškia, kad dažniausiai vanduo priekrantėje vertinant vizualiai yra geros kokybės.



1 pav. Chlorofilo *a* koncentracija tiriamojo sezono metu (nuo 2024.05.01 iki 2024.09.23).

Tam, kad būtų nustatyti svarbiausi įtaką lankytojų skaičiui Mernaragės paplūdimyje darantys veiksniai, buvo taikomas GLM modelis. Modelio rezultatai parodė, kad pagrindinis veiksnys, darantis įtaką žmonių skaičiui paplūdimyje, yra vandens temperatūra ($p < 0,001$), savaitgalio/šventinių dienų veiksnys ($p < 0,001$), kasdienė aukščiausia oro temperatūra ($p < 0,05$). Vandens kokybė (chlorofilo *a* koncentracija) neturėjo statistiškai reikšmingo poveikio lankytojų skaičiui ($p > 0,05$), nors modelio koeficientas yra neigiamas. Tarp tokių stiprių veiksnių, kaip vandens ir oro temperatūra bei savaitės diena, tai sunku nustatyti. Be to, tiriamuoju

laikotarpiu nebuvo fiksuota labai blogo vizualinio vandens kokybės vertinimo atvejų (1 ir 2 balai) bei sveikatai pavojingų chlorofilo *a* koncentracijų.



2 pav. Lankytojų skaičiaus kaita Melnragės paplūdimyje tiriamojo sezono metu (nuo 2024.05.01 iki 2024.09.23). Raudonomis linijomis pažymėti periodai tarp kurių reikšmingai skiriasi vidurkis („change point“ analizė).

Iš viso paplūdimyje apklausta 231 respondentų (127 turistai ir 104 vietiniai gyventojai), iš jų 68 vyrai (29 %) ir 163 moterys (71 %). Vidutinis apklaustųjų amžius 43,3 metai. Vyrų amžius nuo 22 iki 86 metų, o moterų nuo 18 iki 79 metų.

Apklausų rezultatai parodė, kad dumblių žydėjimas neturi jokios įtakos daugumai turistų – 59 %. Žydint dumbliams, 34 % turistų nepatinka maudytis, ir likusiems 7 % nemalonu būti nei vandenyje, nei pakrantėje. Vietiniai gyventojai į vandens žydėjimą kreipia daugiau dėmesio: dauguma t. y. 52 % nesimaudo, 7 % mažiau patinka ir maudytis, ir degintis, ir 3 % atsakė, kad esant žydėjimui nemalonu būti paplūdimyje, tačiau net 38 % vietinių gyventojų dumblių žydėjimas neturi jokios įtakos poilsio kokybei. Nors vandens kokybė daliai sukelia nemalonių pojūčių, tačiau tik 13 % turistų ir 24 % apklaustų vietinių gyventojų atsakė, kad dėl vandens žydėjimo paplūdimyje praleistas laikas sutrumpėtų.

Sudarytas kelionės kainos GLM modelis parodė, kad apsilankymų paplūdimyje dažniui statistiškai reikšmingos įtakos turi kelionės kaina ($p < 0,01$). Kiti socialiniai ekonominiai veiksniai, tokie kaip amžius, lytis ar vidutinės pajamos nėra reikšmingi. Neigiamas kelionės kainos koeficientas rodo, kad didėjant kelionės kainai, apsilankymų skaičius mažėja. Daugiausiai apsilankymų per mėnesį yra 5–15 eurų kelionės kainos intervale. Kainai perkopus 20 eurų apsilankymai tampa ypač reti. Iki 5 eurų intervale daugelis respondentų yra vietiniai Melnragės gyventojai pasiekiantys paplūdimį pėsčiomis. Jų skaičius nėra didelis (12 %), nes, visgi, dauguma vietinių gyventojų paplūdimį pasiekia automobiliu (68 %) arba visuomeniniu transportu (20 %). Remiantis koeficiento įverčiu (-0,072), apskaičiuota, kad vidutinis pasirengimas mokėti už apsilankymą paplūdimyje vietiniams gyventojams yra 13,9 euro.

Analizuojant kintamųjų įtaką turistų apsilankymų paplūdimyje skaičiui (atostogų metu), paaiškėjo, kad kelionės kaina taip pat yra statistiškai reikšmingas veiksnys ($p < 0,001$). Taip pat, svarbi yra atostogų trukmė ($p < 0,001$). Tuo tarpu amžius, lytis ir vidutinės pajamos statistiškai nereikšmingi. Apsilankymų dažnis didžiausias, esant mažiausiai kelionės kainai, kai ji svyruoja nuo 0 iki 10 eurų. Reikia pažymėti, kad šioje grupėje yra gerokai daugiau žmonių į paplūdimį atvykstančių pėsčiomis (29 % turistų ir tik 12 % vietinių gyventojų) iš savo atostogų būsto ar viešbučio netoli Melnragės paplūdimio. Remiantis koeficiento įverčiu (-0,164), apskaičiuota, kad vidutinis pasirengimas mokėti už vieną apsilankymą turistams yra 6,1 euro.

Rezultatų aptarimas. Pranešime bus pateiktas galutinis bendros paplūdimio vertės apskaičiavimas, bus pateikta išsamesnė informacija apie lankytojų paplūdimyje praleistą laiką bei rekreacines veiklas. Šis tyrimas turėtų atkreipti mokslininkų ir visuomenės dėmesį į gerėjančią Kuršių marių ekologinę būklę, stebimą atliekant kitus tyrimus, pavyzdžiui, makrofitų buveinių jų paplitimo gylio šiaurinėje Kuršių marių dalyje (Bučas et al., 2016, Sinkevičienė et al., 2017). Galimai gerėjančią vandens kokybę paplūdimyje nulemia hidrologiniai

veiksniai, Nemuno nuotėkis, jūros vandens lygis ir kt. Tirtuoju sezonu nebuvo žymaus vandens žydėjimo atvejo. Tačiau reiškinys gyventojams yra žinomas, apie tai kalba dauguma. Konkrečiai dėl patirties Melnragės paplūdimyje išsiskiria vietinių gyventojų ir turistų atsakymai: dumblių žydėjimo šiame paplūdimyje niekada nepatyrė 39 % turistų ir tik 7,6 % vietinių gyventojų, dauguma jų jauni arba neseniai mieste įsikūrę gyventojai.

Išvados. Tik 13 % turistų ir 24 % apklaustų vietinių gyventojų atsakė, kad dėl vandens žydėjimo paplūdimyje praleistas laikas sutrumpėtų vidutiniškai 56–57 % t.y. gyventojai vidutiniškai netektų apie 1,5 val poilsio laiko, o turistai apie 2 val poilsio laiko. Vis dėlto, lieka neapklausti gyventojai, kurie nesilanko Melnragės paplūdimyje. Dalis lankytojų pabrėžia, kad atvyksta dėl patogaus susisiekimo, dėl galimybės atsivesti augintinį, galimybės užsiimti vandens sportu, tačiau kitais atvejais renkasi toliau esančius paplūdimius, Smiltynės paplūdimius. Todėl bendra išvada apie populiacijos reakciją į vandens kokybę ir daromus pasirinkimus kol kas yra tik apytikslė.

Šis tyrimas taip pat atskleidė, kad šiltėjant klimatui, ilgėjant maudymosi sezonui, vis didesnę reikšmę turės būtent nuo rugpjūčio antros savaitės vis didėjanti fitoplanktono koncentracija, kurios augimas tęsiasi iki rugsėjo pabaigos. Nors jūra Lietuvoje išyla lėtai ir maudymosi sezonas prasideda tik liepos pradžioje, kitoms aktyvaus poilsio veikloms, kurios prasideda anksčiau, pavasarinis Kuršių marių žydėjimas taip pat turės įtakos – paplūdimyje gali būti drumsto vandens, nemalonaus kvapo ir nugaišusių žuvų. Kaip lankytojai priima šiuos gamtos reiškinius emociškai, dvasiškai ir intelektualiai turėtų atsakyti kiti socialiniai – kultūriniai ekosisteminių paslaugų vertinimo būdai.

Padėka. Šiuos tyrimus finansuoja MARBEFES projektas (MARBEFES – MARine Biodiversity and Ecosystem Functioning leading to Ecosystem Services), ES mokslinių tyrimų ir inovacijų programa „Horizon Europe“, dotacijos sutartis Nr.101060937, marbefes.eu.

Literatūra

- Bučas M. et al., 2016. Makrofitobentosos stebėsena kuršių mariose ir baltijos jūroje bei ekologinės būklės pagal makrofitus įvertinimas. Prieiga per internetą [Makrofitu_tyrimu_ataskaita_20161493844564223.pdf]
- Ferrini, S., Fezzi, C. (2012) Generalized additive models for nonmarket valuation via revealed or stated preference methods, *Land Economics*, vol. 88, pp.782-802.
- Kataržytė M., Vaičiūtė D., & Nasvytis P. 2019. Excellent bathing waters in coastal areas: is microbial pollution the only important parameter?. *Ocean & coastal management*, 182, 104922.
- Pacifico, A. M., Mulazzani, L. & Malorgio, G. (2025) Are the economic valuations of marine and coastal ecosystem services supporting policymakers? A systematic review and remaining gaps and challenges. *Front. Mar. Sci.* 11:1501812. doi: 10.3389/fmars.2024.1501812
- Inácio, M., Karnauskaitė, D., Baltranaitė, E., Kalinauskas, M., Bogdzevič, K., Gomes, E., Pereira, P., 2020. Ecosystem services of the Baltic Sea: An assessment and mapping perspective *Geogr. Sustain.*, 1, 256-265, 10.1016/j.geosus.2020.11.001.
- Sinkevičienė Z., Bučas M., Ilginė R., Vaičiūtė D., Kataržytė M., Petkuvienė J. (2017). Charophytes in the estuarine Curonian Lagoon: Have the changes in diversity, abundance and distribution occurred since the late 1940s? *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 46(2), eISSN 1897-3191.
- Vári Á., Adamescu, C. M., Balzan, M., et al., 2024. National mapping and assessment of ecosystem services projects in Europe – Participants' experiences, state of the art and lessons learned, *Ecosystem Services*, 65, doi.org/10.1016/j.ecoser.2023.101592.

BIOLOGINIŲ APAUGŲ VERTINIMAS SMILTYNĖS UOSTELYJE TAIKANT SERC PLOKŠTELIŲ METODĄ

Olga Berežnova¹, Greta Srėbalienė¹, Jasmine Ferrario², Ignacio Gestoso³

¹Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas, Klaipėda, ²Pavijos universitetas, Pavija, Italija, ³Cádiz universiteto Jūrų tyrimų institutas, Cadiz, Ispanija
olga.bereznova@ku.lt

Įvadas. Biologinės apaugos – tai ant panardintų struktūrų susidarančios organizmų sankaupos. Šis procesas kelia reikšmingus iššūkius, neigiamai veikia laivų našumą, didina kuro sąnaudas ir kelia bioapsaugos problemas (Yebra et al., 2004). Aplinkos veiksniai, tokie kaip temperatūra, druskingumas, drumstumas, substrato struktūra ir kt., turi įtakos biologinio apaugimo vystymuisi. Dažniausiai apaugimą formuoja makrozoobentosos, kurį sudaro sėslūs epibiontai ir endobiontai: dumbliai, dvigeldžiai moliuskai, ūsakojai, samangyviai, gaubtagyviai, tačiau aptinkami ir judrūs bestuburiai (Tamburini et al., 2021).

Uostai ir prieplaukos dažniausiai potencialios vietos aptikti naujas invazines rūšis (Marraffini et al., 2017). Skirtingų rūšių monitoringas yra būtinas, siekiant išvengti ir laiku aptikti bei veiksmingai valdyti biologinių invazijų plitimą. Invazinių rūšių duomenys apie jų paplitimą ir gausumą vis dar yra labai riboti. Šiuo metu yra kuriamos priemonės bei įrankiai tam, kad būtų galima valdyti biologinį apaugimą, kuriamos taisyklės bei rekomendacijos, praktinės gerosios patirties sklaida laivų operatoriams ir laivų savininkams pasauliniu, nacionaliniu ir regioniniu mastu (IMO, 2023).

Siekdami efektyviai įvertinti biologinį apaugimą, „Smitsono aplinkos tyrimų centras“ (angl., Smithsonian Environmental Research Institute) sukūrė SERC protokolą, kuris leidžia efektyviai ir ekonomiškai atlikti bioapaugimų tyrimus įvairiuose regionuose. Remiantis minėtu protokolu, PVC plokščių padėtis yra horizontali, nukreipta žemyn, tai stipriai riboja dumblių augimą ir skatina makrofaunos nusėdimą (Foresto et al., 2022).

Šio tyrimo tikslas buvo išanalizuoti SERC metodo tinkamumą biologinio apaugų, ypač svetimkraščių rūšių aptikimui, siekiant įvertinti apaugų valdymo priemonių efektyvumą prieplaukose.

Tyrimo uždaviniai:

- identifikuoti biologinio apaugimo rūšinę įvairovę, nustatant ir identifikuojant svetimkraštes rūšis;
- įvertinti rūšių apaugimo greitį per tam tikrą laikotarpį, simuliuojant skirtingas apaugimo paviršiaus sąlygas.

Metodai. 2024 m. gegužės – spalio mėn. buvo atliktas svetimkraščių rūšių vertinimas Smiltynės uostelyje taikant SERC plokštelių metodą. Uostelyje buvo panardinta 15 PVC plokštelių, kurių dydis 14 x 14 cm, plokštelės pritvirtintos prie plytos 1 m gylyje ir panardintos žemyn (SERC, 2024).

15 plokštelių buvo paskirstytos į tris grupes: A – plokštelės panardintos 6 mėnesius (gegužė - spalį); B – plokštelės panardintos 6 mėnesius (gegužė - spalį), tačiau po trijų mėnesių (liepos mėn.) nuo plokštelių paviršiaus pašalintos rūšys, plokštelės panardinta tolimesniam apaugimui (liepa - spalį); C – plokštelės panardintos 3 mėnesius (liepa - spalį).

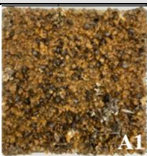
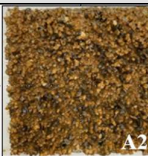
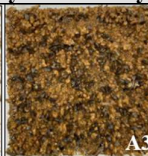
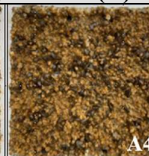
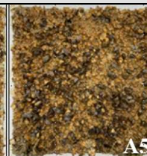
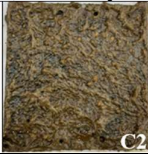
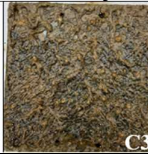
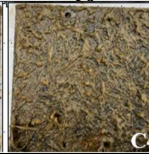
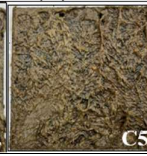
2024 m. spalio mėnesį 15 plokštelių ištrauktos ir paruoštos analizei. Atliktas vizualus rūšių identifikavimas, plokštelės pasvertos. Vėliau nugabentos į laboratoriją tikslesnei rūšių taksonominei analizei.

Tyrimo metu buvo matuojami šie parametrai: temperatūra, druskingumas ir deguonies kiekis 1 ir 2 metrų gylyje. Vandens skaidrumas buvo vertinamas naudojant Secchi diską.

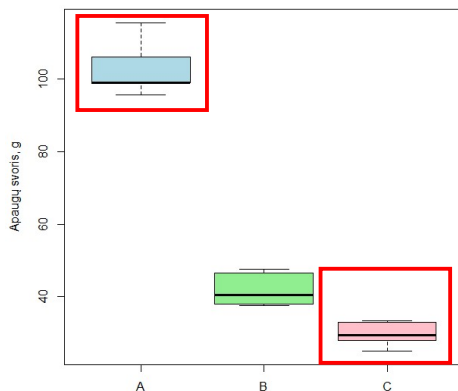
Rezultatai. Atliekant pirminį įvertinimą lauko sąlygomis, užfiksuoti sėslūs bei judrūs organizmai: jūrų gilės (*Amphibalanus improvisus*), dreisenos (*Dreissena polymorpha*), hidragyviai (*Cordylophora caspia*), dumblinis krabas (*Rhithropanopeus harrisi*), šoniaplaukos (*Gammarus tigrinus*, *Obesogammarus crassus*, *Dikerogammarus* spp.). Skaiciuojant apaugų svorį, nebuvo atkreiptas dėmesys į skirtumą tarp šlapios PVC plokštelės ir sausos tuščios plokštelės (175 g), svorių duomenys pateikti 1 lentelėje.

Atlikus *Shapiro-Wilk* testą biologinių apaugimų svorių pasiskirstymui skirtingose eksperimentinėse grupėse (A, B ir C) paaiškėjo, jog duomenys neatitinka normalumo sąlygos ($W = 0,79205$, $p\text{-value} = 0,002912$, $p < 0,05$). Tolimesnei statistinei analizei naudoti neparametriniai metodai. Atlikus *Kruskal-Wallis* testą paaiškėjo, kad egzistuoja skirtumas tarp skirtingų grupių A, B ir C (*Kruskal-Wallis* chi-squared = 12,522, $df = 2$, $p\text{-value} = 0,001909$, $p < 0,05$), toliau atliktas grupių porinis palyginimas naudojant *Dunn* testą. Palyginus biologinių apaugų svorį užfiksuotas statistiškai reikšmingas skirtumas yra tarp 6 mėnesius laikytų plokštelių „A“ (A1-A5) ir kontrolės plokštelių „C“ (C1 – C5) ($Z = 3,539$, $p\text{-value} = 0,0012$, $p < 0,05$).

1 lentelė. Bendras plokštelių svoris su apaugomis ir biologinių apaugų svoris

Plokštelės laikytos vandenyje 6 mėn. (A)				
				
A1	A2	A3	A4	A5
Plokštelės svoris, g				
290,5	281	274	270,5	274
Apaugų svoris, g				
115,5	106	99	95,5	99
Nepilnai nuvalytos ir 3 mėn. laikytos vandenyje plokštelės (B)				
				
B1	B2	B3	B4	B5
Plokštelės svoris, g				
212,5	215,5	222,5	213	221,5
Apaugų svoris, g				
37,5	40,5	47,5	38	46,5
Kontrolė, švarios plokštelės laikytos vandenyje 3 mėn. (C)				
				
C1	C2	C3	C4	C5
Plokštelės svoris, g				
208	208,5	200	204,5	203
Apaugų svoris, g				
33	33,5	25	29,5	28

Biologinių apaugimų svorių pasiskirstymo vizualizacijai naudotas *box-plot* grafikas (pav. 1).



1 pav. Biologinių apaugimų svorių pasiskirstymas skirtingose eksperimentinėse grupėse A, B ir C (grupės su statistiškai reikšmingu skirtumu paryškintos).

Visgi, remiantis *Dunn* testo rezultatais B ir C bei A ir B grupių plokštelės statistiškai reikšmingo apaugimo skirtumo pagal svorį neturėjo (B ir C: $Z = 1,769$, $p\text{-value} = 0,2305$, $p > 0,05$; A ir B: $Z = 1,769$, $p\text{-value} = 0,2305$, $p > 0,05$).

Atliktas *Levene* testas parodė, jog viduje grupių (A, B, C) nėra statistiškai reikšmingo dispersijos skirtumo ($F\text{ value} = 0,4782$, $p\text{-value} = 0,6312$, $p > 0,05$), sklaida viduje grupių yra panaši.

Rezultatų aptarimas ir išvados. Tyrimo metu identifikuota 13 taksonų: makrofitai *Ulva intestinalis* ir *Cladophora spp.*, jūrų gilės *Amphibalanus improvisus*, uodo trūklio lervos *Chironomidae undet.*, apvaliosios kirmėlės (*Nematoda*), hidragyvis *Cordylophora caspia*, dvigeldis moliuskas *Dreissena polymorpha*,

šoniplaukos *Gammarus tigrinus*, *Dikerogammarus spp.*, *Obesogammarus crassus*, bei *Gammaridae juvenilai*, mėlynžnyplė krevetė *Palaemon elegans*, dumblinis krabas *Rhithropanopeus harrisi*.

Visgi, taikant SERC protokolo taškų metodiką, kelios rūšys (*Ulva intestinalis*, *Dikerogammarus spp.*) pastebėtos nebuvo, jas pavyko užfiksuoti atliekant pirminį įvertinimą. Remiantis AquaNIS duomenų baze nustatyta, jog 8 rūšių iš aptiktų 13 taksonų turi nevietinę kilmę.

Įvertinus rūšių pasiskirstymą tarp skirtingų grupių (A, B, C), pastebėta, jog nepilnai nuvalytose plokštelėse „B“ rūšinė įvairovė buvo didesnė (6 taksonų), nei kontrolės grupėje „C“ (5 taksonų). Didžiausia rūšinė įvairovė stebėta „A“ grupės plokštelėse – 10 taksonų.

Rezultatai parodė, kad per 6 mėnesius vandenyje laikytos plokštelės „A“ buvo reikšmingai labiau apaugusios nei tik 3 mėnesius laikytos plokštelės „C“ ($p = 0,0012$). Tačiau dalinis plokštelių valymas po 3 mėnesių ir jų laikymas dar 3 mėnesius „B“ neparodė statistiškai reikšmingo skirtumo, palyginti su nevalytomis ir tik 3 mėnesius laikytais plokštelėmis „C“ ($p = 0,2305$). Taip pat nenustatyta reikšmingo skirtumo tarp 6 mėnesių laikytų „A“ ir dalinai valytų plokštelių „B“ ($p = 0,2305$), kas rodo, kad dalinis biologinių apaugimų šalinimas neturėjo esminės įtakos jų tolesniam augimui.

Padėka. Eksperimentiniai darbai buvo vykdomi bendradarbiaujant su Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų instituto studentais: M. Igošina, D. Faizrachmanova, L. Izotova, A. Kormilicina, I. Servaitė, S. Gečaitė, K. Šeršenyte, M. Venslovaite, M. Čepuliu, M. Mockute, S. Barauskaite, kurie reikšmingai prisidėjo prie tyrimo įgyvendinimo ir mėginių analizės.

Literatūra

- AquaNIS duomenų bazė (<http://www.corpi.ku.lt/databases/index.php/aquanis>)
- Foresto L., Occhipinti-Ambrogi A., Mohamed G., Rota A., Tamburini M., Ferrario J. 2022. Comparison Among Methods For The Assessment Of Non-Indigenous Species In Fouling Communities. In 2nd Mediterranean Symposium on the Non-Indigenous Species, p. 103-104.
- Yebra, D. M., Kiil, S., & Dam-Johansen, K. (2004). Antifouling technology—past, present and future steps towards efficient and environmentally friendly antifouling coatings. *Progress in organic coatings*, 50(2), 75-104.
- IMO.2023. Guidelines for the control and management of ships' biofouling to minimize the transfer of invasive aquatic species. MEPC 80/17/Add.1. <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.378%2880%29.pdf>
- Marraffini, M. L., Ashton, G. V., Brown, C. W., Chang, A. L., & Ruiz, G. M. (2017). Settlement plates as monitoring devices for non-indigenous species in marine fouling communities. *Management of Biological Invasions*, 8(4), 559-566.
- SERC. 2024. Serc settling plate protocols. Marine invasion laboratory. Updated version (https://drive.google.com/file/d/1vHKocAJ55mFtXGIneT8RUr07GofqP7_e/view)
- Tamburini, M., Keppel, E., Marchini, A., Repetto, M. F., Ruiz, G. M., Ferrario, J., & Occhipinti-Ambrogi, A. (2021). Monitoring non-indigenous species in port habitats: first application of a standardized North American protocol in the Mediterranean Sea. *Frontiers in Marine Science*, 8, 700730.

NAUJAS PALEONTOLOGINIS RADINYS OLANDO KEPURĖS KLIFO PAPĖDĖJE: MAMUTO DURKLO FRAGMENTAS

Albertas Bitinas¹, Linas Daugnora², Roma Songailaitė³, Jonas Mažeika¹, Miglė Stančikaitė¹

¹Valstybinis mokslinių tyrimų institutas Gamtos tyrimų centras, Vilnius, ²Klaipėdos universiteto Baltijos regiono istorijos ir archeologijos institutas, Klaipėda, ³Mažosios Lietuvos istorijos muziejus, Klaipėda
albertas.bitinas@gamtc.lt

Įvadas. Baltijos jūros krante šiauriau Klaipėdos dunksančio stataus skardžio (klifo), vadinamu Olando kepurės vardu, papėdėje kartkartėmis yra surandama iš skardžio nuogulų ir nuosėdų išplautų suakmenėjusių faunos bei floros liekanų, geologų įvardijamų kaip paleontologiniai radiniai. 2024 metų vasarą buvo aptiktas gana retas ir įspūdingas radinys – mamuto durklo fragmentas, sukėlęs nemenką Baltijos pajūrio regiono tyrėjų susidomėjimą.

Metodai. Mamuto durklo fragmentą aptiko klaipėdietis menininkas Artūras (panorėjęs likti anonimu) ir perdavė jį Mažosios Lietuvos istorijos muziejui (MLIM), kurio Archeologijos ir restauracijos skyriaus darbuotojai atliko radinio vietos dokumentavimą. Po to, papildomai apžiūrint radavietę, buvo įvertintos aplinkos geologinės sąlygos bei paimti mėginiai iš mamuto durklą talpinusių nuosėdų. Nedidelė atskilusi mamuto durklo dalis buvo paimta absoliutaus amžiaus nustatymui radiokarboninių metodu paraleliai dviejose laboratorijose – Valstybinio mokslinių tyrimų instituto Gamtos tyrimų centras (VMTI GTC) Branduolinės geofizikos ir radioekologijos laboratorijoje bei Fizinių ir technologijos mokslų centro (VMTI FTMC) laboratorijoje „Vilnius Radiocarbon“ (AMS metodu). Ten pat datavimui buvo nukreipti ir keli organinės kilmės nuosėdų, kuriose ir buvo surastas mamuto durklas, mėginiai. Šiuose mėginiuose taip pat buvo išanalizuotas sporų bei žiedadulkių spektras, bylojantis apie nuosėdų formavimosi paleoaplinką.

Rezultatai. Mamuto durklo fragmentas surastas siaurame, mažiau nei dešimties metrų pločio paplūdimio ruože (jūros tykos metu), klifo papėdėje, keleri metrai nuo dinaminės kranto linijos. Apytikslės radimo vietos koordinatės: 55°47'48.90"N 21°04'2.03"E. Durklo fragmento ilgis išoriniame išlinkime (external curvature) – 59,98 cm, vidiniame išlinkime (internal curvature) – 50,2 cm, apimtis durklo galuose – 18,6 cm ir 20,6 cm, skersmuo – atitinkamai 4,86 cm ir 7,62 cm. Radinio skersmuo vidurinėje dalyje – 6,49 cm. Surastas fragmentas yra iš durklo vidurinės dalies, su nulaužtais galais (t.y. jau vėliau, tiriant radavietę, buvo aptikti dar 4 kauliniai durklo fragmentai: ilgiausias – 10,62 cm / plotis 5,06 cm; trumpiausias – 7,71 cm / plotis 3,30 cm). Durklo paviršiuje taipogi matomi mechaninio poveikio pėdsakai – apibraižymai, nuoskalos.

Durklo fragmentas styrojo keliasdešimt centimetrų aukščiau jūros vandens lygio (pastarosios tykos metu) esančioje nuosėdų stromėje, suklotoje iš smulkus smėlio ir sapropelito (gytijos) bei smėlingo sapropelito su medienos nuolaužų priemaiša. Sluoksnelių storis varijuoja apytikriai nuo 1–2 cm iki 4–5 cm, jiems būdingas bendras nedidelis polinkis šiaurės rytų kryptimi. Kai kurie organinės kilmės sluoksneliai yra gana nevienodo storio, vietomis sudaro gniutulų pavidalo sankaupas. Surastas mamuto durklo fragmentas beveik statmenai kirto šiuos nuosėdų sluoksnelius, jo viršutinė dalis jau buvo bangų nuskalauta ir atidengta, tad geologinės slūgsojimo sąlygos nėra visiškai aiškios. Taipogi dokumentuota, kad visai greta radavietės, klifo pusėje, beveik tokia pat hipsometriniai lygyje kaip ir surastas durklo fragmentas, paplūdimyje *in situ* slūgso pilkos kompaktiškos moreninės nuogulos.

Mamuto durklo fragmento kalibruotas amžius, nustatytas VMTI GTC laboratorijoje, siekia $27\,950 \pm 700$ metų, tuo tarpų datavimas VMTI FTMC laboratorijoje parodė $42\,351 \pm 375$ metų amžių. Radinį talpinančių organinės kilmės nuosėdų (sapropelito, medienos) datavimas byloja, kad jų amžius yra ženkliai didesnis ir viršija 50 tūkst. metų, t.y. už metodo galimybių ribų.

Organinės kilmės sluoksnelių sporų–žiedadulkių spektras leidžia teigti teritorijoje klestėjus pušynus su ženkliais eglynų plotais. *Pinus* (iki 70 %) ir *Picea* (12 %) žiedadulkių kiekis spektre yra ženklus ir leidžia manyti jas esant vietinės kilmės, t.y. išvardinti medžiai teritorijoje augo nuosėdų formavimosi metu. Augalijos danga buvo gana tanki, nes žolinių augalų žiedadulkių kiekis spektre labai menkas. Tuo pat metu fiksuojamas sąlyginai nedidelis beržų žiedadulkių (*Betula*, iki 9–10 %) kiekis sietinas su ribotu šio taksono paplitimu teritorijoje. Drėgnose augavietėse plintančių alksnių (*Alnus*) bei šilumamėgių plačialapių ąžuolų (*Quercus*) ir liepų (*Tilia*) žiedadulkių kiekis nuosėdose menkas, ir tai, manome, sietina su tolیمomis žiedadulkių pernašomis ar perklostymu iš senesnių sluoksnių.

Rezultatų aptarimas ir išvados. Šie nedidelės apimties tyrimų rezultatai leidžia teigti, kad mamutas, kurio durklo fragmentas buvo surastas ir datuotas, gyveno laikotarpiu apytikriai tarp 29 ir 42 tūkst. metų prieš

dabartį, tačiau labiau tikėtina senesnė data, kadangi taikant AMS technologiją datavimui buvo panaudotas iš mėginių ekstraguotas kolagenas.

Analizuojant radinio geologines slūgsojimo sąlygas galima konstatuoti, kad nuosėdos klostėsi seklaus baseino pakraštyje, kuriame buvo ardamos ir kartu su smėliu perklostomos senesnio amžiaus (t.y. daugiau nei 50 tūkst. metų senumo) organinės kilmės, greičiausiai ežerinės, nuosėdos. Jų pirminio formavimosi metu, sprendžiant iš sporų-žiedadulkių spektro, vyravo sausos bei gana atšiaurios aplinkos sąlygos. Minėto seklaus baseino klostymosi laikotarpį galima būtų nustatyti tik atlikus smėlio sluoksnelių datavimą liuminescenciniais metodais. Mamuto durklo fragmentas, sprendžiant iš jo fizinės būsenos ir nedarnaus slūgsojimo supančios nuosėdų stovymės atžvilgiu, taipgi iš bendrų radavietės aplinkos geologinių sąlygų, galėjo būti įtrauktas į ledyną ir transportuojamas jo pade, o tam tikru momentu, prieš pat stabilizuojantis ledyno slinkimui, buvo tiesiog įspraustas į apačioje slūgsančias nuosėdas. Mechaninis poveikis mamuto durklui atsirado, matyt, taipogi jo transportavimo ledyne metu.

Išvados. Surastas mamuto durklo fragmentas byloja, kad prieš keliasdešimt tūkstančių metų (t. y. izotopinės stadijos MIS 3 metu), prieš prasidedant paskutiniajam ledynmečiui, Baltijos jūros depresijoje vyravo sausuma, čia buvo ganėtinai sausos ir šaltos klimatinės sąlygos, tad, kaip ir visoje Lietuvos teritorijoje, jos buvo palankios gyventi mamutams (Satkūnas ir kt., 2023). Ši informacija pagilina mūsų žinias apie gamtinių sąlygų raidą pleistoceno metu ir praplečia gamtamokslinį pažinimą apie Baltijos regioną. Mamuto durklo fragmento absoliutaus amžiaus datavimo rezultatai verčia revizuoti ir kiek kitaip nei kad iki šiol interpretuoti Olando kepurės klife atsidengiančių moreninių sluoksnių amžių (Bitinas, Damušytė, 2022), pagrindžiant jų formavimąsi paskutiniojo, t.y. Viršutinio Nemuno, ledynmečio metu.

Padėka. Dėkojame Mažosios Lietuvos saugomų teritorijų direkcijos ekologui Erlandui Paplauskiui bei MLIM darbuotojams Dmitrijui Paporigai ir dr. Titui Tamkvaičiui už pagalbą ekspedicijos metu. Tyrimo autoriai už radiokarboninį mėginių datavimą nuoširdžiai dėkingi dr. Žilvinui Ežerinskui ir jo vadovaujamam „Vilnius Radiocarbon“ kolektyvui.

Literatūra

- Satkūnas, J., Girininkas, A., Rimkus, T., Daugnora, L., Grigienė, A., Stančikaitė, M., Slah, G., Skuratovič, Ž., Uogintas, D., Žulkus, V., 2023. New 14C data of megafaunal remains from Lithuania – implications for the palaeoenvironmental interpretation of the Middle Weichselian. *Geological Quarterly*, 2023, 67: 3, doi: 10.7306/gq.1671
- Bitinas, A., Damušytė, A. 2022. Stop 7. Olando Kepurė cliff: a key section of Weichselian deposits. In: V. Šeirienė and A. Bitinas (eds.), *Quaternary of the Eastern Baltic Region. Excursion guide and abstracts of international field symposium*, 10-15 September 2022, Vilnius, Lithuania. Nature Research Centre, Vilnius, 78–80.

AR EKOLOGINIS ŽEMĖS ŪKIS IŠGELBĖS BALTIJOS JŪRĄ NUO TARŠOS?

Laima Česonienė¹, Daiva Šileikienė¹

¹Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademija, Kaunas
laima.cesoniene1@vdu.lt

Įvadas. Didžiausia paviršinio vandens kokybės problema – eutrofikacija, kurią sukelia į ją patenkantys azotas ir fosforas. Įvairūs tyrimai rodo, kad nesaikingas cheminių trąšų ir pesticidų naudojimas sukėlė rimtą ne taškinių šaltinių vandens taršą (Xiao ir kt., 2021). Difuzinė ir kitokia vandens tarša yra pagrindinė daugelio agroekosistemų problema, ypač drėkinamose vietovėse, susijusiose su didelės ekologinės vertės ekosistemomis (Alcon ir kt., 2020). Šiuolaikinis žemės ūkis vis labiau priklauso nuo cheminių trąšų, ypač besivystančiose šalyse (FAOSTAT, 2021). Trąšos ir mėšlas barstomi į pasėlius, siekiant padidinti derlių, dėl paviršiaus erozijos, dirvožemio išplovimo ir nuotėkio, dažnai prarandami, o didėjant maistinių medžiagų kiekiui paviršiniuose ir požeminiuose vandenyse yra bloginama vandens kokybė (Wu ir kt., 2010).

Didžiausią įtaką paviršinio ir požeminio vandens kokybei bei eutrofikacijos procesams paviršiniame vandenyje daro fosforo (P) ir azoto (N) junginiai (Robles-Rodriguez, 2021, Sena ir kt., 2021). Daugelis mokslininkų vieningai pritaria, kad vienas efektyviausių būdų daugelyje šalių sumažinti paviršinio vandens taršą yra ekologinis ūkininkavimas (Boone ir kt., 2019).

Metodai. Siekiant įvertinti antropogeninės veiklos poveikį paviršinio vandens būklei buvo ištirtas 36 vandens telkinių vanduo (26 ežerų ir 10 tvenkinių). Vandens telkiniai atrinkti iš Rizikos vandens telkinių sąrašo, patvirtinto Lietuvos Respublikos Aplinkos ministro Įsakymu Nr. D1-908, 2017 m. lapkričio 7 d. Vilnius, iš sąrašo – rizikos veiksniai nenustatyti.

Paviršinio vandens ekologinė būklė vertinta pagal fizikinių-cheminių kokybės elementų rodiklius, naudojant Paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodiką (Lietuvos Respublikos Aplinkos ministro Įsakymas, 2007).

Pasklidusios taršos šaltiniams priskiriama žemės ūkyje susidarančio mėšlo ir mineralinių trąšų apkrova bei apkrova iš gyventojų, kurių namų ūkiai neprijungti prie nuotekų surinkimo tinklų.

Sutelktosios taršos šaltiniams priskiriami miestų, gyvenviečių, pramonės įmonių bei paviršinių nuotekų išleistuvai, lietaus nuotėkis nuo urbanizuotų teritorijų.

Aplinkos apsaugos agentūros (AAA) duomenys apie nuotekų išleistuvus, išmatuotų teršalų koncentracijas bei metinius nuotekų kiekius. Vertinama suskirsčius į vandens telkinių mitybos baseinus. Sutelktoji tarša į vandens telkinius gali patekti tiesiogiai arba per intakus.

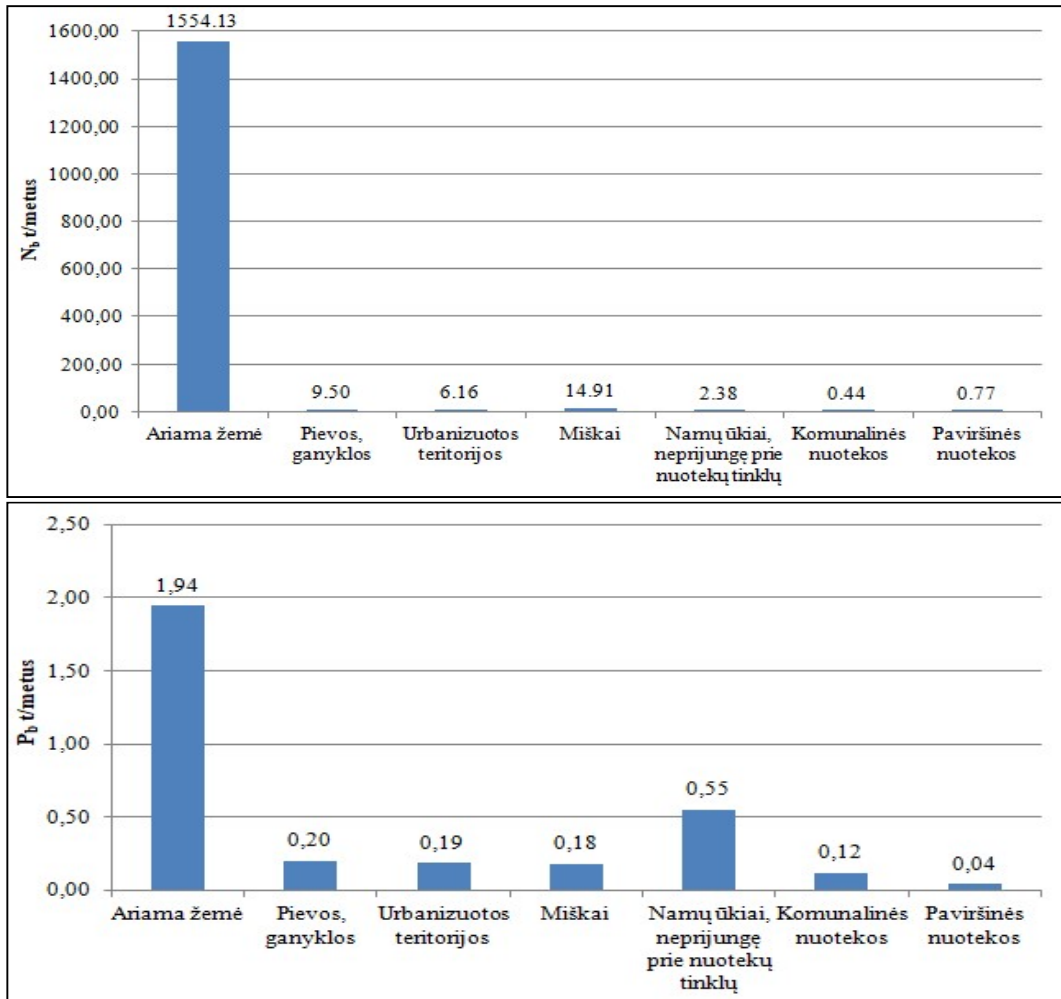
Vertinama:

- buitines nuotekas išleidžiantys išleistuvai ir jų taršos apkrovos bei poveikis vandens telkinio būklei;
- gyventojų prisijungimo prie nuotekų išleistuvių skaičius, vertinant ar nuotekos tvarkomos centralizuotai, ar vykdomas individualus tvarkymas, ar nuotekos netvarkomos;
- pramonės įmonių nuotekų išleistuvai ir jų taršos apkrovos bei poveikis vandens telkinio būklei. Vertinami 2011–2019 metų išleidžiamų nuotekų vidutiniai Nb, Pb verčių duomenys;
- Paviršines nuotekas išleidžiantys išleistuvai ir jų taršos apkrovos bei poveikis vandens telkinio būklei.

Norint nustatyti biogeninių medžiagų transformacijos poveikį vandens telkinių taršai, vidutiniams bendrojo azoto (N_b) ir bendrojo fosforo (P_b) kiekiams apskaičiuoti buvo naudojamas SWAT modelis. Įvertinus tradicinę sėjomainą, taikomą Lietuvos dirbamoje žemėje, ir įvairių žemės ūkio augalų vidutinį pasėlių derlių, fosforo ir azoto kiekį vandenyje ir dirvožemyje, gyvūnų skaičių, žemės naudojimą baseinuose ir tręšimo sąlygas (t.y. mineralinių azoto trąšų kiekis skaičiuojamas nuo 40 kg/ha ankštinių augalų vertės iki 170 kg/ha žieminių rapsų ir fosforo trąšų nuo 15 kg/ha įvairių grūdinių kultūrų iki 38 kg/ha kumuliacinių augalų) buvo nustatytos pagal 1997–2018 m. meteorologines ir hidrologines sąlygas, taip pat tradicinės drenažo (1,1 metro drenažo gylis, atstumas tarp drenažo taškų 24 metrai) charakteristikos. SWAT (dirvožemio ir vandens vertinimo įrankis) modelio duomenys buvo naudojami nustatant maistinių medžiagų kiekį, gaunamą iš gyvenamųjų ir komercinių rajonų, bei taršos dydžiui apskaičiuoti. SWAT modelis yra taikomas vandens telkinio baseinui. Tai nepertraukiamo laiko modelis, kuris veikia kiekvieną dieną ir įvertina poveikį vandens būklei (Arnold et al., 1998). Modelis apima oro, hidrologijos, erozijos, dirvožemio temperatūros, augalų augimo, maistinių medžiagų, žemės tvarkymo, vandens srovės kanaluose ir rezervuaruose nukreipimo rodiklius.

Gyventojų, kurių nuotekos nebuvo surenkamos, išleidžiamos teršalų apkrovos aplinkoje buvo vertinamos pagal HELCOM rekomendacijas, nurodančias, kad vienam gyventojui yra priskiriama 25,6 kg atliekų pagal BDS7, 4,4 kg pagal N_b , 0,9 kg pagal P_b .

Rezultatai. Biogeninių medžiagų apkrovos ežerų ir tvenkinių baseinuose apskaičiuotos naudojant SWAT modelio duomenis. Skaičiavimai atlikti tonomis per metus į ežerų prietakos baseinus atskirai bendram azotui ir bendram fosforui. Bendrojo azoto ir fosforo apkrovos ežerų baseinams (t per metus) pateiktos 3.11 paveiksle.



1 pav. Bendrojo azoto ir fosforo apkrova ežerų baseinams (t per metus).

Ežerų ir tvenkinių baseinuose generuojama didžiausi kiekiai iš žemės ūkio šaltinių: ariama žemė – bendrojo azoto 1554,13 t per metus ir 1,94 t per metus fosforo, pievos ganyklos – bendrojo azoto – 9.50 t per metus ir 0,20 t per metus fosforo. Gyventojai, kurių nuotekos nėra išleidžiamos į nuotekų tvarkymo sistemas, generuoja: bendrojo azoto 2,38 t per metus ir 0,55 t per metus fosforo.

Antropogeninės apkrovos poveikis bendrojo fosforo koncentracijai P_b (Y), apskaičiuotas daugialypės regresinės analizės būdu.

1 lentelė. Antropogeninės apkrovos baseinuose įtaka bendrojo fosforo koncentracijai vandenyje

Aplinkos veiksnys	Nestandardizuoti koeficientai		Standartizuotas koeficientas	t	Reikšmingumo lygmuo p
	B	Std. paklaida	Beta		
Konstanta	0,076	0,016		4,625	0,000
P _b iš ariamos žemės, t per metus	0,016	0,024	0,908	0,663	0,515
P _b iš pievų, t per metus	0,208	0,174	1,565	1,200	0,245
P _b iš miestų, t per metus	0,063	0,071	0,459	0,896	0,381
P _b iš miško, t per metus	-0,094	0,268	-0,595	-0,352	0,729
P _b iš neprisijungusių prie nuotekų tinklų gyventojų, t per metus	0,074	0,113	1,444	0,659	0,518
P_b iš komunalinių nuotekų, t per metus	0,133	0,085	1,248	1,561	0,035
P_b iš paviršinių nuotekų, t per metus	0,179	0,128	1,163	1,352	0,045
P _b iš ekologinių ūkių, t per metus	1,184E-5	0,000	0,169	0,338	0,739
Esamas ekologinių ūkių kiekis, %	-0,006	0,007	-0,247	-0,959	0,350
Esamas ekologinių ūkių plotas, ha	-0,149	0,098	-1,800	-1,523	0,044
Baseino plotas, ha	0,001	0,001	2,995	0,741	0,468
Sąlyginis gyvulių skaičius baseine SGS	2,426E-5	0,000	2,238	1,286	0,214
Žemės ūkio naudmenos, ha	1,299E-5	0,000	3,036	0,403	0,692
Ariamos plotas, ha	2,518E-5	0,000	4,983	0,868	0,396
Ūkių skaičius baseine, vnt	0,000	0,000	2,910	0,852	0,405

Antropogeninės apkrovos poveikis bendrojo azoto koncentracijai N_b (Y), apskaičiuotas daugialypės regresinės analizės būdu.

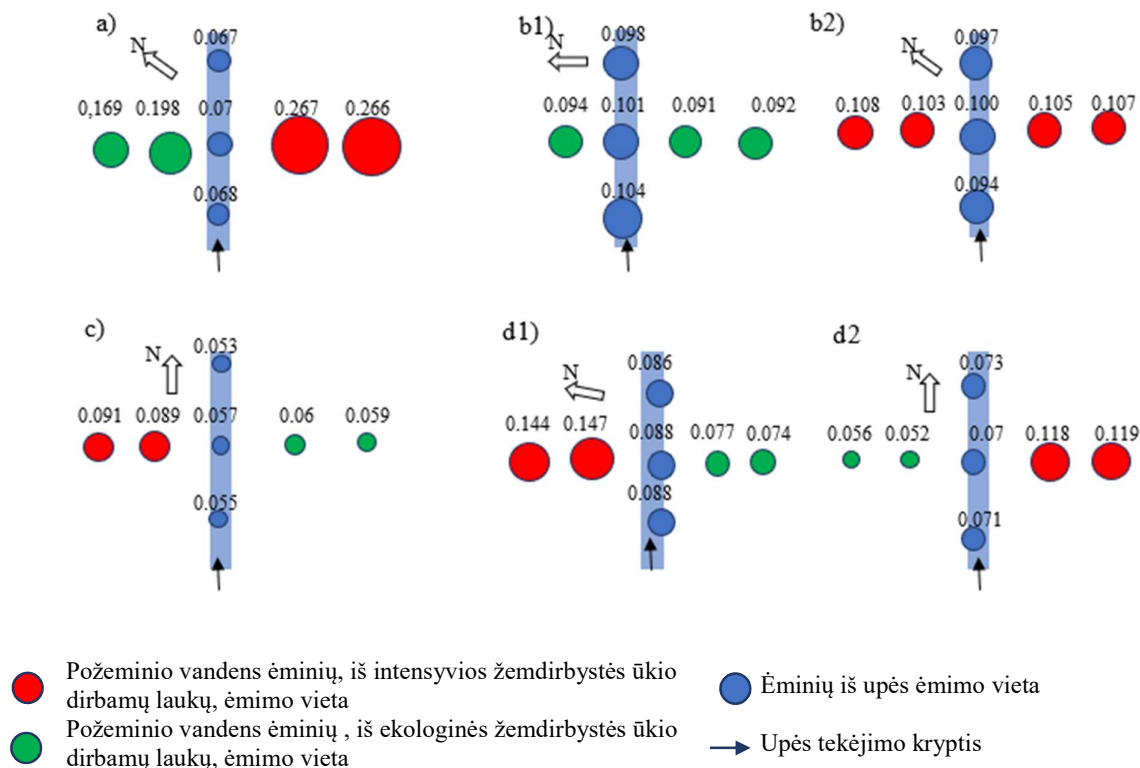
2 lentelė. Antropogeninės apkrovos baseinuose įtaka bendrojo azoto koncentracijai vandenyje

Aplinkos veiksnys	Nestandardizuoti koeficientai		Standartizuotas koeficientas	t	Reikšmingumo lygmuo p
	B	Std. paklaida	Beta		
Konstanta	2,251	0,282		7,988	0,000
N _b iš ariamos žemės, t per metus	0,300	0,080	2,628	2,171	0,046
N _b iš pievų, t per metus	-0,307	0,081	-3,438	-3,806	0,001
N _b iš miestų, t per metus	0,074	0,066	0,705	1,121	0,276
N _b iš miško, t per metus	-0,063	0,124	-1,073	-0,511	0,615
N _b iš neprisijungusių prie nuotekų tinklų gyventojų, t per metus	0,886	0,212	2,256	4,174	0,001
N _b iš komunalinių nuotekų, t per metus	0,541	0,220	0,384	2,455	0,024
N _b iš paviršinių nuotekų, t per metus	0,140	0,120	0,180	1,166	0,258
N _b iš ekologinių ūkių, t per metus	0,001	0,014	0,223	0,092	0,927
Esamas ekologinių ūkių kiekis, %	0,000	0,001	-0,131	-0,315	0,756
Esamas ekologinių ūkių plotas, ha	-1,158	0,122	-1,181	-2,295	0,011
Baseino plotas, ha	0,001	0,000	2,865	2,656	0,016
Sąlyginis gyvulių skaičius baseine SGS	0,001	0,001	3,865	0,847	0,408
Žemės ūkio naudmenos, ha	0,001	0,001	4,718	1,476	0,046
Ariamos žemės plotas, ha	0,002	0,005	0,767	0,470	0,644

Atlikta antropogeninės apkrovos baseinuose įtakos bendrojo fosforo koncentracijai vandenyje daugialypė regresinė analizė parodė, kad bendrojo fosforo vertei įtakos turi išleidžiamos komunalinės ir paviršinės nuotekos ir esamas ekologinių ūkių plotas. Kuo didesnė bendrojo fosforo koncentracija komunalinėse ir paviršinėse nuotekose – bendrojo fosforo vertė vandenyje didesnė, kuo didesnis ekologinių ūkių plotas ežerų mitybos baseinuose – bendrojo fosforo koncentracija vandenyje mažesnė.

Atlikta antropogeninės apkrovos baseinuose įtakos bendrojo azoto koncentracijai vandenyje daugialypė regresinė analizė parodė, kad N_b vertei įtakos turi žemės ūkio naudmenos, N_b kiekis generuojamas iš ariamos žemės ir pievų, neprisijungę prie nuotekų tinklų namų ūkiai, išleidžiamos komunalinės nuotekos, vandens telkinio mitybos baseino plotas ir esamas ekologinių ūkių plotas. Kuo didesnė N_b koncentracija iš ariamos žemės, neprisijungusių prie nuotekų tinklų namų ūkių, komunalinių nuotekų, didesnis vandens telkinio baseino plotas, žemės ūkio naudmenų plotas – N_b vertė vandenyje didesnė, kuo didesnė N_b koncentracija iš pievų ganyklų, didesnis ekologinių ūkių plotas ežerų mitybos baseinuose – N_b koncentracija vandenyje mažesnė.

Maistinių medžiagų sklaidos iš ekologinės ir intensyvios žemdirbystės ūkiuose vykdomos žemės ūkio veiklos įvertinimui, 4–5 metrų gylio gręžinių buvo imtas gruntinis vanduo ir nustatomos P_b ir N_b koncentracijos jame. Bendrojo fosforo koncentracijos sklaidos diagramos pateiktos 2 paveiksle.

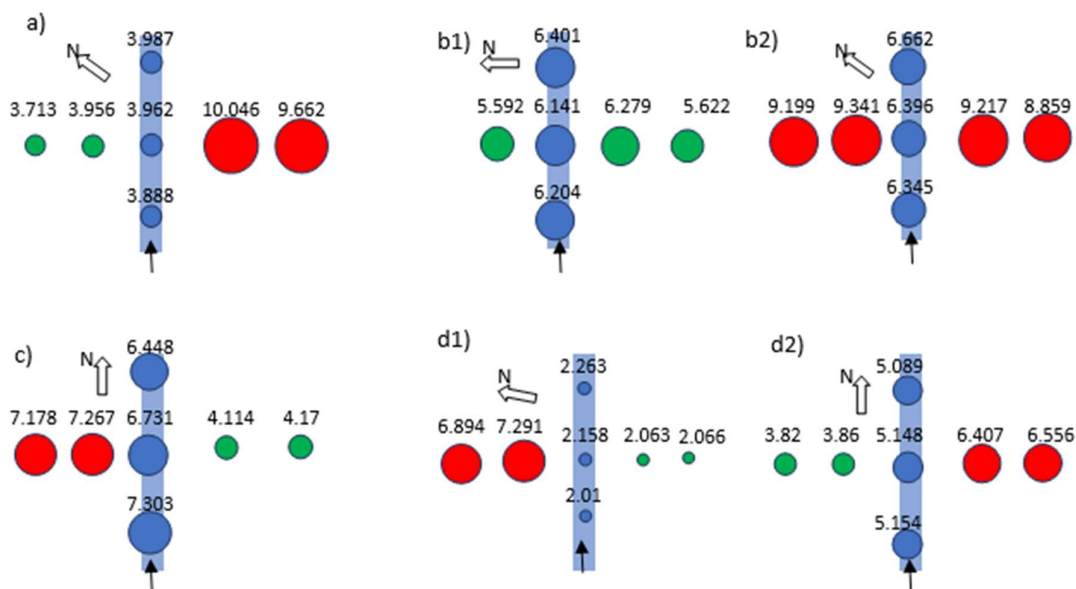


2 pav. Bendrojo fosforo (P_b) koncentracijos upių ir gręžinių gruntiniame vandenyje: a) Prienų r., b1–b2) Kėdainių r., c) Panevėžio r., d1–d2) Kaišiadorių rajone.

Visuose požeminio vandens mėginiuose, kurie buvo paimti iš ekologinės žemdirbystės ūkių plotuose išgręžtų gręžinių, bendrojo fosforo kiekis buvo mažesnis nei požeminio vandens mėginiuose, kurie buvo paimti iš intensyvios žemdirbystės ūkių plotuose išgręžtų gręžinių.

Upėse nustatyta bendrojo fosforo koncentracija buvo mažesnė nei požeminio vandens mėginiuose, kurie buvo paimti iš intensyvios žemdirbystės ūkių plotuose išgręžtų gręžinių, bet didesnė arba labai panaši į iš ekologinės žemdirbystės ūkių plotuose išgręžtų gręžinių paimtų vandens mėginiuose nustatytą koncentraciją (išskyrus Prienų r., čia bendrojo fosforo koncentracija upėje buvo mažesnė).

N_b koncentracijos sklaidos diagramos pateiktos 3 paveiksle.



3 pav. Bendrojo azoto (N_b) koncentracijos upių ir gręžinių gruntiniame vandenyje: a) Prienų r., b1–b2) Kėdainių r., c) Panevėžio r., d1–d2) Kaišiadorių rajone.

Visuose požeminio vandens mėginiuose, kurie buvo paimti iš ekologinės žemdirbystės ūkių plotuose išgręžtų gręžinių bendrojo azoto kiekis buvo mažesnis nei požeminio vandens mėginiuose, kurie buvo paimti iš intensyvios žemdirbystės ūkių plotuose išgręžtų gręžinių.

Upėse nustatyta bendrojo azoto koncentracija buvo mažesnė nei požeminio vandens mėginiuose, kurie buvo paimti iš intensyvios žemdirbystės ūkių plotuose išgręžtų gręžinių, bet didesnė arba labai panaši į iš ekologinės žemdirbystės ūkių plotuose išgręžtų gręžinių paimtų vandens mėginiuose nustatytą koncentraciją.

Išvados. Atlikta antropogeninės apkrovos baseinuose poveikio vandens kokybės rodiklių koncentracijai daugialypė regresinė analizė parodė, kad kuo didesnė bendrojo fosforo koncentracija komunalinėse ir paviršinėse nuotekose – bendrojo fosforo vertė vandenyje didesnė, kuo didesnis ekologinių ūkių plotas ežerų mitybos baseinuose – bendrojo fosforo koncentracija vandenyje mažesnė. N_b vertei įtakos turi žemės ūkio naudmenos, N_b kiekis generuojamas iš ariamos žemės ir pievų, neprisijungę prie nuotekų tinklų namų ūkiai, išleidžiamos komunalinės nuotekos, vandens telkinio mitybos baseino plotas ir esamas ekologinių ūkių plotas. Kuo didesnė N_b koncentracija iš ariamos žemės, neprisijungusių prie nuotekų tinklų namų ūkių, komunalinių nuotekų, didesnis vandens telkinio baseino plotas, žemės ūkio naudmenų plotas – N_b vertė vandenyje didesnė, kuo didesnė N_b koncentracija iš pievų ganyklų, didesnis ekologinių ūkių plotas ežerų mitybos baseinuose – N_b koncentracija vandenyje mažesnė.

Įvertinus maistinių medžiagų sklaidą į požeminį vandenį iš ekologinės ir intensyvios žemdirbystės ūkių, nustatyta, kad visuose ekologinės žemdirbystės ūkių plotuose išgręžtų gręžinių požeminiame vandenyje P_b , N_b koncentracijos buvo statistiškai reikšmingai mažesnės nei intensyvios žemdirbystės ūkių plotuose išgręžtų gręžinių požeminio vandens mėginiuose ($p < 0,05$).

Kadangi ekologinės žemės ūkio gamybos plotuose maistinių medžiagų išsiplovimas į požeminį ir paviršinį vandenį statistiškai reikšmingai mažesnis nei intensyvios žemdirbystės ūkiuose plotuose bei didinant ekologinių ūkių plotus bei ekologinių ūkių kiekį procentais – mažinamos bendrojo fosforo, bendrojo azoto koncentracijos vandenyje, vandens būklė geresnė pagal biologinius rodiklius: EŽI (ežeruose žuvų indeksas) ir EMI (zoobentos taksonominę sudėtį ir gausą) ($p < 0,05$) – norint pagerinti vandens kokybę reikia siekti ekologinių ūkių plėtros mažiausia iki 25 %, pagal EU rekomendacijas.

Literatūra

- Xiao, L., Liu, J., Ge, J. (2021). Dynamic game in agriculture and industry cross-sectoral water pollution governance in developing countries, *Agricultural Water Management*, 243, 106417 Morkūnė, R., Gasiūnaitė, Z. R., Žukovskis, Alcon, F. Dolores de-Miguel, M., Miguel Martínez-Paz, J. (2020). Assessment of real and perceived cost-effectiveness to inform agricultural diffuse pollution mitigation policies. *Land Use Policy*, 107, 104561.

- FAO. 2021. Food and Agriculture Organization of the United Nations. [interaktyvus] <<http://faostat.fao.org/site/678/DesktopDefault.aspx?PageID=678#ancor>> .
- Wu, Y., Kerr, P.G., Hu, Z., Yang, L. (2010). Eco-restoration: Simultaneous nutrient removal from soil and water in a complex residential–cropland area. *Environmental Pollution*, 158, 2472–2477.
- Robles-Rodriguez, C.E., Ben-Ayed, A., Bernier, J., Rocher, V., Dochain, D. (2019). Management of an integrated network of wastewater treatment plants for improving water quality in a river basin. *IFAC-PapersOnLine*, 52(1), 358–363.
- Sena, M., Seib, M., Noguera, D.R., Hicks, A. (2021). Environmental impacts of phosphorus recovery through struvite precipitation in wastewater treatment. *Journal of Cleaner Production*, 280, 124222.
- Boone, L., Roldán-Ruiz, I., Van linden, V., Muylle, H., Dewulf, J. (2019). Environmental sustainability of conventional and organic farming: Accounting for ecosystem services in life cycle assessment. *Science of The Total Environment*, 695, 133841

RIFŲ BUVEINĖS BŪKLĖ IR APSAUGOS TIKSLAI LIETUVOS JŪRINĖSE SAUGOMOSE TERITORIJOSE

Darius Daunys, Andrius Šiaulys, Martynas Bučas

Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas, Klaipėdos universitetas, Klaipėda
darius.daunys@ku.lt

Santrauka. Saugomų teritorijų apsaugos tikslai yra direktyvinis Europos Sąjungos reikalavimas gamtosauginiam valdymui, kuris turi būti pagrįstas saugomų vertybių apsaugos būklės kriterijais, Jūrinių buveinių apsaugos būklės kriterijais rekomenduojama vertinti buveinių struktūrines ir funkcinės savybes, kurių parinkimas didžiaja dalimi priklauso nuo esamų žinių, stebėsenos metodų prieinamumo ir kaštų. Lietuvos jūrinės teritorijos buveinės tiriamos ne vieną dešimtmetį, o praėjusio amžiaus istoriniai duomenys teikia informacijos ir apie ilgalaikius jų pokyčius. Gamtosauginiu požiūriu vertingiausia buveine laikoma rifai, todėl šios buveinės tyrimams skiriamas didžiausias dėmesys. Surinktų duomenų pagrindu rifų buveinės apsaugos būklei vertinti buvo išskirti keturi buveinės potipiai, nustatyti šeši struktūriniai ir funkciniai kriterijai bei geros būklės slenkstinės vertės. Rifų apsaugos būklės vertinimas parodė gerą rifų būklę atviros jūros saugomose teritorijose Sambijos plynaukštėje (LTNER0006) ir Klaipėdos – Ventspilio plynaukštėje (LTPAL0002), kur šie rifai užima apie 12,8 tūkst. ha. Priekrantėje, kur rifų įvairovė didžiausia, skirtingiems buveinės potipiems gera būklė nustatyta tik 18–62 % jų teritorijos. Istoriniai duomenys rodo, jog Baltijos priekrantės (LTPAL0001) rifų bendras plotas sumažėjo apie 64 %, nuo 8,5 tūkst. ha iki 3,1 tūkst. ha. Baltijos priekrantės saugomos teritorijos apsaugos tikslui siūloma pasiekti gerą buveinės būklę beveik 2,2 tūkst. ha plote ir atkurti buveinės potipius iki 60–80 % jų istorinio ploto taip padidinant rifų bendrą esamą plotą daugiau nei du kartus iki beveiki 6,5 tūkst. ha.

EIDEM LAGŪNOS APYLINKIŲ (SVALBARDO SALYNAS) GEOLOGINĖS SANDAROS YPATUMAI

Oleksiy Davydov¹, Aldona Damušytė², Albertas Bitinas¹

¹Valstybinis mokslinių tyrimų institutas Gamtos tyrimų centras, Vilnius, ²Lietuvos geologijos tarnyba, Vilnius
aleksiy.davydov@gamt.lt

Įvadas. 2024 metais vykusioje „Jūros ir krantų tyrimai 2024“ konferencijoje buvo pristatytas pranešimas apie Eidembreen ledyno tirpimą ir besiformuojančią Eidem lagūną (Damušytė ir kt., 2024). Šiame konferencijoje pristatomas pranešimas ir pateikiamas straipsnis yra šių tyrimų tęsinys, orientuotas į Eidem lagūnos apylinkių geologinių sąlygų išsamesnę analizę, siekiant kuo daugiau atkurti paleogeografinių sąlygų raidą per pastarąjį šimtą metų ir įvardinti veiksnius, lėmusius Eidem lagūnos ir ją nuo Arkties vandenyno skiriančios nerijos susidarymą.

Metodai. 2024–2025 metais vykdytų tyrimų metu buvo koncentruojamasi į publikuotas geologinės medžiagos (straipsnių, žemėlapių) paiešką ir jų detalią analizę, taipogi papildomą kosmo– ir aerofotomedžiagos dešifravimą. 2024 metų konferencijai pristatomos medžiagos pagrindu yra rengiamas mokslinis straipsnis.

Rezultatai. Detali publikuotos geologinės informacijos ir kartografinės medžiagos analizė parodė, kad Eidembreen ledyno ir Eidem lagūnos apylinkėse yra labai sudėtinga pagrindinių (prekvartero) uolienų storumės geologinė sandara bei pokvarterinis reljefas. Uolienų storumė disjungtyviniais tektoniniais lūžiais suskaidyta į blokus, kurie sudaro įvairias geologines struktūras, tokias kaip grabenai, sprūdžiai, antstūmiai ir pan. Litologinė uolienų sudėtis taipogi labai įvairi: pokvarteriniame paviršiuje atsideda neoproterozojaus filitai, kvarcituai ir smiltainiai bei paleozojaus karbonatai ir evaporitai. Detalizuotame tiriamojo ploto kvartero geologiniame-geomorfologiniame žemėlapyje kartografuotos glacialinės, fluvioglacialinės, limnoglacialinės ir jūrinės nuogulos bei nuosėdos, kurių litologinė sudėtis kinta nuo smulkių riedulių ir gargždo iki smulkučio smėlio ir aleurito. Glacialiniame reljefe išskirti kraštinių darinių gūbriai, dugninės morenos lyguma (vietomis – drumlinizuota, agražuota, arba smulkiai kalvota) bei supraglacialinės formos – vidurinės ir pakraštinės morenos gūbriai bei abliacinės morenos danga. Fluvioglacialiniame reljefe vyrauja zandrai, taipogi kartografuotas vienas ryškus išnašų kūgis. Limnoglacialinės nuogulos sudaro keletą nedidelių lygumų. Jūriniam reljefui priskirta vakarinėje tiriamojo ploto dalyje plytinti terasa, kurios paviršiuje, aplygintame abrazijos procesų, atsideda prekvartero uolienos. Šiam reljefo tipui taipogi priskiriama Eidem nerija bei pagal vandenyną nusidriekęs akumuliacinis (sąnašinis) krantas.

Rezultatų aptarimas ir išvados. Prekvartero uolienų tektoninė sandara, uolienų litologinė sudėtis, pokvarterinio reljefo ypatumai iš esmės įtakojo Eidembreen ledyno morfologiją ir dinamiką, o taip pat ir Eidem nerijos formavimosi vietą. Politerminis Eidembreen ledyno pobūdis (*polythermal glacier*) sąlygoja ne tik paviršinę, bet ir poledyninę ledo tirpsmo vandens iškrovą. Pastaroji kartu su ledyno egzracija yra svarbiausi veiksniai, formuojantys šiuo metu vis dar besiplečiančios Eidem lagūnos dugno reljefą. Eidem nerijos formavimuisi esminę įtaką turėjo glacialinės ir fluvioglacialinės medžiagos akumuliacija ledyno pakraštyje jo maksimalaus paplitimo ir stabilizacijos metu, o taip pat fluvioglacialinės medžiagos išnešimas į vandenyno priekrantę ir tolimesnė jo pernaša išilgai kranto, užsibaigusi nuosėdų akumuliacija nerijoje.

Literatūra

- Damušytė, A., Bitinas, A., Davydov, O., ir kt. 2024. Eidem ledyno (Svalbargo salynas) tirpimas ir glacigeninio reljefo formavimosi ypatumai. 16-oji nacionalinė jūros mokslų ir technologijų konferencija „Jūros ir krantų tyrimai 2024“, 2024 m. gegužės 15–17 d., Dreverna. Konferencijos medžiaga. Klaipėdos universitetas, 30–34.
- Gabrielsen, R. H., Kløvjan, O. S., Haugsbø, H., et al. 1992. A structural outline of Forlandsundet Graben, Prins Karls Forland, Svalbard. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, 72, 105–120.
- Horota, R. K., Senger, K., Rodes, et al. 2023. West Spitsbergen fold and thrust belt: A digital educational data package for teaching structural geology. *Journal of Structural Geology*, 167, 104781. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2022.104781>
- Kanat, L., Morris, A. 1988. A working stratigraphy for central western Oscar II Land, Spitsbergen Norsk Polarinstitut, Oslo. 27.
- Klemsdal, T. 2010. Svalbard and Jan Mayen. In: E. C. F. Bird (Ed.), *Encyclopedia of the World's Coastal Landforms*, 581–588. Springer, Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8639-7_99
- Schaaf, N.W., Osmundsen, P.T., Van der Lelij, R., et al. 2018. Tectono-sedimentary evolution of the eastern Forlandsundet Graben, Svalbard. *Norwegian Journal of Geology*, 100, 1–39.

Tretiakov M.V., Bryzgalo V.A., Rumiantseva E.V., Romashova K.V. 2021. *Freshwater resources of Western Spitsbergen in modern conditions* (long-term studies of the AARI). SPb.: Arctic and Antarctic Research Institute, 2021, 200 p. [In Russian].
Electronic resource: <https://toposvalbard.npolar.no/>
Electronic resource: <https://geokart.npolar.no/geologi/GeoSvalbard/#6/77.959/19.782>

DRONŲ PANAUDOJIMAS MOKSLINIAMS TYRIMAMS

Jonas Gintauskas, Edvinas Tiškus, Martynas Bučas, Diana Vaičiūtė, Arūnas Balčiūnas

Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas, Klaipėda
jonas.gintauskas@ku.lt

Įvadas. Inovatyvių metodų, tokių kaip nuotoliniai tyrimų metodai, pažanga vis labiau plečia duomenų surinkimo ir apdorojimo galimybes (Telli et al., 2023). Naudodami nepilotuojamus orlaivius (dronus) mokslininkai gali rinkti didelės raiškos ir mastelio erdvinis duomenis ir aiškiau suprasti visą tiriamos teritorijos situaciją. Dronų panaudojimas taip pat sprendžia iššūkius, susijusius su lauko tyrimais, pavyzdžiui, vietovių prieinamumą (užliejami laukai, pakrančių zonos apaugusios nendrynais ar apipelkėjusios vietovės), laiko sąnaudas bei saugomų ir jautrių buveinių trikdymą.

Kartu su augančiomis dronų technologijomis yra vystomi įvairūs jutikliai (sensoriai). Multispektrinės ir hiperspektrinės kameros geba fiksuoti duomenis įvairiais bangų ilgiais, įskaitant regimuosius ir neregimuosius spektrus, todėl mokslininkai gali analizuoti vandens kokybės parametrus, tokius kaip chlorofilo *a* koncentracija, drumstumas ir dumblių žydėjimas. Ši galimybė yra ypač vertinga vertinant vandens ekosistemų būklę ir stebint pokyčius. Tuo tarpu LiDAR vaizdai suteikia galimybę gauti išsamią topografinę paviršiaus informaciją, leidžiančią sukurti tikslus 3D povandeninio dugno reljefo, pakrančių augmenijos modelius. Kartu šios priemonės padeda visapusiškai įvertinti vandens ir priekrantės aplinką.

Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institute esanti nuotolinių tyrimų grupė nuo 2018 m. naudoja dronus su įvairiais jutikliais tiek vandens, tiek sausumos tyrimuose, todėl šios studijos tikslas apžvelgti ir susisteminti dronų ir jų sensorių panaudojimus.

Metodai. Atliekant tyrimus dronu yra svarbu sužinoti, kokių duomenų reikia bei kokie sensoriai gali būti naudojami, siekiant pasiekti geriausių rezultatų. Planuojant skrydį svarbu atsižvelgti ne tik į duomenų surinkimo tikslumą, raišką ir plotą, bet ir į skrydžio saugumą ir aplinkos sąlygas. Drono skrydžio planavimo ir vykdymo etapai:

1. Planavimas: reikalingų duomenų kiekio įsivertinimas, reikalinga erdvinė rezoliucija, tyrimų vietos plotas, tyrimų vietovės apaugimo augalija situacija, vietovės prieinamumas ir galimybė saugiai pakelti droną.
2. Drono skrydžio legalumas: apribojimai drono skrydžiams, pašaliniai žmonės, kuriems gali būti keliamas pavojus.
3. Pavoingos meteorologinės sąlygos: didelis vėjo greitis ir gūsiai, krituliai, neigiama ar labai aukšta oro temperatūra. Kokybiškų duomenų surinkimui gali trukdyti ir kitos meteorologinės sąlygos, tokios kaip: sniego danga, šviesos kiekis, saulės šviesos atspindys nuo vandens paviršiaus (angl. *sun glint*).
4. Skrydžio parametrai: skrydžio plotas ir duomenų surinkimo aukštis, nuo kurio priklauso duomenų rezoliucija bei reikalingas baterijų kiekis.
5. Duomenų surinkimas: skrydis vykdomas pagal iš anksto sudarytą planą, kurio metu surenkami duomenys su ant drono esančiais sensoriais.
6. Duomenų apdorojimas: sujungimas į vieną bendrą planą, mozaiką. Vykdoma duomenų analizė.

Šiuo metu turima įranga susideda iš 2-jų moksliniams tyrimams naudojamų dronų: DJI Inspire 2, DJI Matrice 350 ir 1 apžvalginio drono DJI Mavic Mini. Taip pat ant moksliniams tyrimams pritaikytų dronų montuojama įranga, kurią sudaro: RGB Zenmuse X5S, LiDAR Zenmuse L2, multispektrinė kamera Micasense RedEdge-MX, hiperspektrinė kamera HAIP Black Bird V2, terminė kamera Zenmuse H30T, dujų matuokliai: Sniffer 4D (NO ir NO₂ matavimai) ir Prophet AM5 (kietųjų dalelių (kd 1 – kd 10), CO₂ ir SO₂ matavimai).

Rezultatai. Per pastaruosius devynerius metus nuotolinių tyrimų komandoje bei bendradarbiaujant su kitomis Klaipėdos universiteto komandomis, naudojant dronus buvo vykdyti 7 projektai: ECOCARPET, EO4SWIM, ESMIC, EIDEMBUKTA, ADAMANT, RESTORE4Cs, Nuotolis. Taip pat buvo apgintas vienas bakalauro baigiamasis darbas, 2 magistro baigiamieji darbai ir viena daktaro disertacija. Per šį laikotarpį buvo atlikta daugiau nei 200 skrydžių dronais, o gauti rezultatai aprašyti 5 moksliniuose straipsniuose (Gintauskas et al., 2024; Müllerová et al., 2021; Tiškus, et al., 2023 a; Tiškus et al., 2023 b; Tiškus et al., 2023 c). Taip pat buvo bendradarbiaujama ir su kitomis institucijomis: BĮ „Klaipėdos paplūdimiai“, Žemaitijos nacionaliniu parku, Kuršių nerijos nacionaliniu parku.

Dronų skrydžiai buvo vykdomi Kuršių mariose, Baltijos jūroje ir jos paplūdimiuose, 23-juose ežeruose bei Nemuno upėje ir deltoje, dirbamuose laukuose Šilalės rajone, taip pat Arktyje, Svalbarde. Jų metu buvo kartografuotos dumblių sąnašos ir reljefas Baltijos jūros paplūdimiuose, vandens skaidrumas skirtinguose

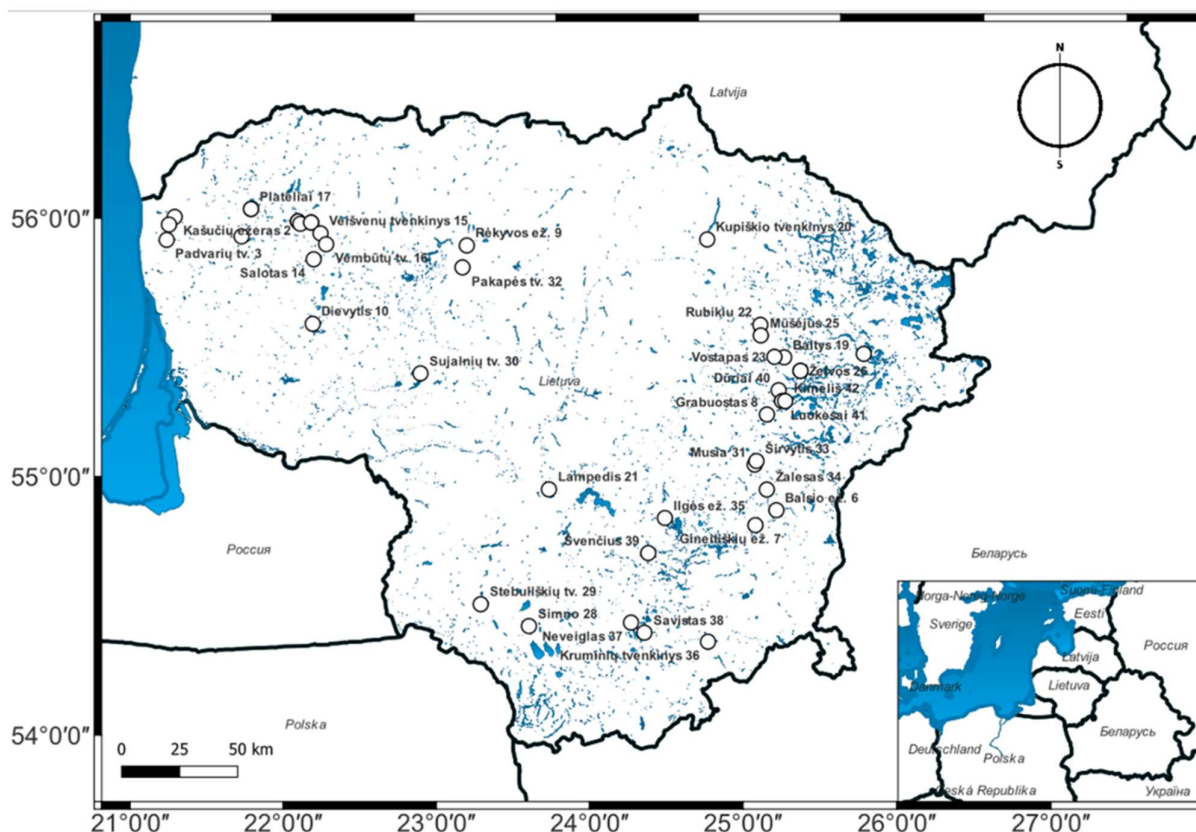
vandens telkiniuose, nendrynų pasiskirstymas pakrantėse, potvynių paplitimas Nemuno žemupyje, drėgmės kiekiai dirbamuose laukuose, vandens paukščių kartografavimas Kuršių mariose ir Plazės ežere. Iš viso dronais sukartografuota apie 50 km² teritorija (1 lentelė).

1 lentelė. Dronų skrydžių suvestinė per 2016–2025 metus

Projektas	Skrydžių objektas	Atlikti skrydžiai	Laikotarpis	Dronas	Sensoriai
MICROPOLL	Šiukšlių stebėjimas Baltijos jūros pakrantėje	7 (0,2 km ²)	2017–2018	DJI Phantom 4	RGB kamera
Magistrantų darbai	Potvyniai Nemuno deltoje	6 (5,5 km ²)	2017–2021	DJI Inspire 2	RGB kamera
	Helofitų rūšinė sudėtis, nendrynų tankis, tūris ir pjovimo efektas Platelių ežere, panirusių makrofitų padengimas Kuršių mariose	14 (0,3 km ²)	2018	DJI Phantom 4	RGB kamera
ECOCARPET	Makrofitų pasiskirstymas Kuršių mariose	6 (0,2 km ²)	2019–2020	DJI Inspire 2	RGB kamera
EIDEMBUKTA	Litoralė ir jos buveinės Svalbardo pakrantėje	18 (1,5 km ²)	2019–2021	DJI Phantom 4	RGB kamera
AAA makrofitų monitoringas	Makrofitų pasiskirstymas Kuršių mariose	17 (24 km ²)	2019–2023	DJI Inspire 2	RGB ir Multispektrinė kamera
Neprojektiniai darbai	Kormoranų kolonijos	5 (1 km ²)	2019–2025	DJI Inspire 2/ DJI Matrice 300	Multispektrinė kamera, LiDAR
	Palangos paplūdimio smėlio papildymas	4 (1 km ²)	2021	DJI Inspire 2/ DJI Phantom 4	RGB kamera
	Girulių miškas	1 (0,5 km ²)	2021	DJI Inspire 2	RGB kamera
	Kniaupo įlanka	2 (7 km ²)	2021	DJI Inspire 2	RGB kamera
Bakalaurų darbai	Dirbamų laukų drėgmė	4 (0,03 km ²)	2021–2024	DJI Inspire 2	Multispektrinė kamera
	Makrofitų pasiskirstymas Kalotės ir Kašucių ežeruose	2 (0,7 km ²)	2023	DJI Inspire 2	Multispektrinė kamera
ESMIC	Baltijos jūros paplūdimiuose išmestų makrofitų sankaupos	75 (7,5 km ²)	2022–2023	DJI Inspire 2	RGB ir Multispektrinė kamera
Nuotolis	Ežerų skaidrumas ir nendrynai	26 (3,2 km ²)	2022–2023	DJI Inspire 2	Multispektrinė kamera
RESTORE4Cs	Makrofitų pasiskirstymas Kuršių mariose	16 (4 km ²)	2023–2024	DJI Inspire 2/ DJI Matrice 300	Multispektrinė kamera, LiDAR
EO4SWIM	Maudyklų vandens kokybė ir 3D modeliai	22 (2,3 km ²)	2024	DJI Matrice 300	Multispektrinė kamera, LiDAR

Šiuo metu turima multispektrinė ir hiperspektrinė kamera leidžia mums vykdyti tyrimus, susijusius su augalų rūšių pasiskirstymu, vandens kokybės tyrimais, potvynių paplitimu, dirvos drėgme. Turima LiDAR įranga leidžia vykdyti geodezinius, reljefo, augalijos ir pastatų aukščio matavimus. Turima terminė kamera leidžia aptikti galimą taršą iš paslėptų nuotekų išleistuvų, aptikti gyvūnus bei kitokias temperatūros anomalijas.

Rezultatų aptarimas. Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institute esanti nuotolinių tyrimų grupė daugiausiai naudoja dronus vandens telkinių tyrimuose, ypač kartografuojant pakrančių makrofitus bei buveines ir vandens kokybės parametrus, tokius kaip vandens skaidrumas (Gintauskas et al., 2024; Tiškus et al., 2023 a; Tiškus et al., 2023 b; Tiškus et al., 2023 c) (1 pav.). Sausumos tyrimai irgi yra pradėti ir bus plėtojami LIFE projekto rėmuose, kur bus vystomi kopų buveinių ir augalijos kartografavimo metodai. Tyrėjai aktyviai dalyvavo COST veikloje (Harmonization of Unmanned Aerial Systems techniques for agricultural and natural ecosystems monitoring; nr. CA16219), kurioje buvo vystomas ekosistemų monitoringo dronais metodikos harmonizavimas (Müllerová et al., 2021). Nuotolinių tyrimų grupės tyrėjai papildė gamtinės geografijos ir okeanografijos studijų programą, inovatyvių tyrimų metodų sandu, kuriame taip pat dėstoma ir dronų panaudojimo metodika gamtiniais tyrimams atlikti.



1 pav. Vandens telkinių skaidrumo tyrimo vietos naudojant dronus (Tiškus et al., 2023b).

Per 9 metų laikotarpį vykdyti tyrimai buvo naudingi Lietuvos aplinkosaugai ir saugomose teritorijose esančių buveinių stebėsenai. Be to, šie darbai paskatino tobulinti turimą įrangos kiekį ir jos galimybes. Šiuo metu turimas dronų, jų sensorių ir kamerų kiekis leidžia mums vykdyti įvairaus tipo tyrimus: makrofītų kartografavimą, paplūdimių reljefo nustatymus, potvynių situacijos, vandens skaidrumo nustatymą bei paukščių aptikimą.

Nors dronas yra labai galingas įrankis vykdyti duomenų surinkimą lauko sąlygomis, jis turi ir apribojimų, dėl kurių ne visada galima atlikti numatytus darbus. Tam gali sukliudyti stiprūs vėjo gūsiai, viršijantys 10 m/s greitį, užsibūrėti per dideli plotai, netinkama tyrimams vietovė ar ribojamos ir saugomos teritorijos. Taip pat kartografuojant vandenį reikia atsižvelgti į Saulės kampą, dėl kurio atsiranda atspindys nuo vandens. Nepaisant to, gerai pasiruošus metodškai ir turint didelį įrangos pasirinkimą dronų panaudojimas yra labai platus ir gali pagreitinoti lauko tyrimų surinkimo laiką, plotą ir padėti visapusiškai suprasti tiriamąją teritoriją.

Išvados. Dronai Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institute naudojami nuo 2017 metų, per šį laikotarpį buvo įvykdyti 8 moksliniai projektai, kuriuose dronas buvo naudojamas dažniausiai kartografuoti vandens kokybės parametrus (pvz. skaidrumą), makrofītų pasiskirstymą ir sankaupas. Taip pat dronas naudojamas visų pakopų studijose (paskaitose, kursiniuose ir baigiamuosiuose darbuose, disertacijose). Per šį laikotarpį suskaidyta daugiau nei 200 kartų Lietuvos teritorijoje (sukartografuotas plotas > 50 km²) ir Arktyje (1,5 km²).

Literatūra

- Gintauskas, J., Bučas, M., Vaičiūtė, D., Medelytė, S., Tiškus, E., & Olenin, S. (2024). Utilizing sentinel-1 SAR for delineation of narrow intertidal zones and habitat types in Svalbard. *International Journal of Remote Sensing*, 45(22), 8181–8201.
- Müllerová, J., Gago, X., Bučas, M., Company, J., Estrany, J., Fortesa, J., Manfreda, S., Michez, A., Mokroš, M., Paulus, G., Tiškus, E., Tsiafouli, M. A., & Kent, R. (2021). Characterizing vegetation complexity with unmanned aerial systems (UAS) – A framework and synthesis. *Ecological Indicators*, 131, 108156. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108156>

- Telli, K., Kraa, O., Himeur, Y., Ouamane, A., Boumehraz, M., Atalla, S., & Mansoor, W. (2023). A comprehensive review of recent research trends on unmanned aerial vehicles (uavs). *Systems*, 11(8), 400.
- Tiškus, E., Bučas, M., Gintauskas, J., Kataržytė, M., & Vaičiūtė, D. (2023a). U-net performance for beach wrack segmentation: Effects of UAV camera bands, height measurements, and spectral indices. *Drones*, 7(11), 670.
- Tiškus, E., Bučas, M., Vaičiūtė, D., Gintauskas, J., & Babrauskienė, I. (2023b). An evaluation of sun-glint correction methods for UAV-derived secchi depth estimations in inland water bodies. *Drones*, 7(9), 546.
- Tiškus, E., Vaičiūtė, D., Bučas, M., & Gintauskas, J. (2023c). Evaluation of common reed (*Phragmites australis*) bed changes in the context of management using earth observation and automatic threshold. *European Journal of Remote Sensing*, 56(1), 2161070. <https://doi.org/10.1080/22797254.2022.2161070>

PILOTINIS ZOOPLANKTONO TYRIMAS JŪRINIŲ VĖJO ELEKTRINIŲ „CURONIAN NORD“ PARKE PANAUDOJANT VAIZDŲ SKENAVIMO IR ANALIZAVIMO SISTEMĄ (ZOO SCAN)

Evelina Grinienė¹, Matas Čepulis¹, Aleksas Narsčius¹, Nerijus Blažauskas²

¹Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas, Klaipėda ²Pajūrio tyrimų ir planavimo institutas, Klaipėda
Evelina.Grinienė@ku.lt

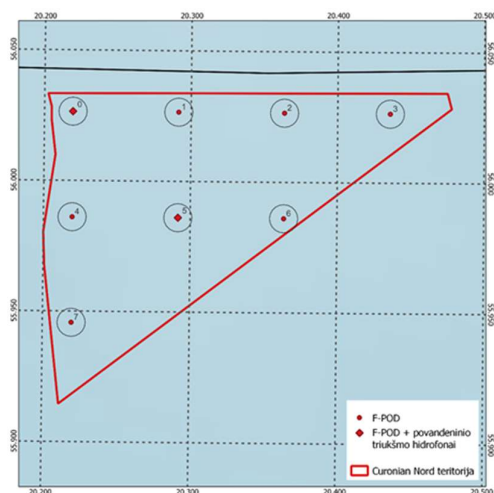
Įvadas. Planktono įvairovė yra vienas iš rodiklių, nusakančių antropogeninių aplinkos poveikių: jūrų pramonės (įskaitant vėjo energetiką), eutrofikacijos, pramoninių nuotekų, invazinių rūšių, žvejybos bei klimato kaitos pasekmes ekosistemoms (Hablützel et al, 2021). Kadangi planktonas yra jautrus šiems poveikiams, jis gali būti naudojamas kaip parametras geros aplinkos būklės vertinimui, siekiant Europos jūrų strategijos pagrindų (*angl.* MSFD) direktyvos (2008/56/EB) tikslų. Zooplanktono vidutinio dydžio ir bendro ištekliaus rodiklis (MSTS) yra priimtas kaip vienas iš kertinių Baltijos jūros geros būklės indikatorių, įtrauktas į pagrindinių HELCOM mitybos tinklų ir bioįvairovės rodiklių sąrašą (HELCOM, 2018).

Praktikoje planktono rodiklių naudojimą dažnai riboja tai, kad trūksta išsamių stebėjimų su tinkama erdvės ir laiko rezoliucija. Be to, supratimas apie planktono gausą ir įvairovę vis dar labai fragmentuotas dėl duomenų trūkumo ir mėginių ėmimo bei analizės metodų standartizavimo stokos. Šias spragas leistų užpildyti automatiniai skaičiavimo ir matavimo prietaisai, kurie tampa vis plačiau pritaikomi planktono tyrimuose. Palyginus su tradiciniais metodais, t. y. mikroskopija, automatizuoti prietaisai turi keletą pranašumų: ženkliai sutrumpina mėginių analizės laiką, padeda išvengti klaidų, susijusių su žmogiškuoju faktoriumi, taip išauga galimybės turėti kokybiškus, nuoseklius, didelės apimties duomenų masyvus (Grandremy et al., 2023).

Šiuo metu viena dažniausiai naudojamų automatizuotų planktono vaizdų ir atpažinimo sistemų yra ZooScan. Ji jau keletą dešimtmečių taikoma tiriant zooplanktono kokybines ir kiekybines savybes Šiaurės jūroje, Viduržemio jūroje, Biskajos įlankoje ir Atlanto vandenyne (Marcolin et al., 2015; Naito et al., 2019; Hablützel et al., 2021; Grandremy et al., 2023). Baltijos jūroje ZooScan dar nebuvo taikytas planktono tyrimuose, tačiau Suomijos įlankoje atlikti zooplanktono tyrimai, kurių metu buvo naudojama kita nestandartinė pusiau automatizuota vaizdų skenavimo ir atpažinimo sistema – Epson Perfection V750 skeneris su ZooImage programa (Uusitalo et al., 2016).

Šio tyrimo tikslas buvo nustatyti zooplanktono rūšinę įvairovę, gausumą bei dydžių struktūrą jūrinių vėjo elektrinių „Curonian Nord“ parke, pasitelkiant vaizdų skenavimo ir analizavimo sistemą ZooScan.

Metodai. Zooplanktono tyrimai buvo atliekami vėjo elektrinių parko teritorijoje, 8 stotyse (sutampa su f-podais ir triukšmo matuokliais, 1 pav.) vasarą, 2024 m. liepos 21 d. Kiekvienoje stotyje buvo paimti integruoti paviršiaus (0–25 m) ir giluminiai, apimantys visą vandens stulpą (0–40 m) zooplanktono mėginiai, naudojant standartinę WP-2 tinklą (100 µm tinklėlio dydis ir 57 cm angos skersmuo). Mėginiai buvo fiksuojami 4 % formaldehido tirpalu.

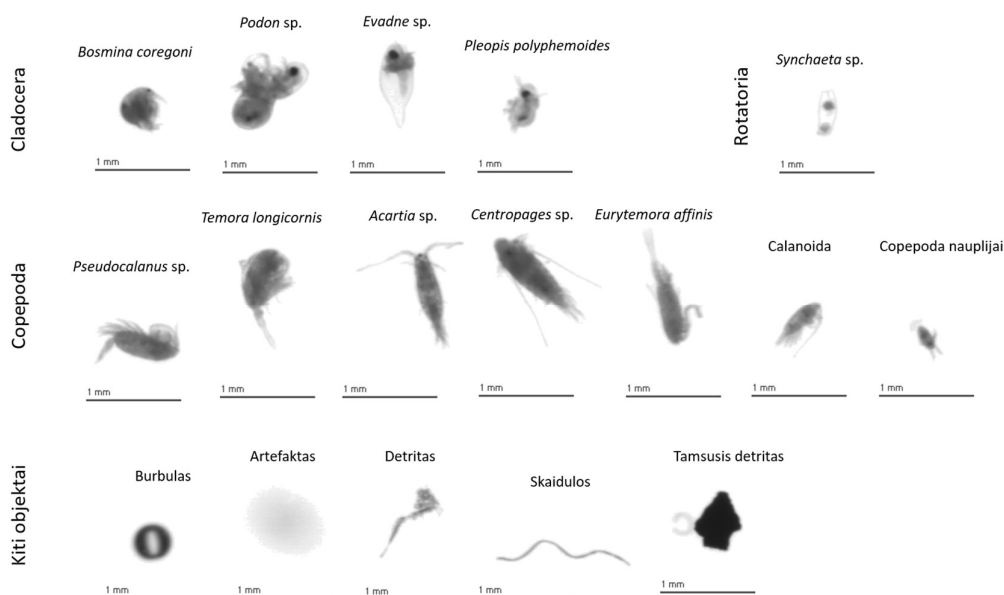


1 pav. Zooplanktono tyrimų stotys.

Zooplanktono mėginių analizė buvo atliekama panaudojant automatizuotą vaizdų atpažinimo ir analizavimo sistemą ZooScan (HYDROPTIC Inc., Prancūzija) pagal Jalabert et al. (2022) protokolą. Kiekvienas

mėginys buvo padalintas, naudojant Motoda tipo dalintuvą, kol jame likdavo maždaug 2000–5000 objektų. Zooplanktono mėginys paruošiamas analizei, supilamas į skenerį ir nuskenuojamas. Gautas bendro zooplanktono mėginio aukštos kokybės vaizdas (2400 dpi), Zooprocess programos ir vaizdų analizės programinės įrangos Image-J pagalba buvo konvertuojamas į daug atskirų objektų vaizdų (*angl.* vignette), kurie vėliau sukelti į EcoTaxa duomenų bazę automatiniam zooplanktono rūšių nustatymui. Rūšių/ taksonų identifikavimui naudojome mūsų pačių sukurtą biblioteką *LearningBaltic*, kuri jau šiuo metu yra prieinama EcoTaxa platformoje: <https://ecotaxa.obs-vlfr.fr/prj/13149>. Kiekviename mėginyje buvo nustatomi zooplanktono rūšys/taksonai, jų gausumas, prietaisu atlikti detalūs organizmų dydžio matavimai.

Rezultatai ir jų aptarimas. Jūrinėje vėjo elektrinių parko „Curonian Nord“ teritorijoje buvo nustatyta 12 zooplanktono rūšių arba aukštesnių taksonų (2 pav.), priklausančių trims pagrindinėms zooplanktono taksonominėms grupėms (*Cladocera* – šakotaūsių vėžiagyviai, *Copepoda* – irklakojai vėžiagyviai, *Rotatoria* – verpetės). Verpečių bei irklakojų vėžiagyvių lervinės stadijos (nauplijų) aptikti tik pavieniai individai mėginiuose, šių taksonominių grupių atstovai yra per maži (< 200 µm dydžio), prietaisas negali jų patikimai įvertinti, nes jis skirtas 200 µm – 5 cm dydžio organizmams tirti. Tyrimo metu buvo identifiukuoti gyviems organizmams nepriskiriami objektai: detritas, tamsus (juodasis) detritas, artefaktai, burbuliukai ir skaidulos (2 pav.).

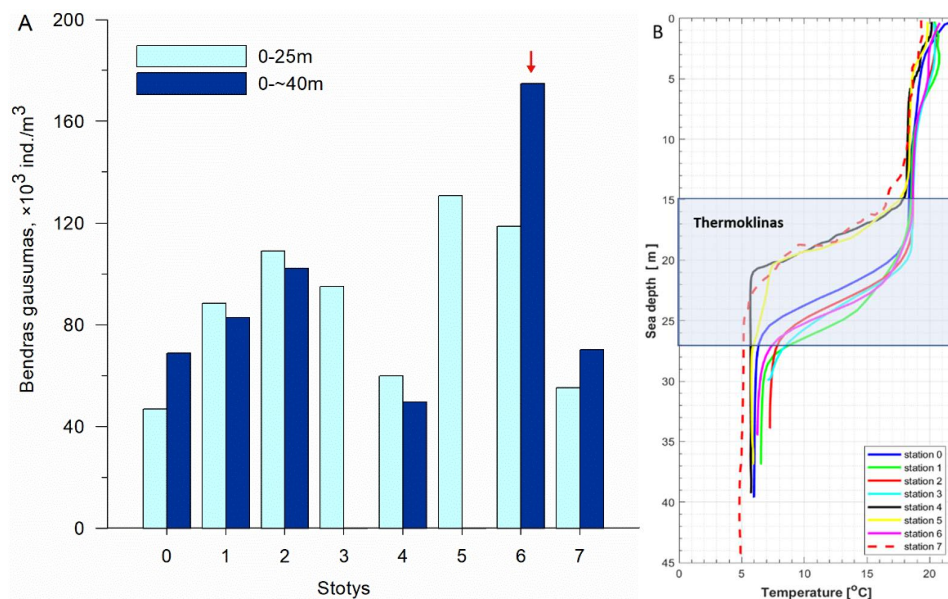


2 pav. Zooplanktono rūšys/taksonai ir kt. objektai aptikti tyrimų metu. Vaizdai iš ZooScan sistemos.

Bendras zooplanktono gausumas paviršiaus ir giluminiuose mėginiuose skiriasi neženkiai (3 pav.), tai rodo, kad zooplanktonas yra susitelkęs tik paviršiniame sluoksnyje (0–25 m) virš termoklino. Išskirtį sudaro tik vienos 6 stoties giluminis mėginys, kur aptiktas didžiausias zooplanktono gausumas, įtakos galėjo turėti dėl srovės pakitęs tinklo traukimo kampas, neleidžiantis tiksliai įvertinti prafiltruoto vandens tūrio, čia reikalingas pakartotinis tyrimas.

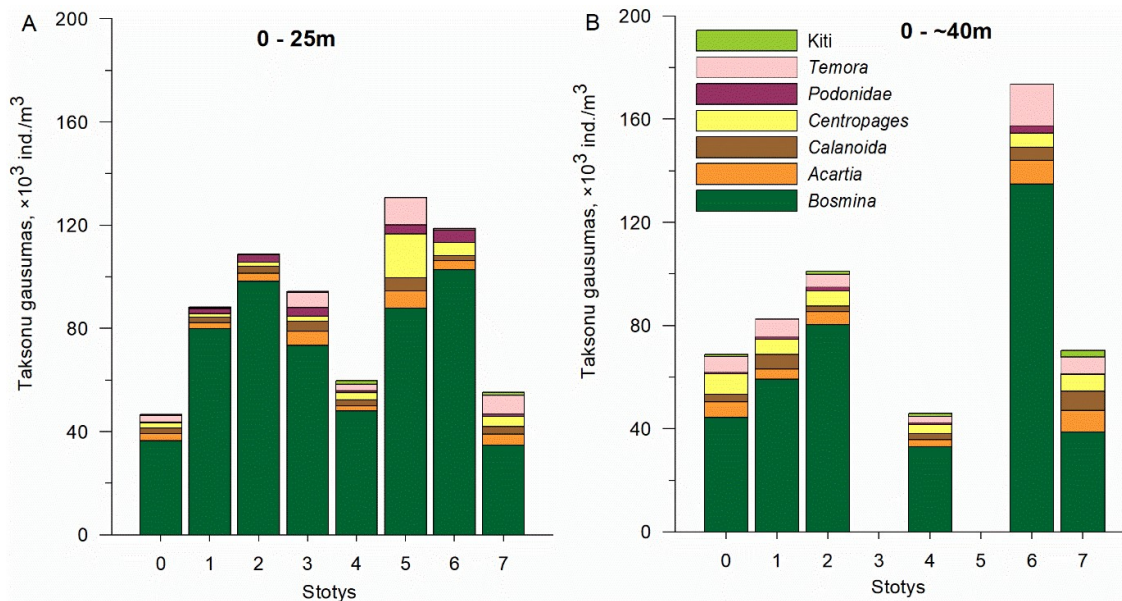
Zooplanktono susitelkimas paviršiniame vandens sluoksnyje yra būdingas daugeliui vandens ekosistemų, įskaitant Baltijos jūrą, nes šios sąlygos yra optimalios maitinimuisi ir dauginimuisi. Paviršiniai vandenys dažnai turi daugiau maistmedžiagų, o zooplanktonui palankesni dėl geresnio maisto prieinamumo ir aukštesnio deguonies kiekio. Žemiau termoklino vanduo dažnai yra šaltesnis, o deguonies koncentracija mažesnė, todėl tokios sąlygos nepalankios daugeliui zooplanktono rūšių. Termoklinas – tai sluoksnis, kuriame temperatūra greitai keičiasi priklausomai nuo gylio, dažniausiai 10–15 m gylyje. Baltijos jūroje termoklinas formuojasi 10–30 m gylyje (Matthäus, 1984) šiltesniais mėnesiais, paprastai nuo pavasario pabaigos iki vasaros pradžios (gegužės–birželio mėn.), ir išlieka iki lapkričio pabaigos ar gruodžio mėnesio (Rak ir kt., 2020). Mūsų tyrimo laikotarpiu termoklinas buvo ryškus, o gylio skirtumai tarp stočių buvo nedideli (3B pav.).

Tiriamuoju laikotarpiu zooplanktono bendrijoje dominavo šakotaūsių rūšis *Bosmina coregoni* (4 pav.). Ši rūšis sudarė 50–90 % viso mėginių gausumo. Irklakojų vėžiagyvių (įskaitant *Temora*, *Acartia*, *Centropages* ir kt.) gausumas buvo ženkliai mažesnis, nei šakotaūsių.



3 pav. Bendras zooplanktono gausumas ($\times 10^3$ ind./m³) 0-25 m ir 0-40 m vandens sluoksniuose (A); vertikalūs temperatūros profiliai tyrimo stotyse (B) jūrinių vėjo elektrinių “Curonian Nord” parke 2024 m. liepos 21d.

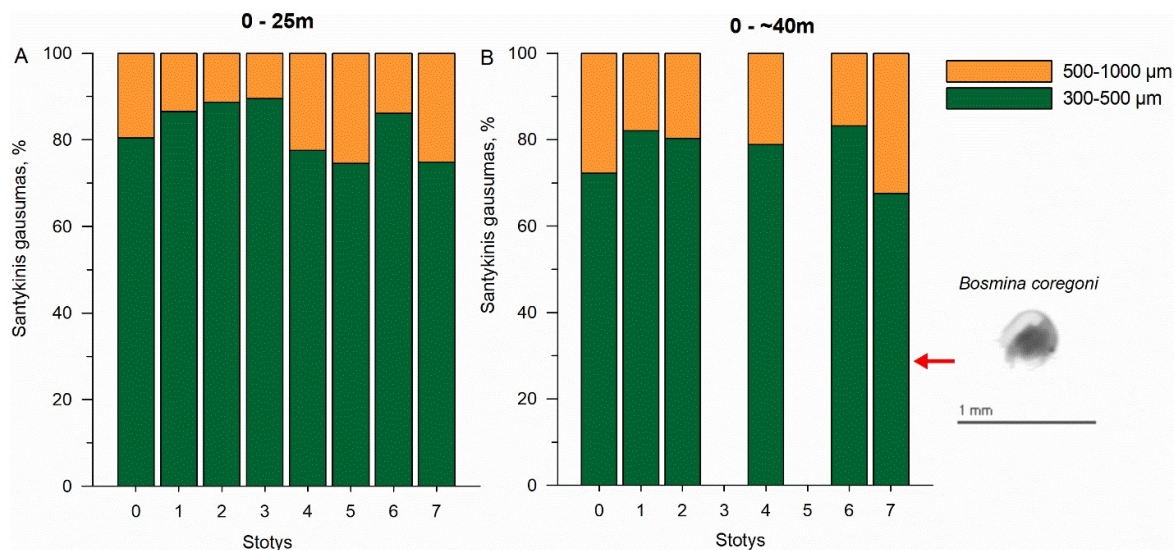
Bosmina coregoni yra gėlavandenės kilmės šakotaūsių vėžiagyvių rūšis (kompleksas, sudarytas iš kelių rūšių), kuri puikiai prisitaiko prie druskėto vandens sąlygų, todėl ji plačiai paplitusi Baltijos jūroje. Ši rūšis ypač klesti vietovėse, kuriose yra mažas druskingumas, tokiuose regionuose kaip pietinė ir centrinė Baltijos jūra, netoli upių žiočių ir estuarijų. Ši rūšis mėgsta aukštesnę temperatūrą ir eutrofinius vandenį, kuriuose gausu fitoplanktono. *Bosmina coregoni* pasiekia didžiausią gausumą pietinėje Baltijos jūros dalyje birželio–liepos mėnesiais, tačiau ji būna pastebima ir iki rugsėjo mėn. vandens sluoksnyje nuo 0 iki 22 m gylio (Siudziński, 1975). Centrinėje Baltijos jūros dalyje jos gausumas didžiausias viršutiniame 10 m sluoksnyje, rugpjūtį, kai temperatūra pasiekia apie 20 °C (Schulz ir kt., 2012). Baltijos jūroje *Bosmina coregoni* atlieka svarbų vaidmenį maisto tinkle ir maistinių medžiagų cikle, ypač pakrančių ir gėlo vandens paveiktuose regionuose, kur ji tampa pagrindiniu zooplanktono komponentu.



4 pav. Zooplanktono dominuojančių taksonų gausumas ($\times 10^3$ ind./m³) 0-25 m (A) ir 0-40 m (B) vandens sluoksniuose jūrinių vėjo elektrinių “Curonian Nord” parke 2024 m. liepos 21d.

Tyrimo rezultatai taip pat parodė, kad zooplanktono bendriją daugiausia sudarė maži individai, kurių dydis svyravo nuo 300 iki 500 μ m (daugiausia *Bosmina coregoni*), neaptikta individų didesnių nei 1000 μ m (5

pav.). Kitiems regionams, tokiems kaip Viduržemio jūra ir Atlanto vandenynas, būdingos didesnės zooplanktono frakcijos (1000–2000 μm ir $> 2000 \mu\text{m}$), kurios mūsų tyrimo metu nebuvo aptiktos.



5 pav. Zooplanktono dydžių klasių santykinis gausumas (%) 0-25 m (A) ir 0~40 m (B) vandens sluoksniuose jūrinių vėjo elektrinių „Curonian Nord“ parke 2024 m. liepos 21d.

Išvados. Jūrinių vėjo elektrinių parke „Curonian Nord“ buvo tiriamas zooplanktono paplitimas ir sudėtis. Iš viso nustatyta 12 zooplanktono rūšių ir aukštesnių taksonų, daugiausiai priklausančių trims pagrindinėms grupėms: Cladocera, Copepoda ir Rotatoria. Tyrimo rezultatai parodė, kad zooplanktonas daugiausiai koncentravosi paviršiniame sluoksnyje (0–25 m), o žemiau termoklino organizmų nebuvo, išskyrus 6-ąją stotį, kur rekomenduojama atlikti pakartotinį tyrimą. Pastebėta, kad *Bosmina coregoni* buvo dominuojanti rūšis, sudaranti 50–90 % bendro zooplanktono gausumo. Vasarą ši rūšis dažniausiai aptinkama viršutiniame (0–22 m) sluoksnyje Baltijos jūroje, ypač priekrantės zonose, kur stebima gėlo vandens prietaka iš upių ir estuarijų. Be to, dauguma zooplanktono buvo mažo dydžio, nuo 300 iki 500 μm , o didesni nei 1000 μm individai nebuvo užfiksuoti. Tai skiriasi nuo kitų regionų, tokių kaip Viduržemio jūra ar Atlanto vandenynas, kur dažniau pasitaiko didesnių zooplanktono rūšių. Apibendrinus, tyrimas parodė, kad paviršinis sluoksnis jūrinių vėjo elektrinių parke „Curonian Nord“ palaiko gausią ir įvairią zooplanktono bendriją, o vandens kokybės būklė yra gera.

Padėka. Zooscan įsigijimas buvo finansuotas iš EU Europos Horizontas programos MARBEFES (MARine Biodiversity and Ecosystem Functioning leading to Ecosystem Services) projekto lėšų (Dotacijos sutarties Nr. 101060937).

Zooplanktono tyrimas atliktas jūrinių vėjo elektrinių parke „Curonian Nord“ buvo finansuojamas Ignitis Renewables, „Ignitis grupės“ įmonės lėšomis, kuri suteikė leidimą publikuoti ir viešinti tyrimų rezultatus.

Literatūra

- Grandremy, N., Dupuy, C., Petitgas, P., Le Mestre, S., Bourriau, P., Nowaczyk, A., Forest, B., Romagnan, J. B., (2023). The ZooScan and the ZooCAM zooplankton imaging systems are intercomparable: A benchmark on the Bay of Biscay zooplankton. *Limnology and Oceanography methods*, 21(11), 718-733. 10.1002/lom3.10577
- Hablützel, P., Rombouts, I., Dillen, N., Lagaisse, R., Mortelmans, J., Ollevier, A., Michiel Perneel, M., Deneudt, K., (2021). Exploring New Technologies for Plankton Observations and Monitoring of Ocean Health. *Oceanography*, 34(4), 20-25. 10.5670/oceanog.2021.supplement.02-09
- HELCOM, 2018. Zooplankton mean size and total stock. HELCOM core indicator report. Online.[[http://www.helcom.fi/baltic-sea-trends/indicators/zooplankton-mean-size-and-total-stock-\(msts\)](http://www.helcom.fi/baltic-sea-trends/indicators/zooplankton-mean-size-and-total-stock-(msts))].
- Jalabert, L., Picheral, M., Desnos, C., Elineau, A., (2022). ZooScan Protocol. protocols.io. dx.doi.org/10.17504/protocols.io.yxmvmk8j9g3p/v1
- Marcolin, C. R., Lopes, R. M., Jackson, G. A., (2015). Estimating zooplankton vertical distribution from combined LOPC and ZooScan observations on the Brazilian Coast. *Marine Biology*, 162(11), 2171-2186. <https://doi.org/10.1007/s00227-015-2753-2>
- Matthäus, W., (1984). Climatic and seasonal variability of oceanological parameters in the Baltic Sea. *Beiträge zur Meereskunde*, 51, 29-49.

- Naito, A., Abe, Y., Matsuno, K., Nishizawa, B., Kanna, N., Sugiyama, S., Yamaguchi, A., (2019). Surface zooplankton size and taxonomic composition in Bowdoin Fjord, north-western Greenland: A comparison of ZooScan, OPC and microscopic analyses. *Polar Science*, 19, 120-129. <https://doi.org/10.1016/j.polar.2019.01.001>
- Rak, D., Walczowski, W., Dzierzbicka-Głowacka, L., Shchuka, S., (2020). Dissolved oxygen variability in the southern Baltic Sea in 2013–2018. *Oceanologia*, 62(4), 525-537. <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2020.08.005>
- Schulz, J., Peck, M. A., Barz, K., Schmidt, J. O., Hansen, F. C., Peters, J., Renz, J., Dickmann, M., Mohrholz, V., Dutz, J., Hirche, H.-J., (2012). Spatial and temporal habitat partitioning by zooplankton in the Bornholm Basin (central Baltic Sea). *Progress in Oceanography*, 107, 3-30. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2012.07.002>
- Siudziński, K., (1975). Cladocera of the Southern Baltic Sea. *Sea Fisheries Institute at Gdynia, Poland*, 21, 1-8.
- Uusitalo, L., Fernandes, J. A., Bachiller, E. Tasala, S., Lehtiniemi, M., (2016). Semi-automated classification method addressing marine strategy framework directive (MSFD) zooplankton indicators. *Ecological Indicators*, 71, 398-405. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.05.036>

PAKRANČIŲ TVARUMO CIKLAI IR SMARAGDINIO BENDRADARBIAVIMO PERSPEKTYVOS TARP-VALSTYBINIUOSE TARPINIUOSE VANDENYSE

Aistė Jurkienė¹, Ramūnas Povilanskas²

¹Klaipėdos universiteto Jūrų tyrimų institutas, Klaipėda, ²Klaipėdos Universitetas, Klaipėda
aiste.jurkiene@ku.lt

Įvadas. Mūsų tyrimas sutelktas į tarpinius vandenius (TV), kurie atlieka gyvybiškai svarbų vaidmenį pakrančių zonų ekologinei sveikatai ir tvarumui (Facca, 2020). „Tarpinių vandenų“ sąvoka buvo nustatyta 2000 m. Europos Bendrijų Vandens pagrindų direktyvoje (WFD, 2000/60/EB). Pagal ES teisės aktus TV reiškia vandens telkinius, kurie dėl artumo jūrai yra iš dalies druskingi, bet kuriems įtakos turi gėlo vandens srautai (European Commission, 2000). Tipiški TV pavyzdžiai yra upių žiotys, lagūnos, fiordai, sūrios pelkės ir pan. (Povilanskas, 2024). Tai įvairios ir labai produktyvios teritorijos, svarbios ekosistemų funkcionavimui, pvz., žuvų neršto buveinėms ar vandens paukščių migracijos koridoriai ir veisimosi vietos (Elliott et al., 2019). TV kartu yra ir pažeidžiami, ir atsparūs, ekologiškai unikalus (Povilanskas, 2023). Tačiau dėl tam tikrų priežasčių TV patiria daugiau poveikių, dėl kurių ekologinė jų būklė blogėja (Povilanskas, 2023).

TV ekonominis vaidmuo paskatino šio straipsnio autorius išplėtoti naują smaragdinės ekonomikos koncepciją, skirtą TV ekosistemų funkcijoms ir ekologiniam vientisumui spręsti (Tagliapietra, 2020). ES teikia pirmenybę tvarumui, skatindama žaliąją ekonomiką sausumos aplinkai ir mėlynąją ekonomiką jūrų aplinkai (Boon, 2020). Tačiau šios sąvokos sutampa TV srityse, kur sąveikauja jūros ir sausumos ekosistemos. Norėdami interpretuoti TV išsaugojimo ir valdymo tvarumą, Davide Tagliapietra ir kt. pasiūlė Emerald Growth koncepciją (Tagliapietra et al., 2020), kurią čia išplečiame iki Smaragdinės ekonomikos koncepcijos.

Ši koncepcija sujungia žaliosios ir mėlynosios ekonomikos principus, kad būtų galima geriau apibūdinti ekosistemomis pagrįstą jūrų ir sausumos teritorijų tęstinumo valdymą (Povilanskas et al., 2024). Ji remiasi tvaraus vystymosi principais, pritaikytais prie unikalių TV ekologinių ir fizinių savybių (Burgess et al., 2018). Dėmesys ekosistemomis pagrįstam valdymui ir jungiamumui, kaip pagrindiniais principais, išskiria smaragdinę ekonomiką nuo įprastų TV valdymo metodų (Tagliapietra et al., 2020). Tačiau turime geriau apibrėžti ekosistemų paslaugas, kurios yra smaragdinės ekonomikos pagrindas, nes jų tvarus naudojimas TV yra sudėtingas (Newton et al., 2018)

Metodai. Nuolat didėjantis dėmesys TV įvairiose tyrimų srityse yra susijęs su TV įtraukimu į ES valstybės narės taikomus Vandens pagrindų direktyvos (VPD) reglamentus dėl geros ekologinės būklės, jos kriterijų ir rodiklių (Boon et al., 2020). Vandens pagrindų direktyva įpareigoja ES jūrų valstybes nars parengti šešerių metų upės baseino valdymo planus, įskaitant TV iki 1 jūrmylės (NM). Kadangi TV trūksta kriterijų, pagal kuriuos būtų galima juos suskirstyti į kategorijas, ES jūrų strategijos pagrindų direktyvoje (MSFD, 2008/56/EB) (Borja et al., 2010) jie neįtraukiami į kategoriją. Dėl to kiekviena pakrantės ES valstybė narė taikė skirtingus požiūrius. Todėl ES susiduria su daugialypiu iššūkiu TV valdyme, visų pirma dėl to, kad jų drenažo plotai yra tarpvalstybiniai (Povilanskas et al., 2014). Reikia tvirto politinio įsipareigojimo siekti tvarumo ir veiksmingo ES valstybių narių koordinavimo (Razinkovas et al., 2008).

Pasaulyje yra 115 tarpvalstybinių TV (TTV). TV apibrėžiame kaip tarpvalstybinius, kai dvi ar daugiau šalių (valstybių) turi bendrą estuariją, deltą, lagūną ar sąsiaurį, t.y. tarpinius vandenius, kurių akvatorija eina valstybinė siena (Povilanskas, 2024). Pagrindinis tyrimo klausimas, į kurį sutelkiame dėmesį, yra suprasti mechanizmus, valdančius tarpvalstybinę politiką, formuojančią smaragdinę ekonomiką TTV.

Siekiame išnagrinėti rodiklius, rodančius šalių bendradarbiavimą TTV valdyme, derinant Pakrančių tvarumo ciklą (PTC) ir TTV Tarpvalstybinės sanglaudos indekso (TTV TSI) vertinimo metodikas, analizuojant Smaragdinės ekonomikos ypatybes. Taigi, mūsų tyrimo tikslai yra tokie: 1. Išbandyti PTC ir TTV TSI vertinimo metodikų derinimą, analizuojant TTV atitikimą Smaragdinės ekonomikos principams, tam naudojant penkis TTV atvejų tyrimus Baltijos jūros ir Šiaurės jūros teritorijose; 2. Nustatyti pagrindines smaragdinės ekonomikos kliūtis tikslinėse TTV; 3. Aptarti Smaragdinės ekonomikos tyrimo su PTC ir TTV TSI vertinimo metodikomis ateities taikymo perspektyvas ES ir pasaulio TTV.

TTV TSI susideda iš 30 rodiklių, išskirtų vadovaujantis Povilansko ir Razinkovo-Baziuko (Povilanskas & Razinkovas-Baziukas, 2023) rodiklių sistema, kurie tolygiai paskirstyti tarp šių šešių aspektų: 1. Socialinė sanglauda; 2. Aplinkos darnos; 3. Tarpvalstybinio ryšio; 4. Tarpvalstybinio bendradarbiavimo; 5. Smaragdinės ekonomikos atotrūkio; 6. Konfrontacijos rizikos. Kiekvienas aspektas apima penkis nesvertinius rodiklius, kurių reikšmės paimtos iš atviros statistikos ir ataskaitų, gautų iš erdvinį duomenų. Šią TTV TSI metodiką sujungiame su PTC vertinimo metodika, kurią sukūrė de Alencar, Le Tissier, Paterson ir Newton (de Alencar et al., 2020). Prie pripažintų trijų tvarumo ramsčių (socialinio, ekonominio ir aplinkosaugos) PTC kūrėjai

pridėjo valdymą ir politiką (Gallo-Vélez et al., 2023). Smaragdinės ekonomikos atotrūkio vertinimas kiekviename TTV buvo sutelktas į penkias sritis (ekonominę, gamtinę, socialinę, valdymą ir kultūrą), kurių kiekviena apibūdinta rodiklių rinkiniu (pradinėje metodikoje nuo trijų iki devynių).

Rezultatai. Daugialypio TTV PTC vertinimo procesas buvo atliktas keliais etapais: 1. Nuotolinis TTV inventorių Šiaurės ir Vakarų Europoje naudojant Google Earth; 2. TTV ir gretimų teritorijų Šiaurės ir Vakarų Europoje kartografinių duomenų (žemėlapių, diagramų, planų) analizė; 3. Socio-ekonominių duomenų apie TTV teritorijas analizė ir interpretavimas; 4. Penkios išsamios atvejo studijos. Nustatyti TTV ribas, kaip tarpvalstybinės sanglaudos teritorijų ribas, yra sudėtinga. Įprastai TTV apima vandens zoną, potvynių pelkių zonas ir galimą gėlo vandens srutą netoli kranto, išleidžiamą į jūrą iki 12 jūrmylių teritorinių vandenų ribos (Povilanskas, 2023).



1 pav. TTV teritorijos Vakarų ir šiaurės Europoje.

Tačiau, atsižvelgiant į socialinius-ekologinius ir socialinius-ekonominius aspektus, platesnė TTV zona taip pat gali apimti sausumos teritoriją, esančią greta TTV. Pasirinkome penkias TTV kaip tikslines sritis: 1) Kuršių marias, kurias dalijasi Lietuva ir Rusijos Federacija; 2) Vyslos marias, kurias dalijasi Lenkija ir Rusijos Federacija; 3) Ščecino marias, kurias dalijasi Vokietija ir Lenkija; 4) Zundo sąsiaurį, kurį dalijasi Danija ir Švedija; 5) Zvino (Zwin) potvynių ir atoslūgių įtaką, kurią dalijasi Belgija ir Nyderlandai. Šie TTV atstovauja su politine santvarka, politine ir karine konfrontacija TTV susijusių sąlygų įvairovę, todėl jie yra idealus pagrindas patikrinti mūsų hipotezę, ar PTC derinimas su TTV BKI yra tinkamas instrumentas, tiriant ir interpretuojant Smaragdinės ekonomikos ypatybes TTV.

Rezultatų aptarimas. Kuršių marios yra didžiausios Europoje be potvynių ir atoslūgių pajūrio marios (bendras plotas 1586 m²). Jos yra Baltijos jūros pietrytinėje pakrantėje. Politiškai pietinė Kuršių marių dalis ir gretima teritorija priklauso Rusijos Federacijai Kaliningrado srities anklave. Šiaurinė Kuršių marių dalis, įskaitant Klaipėdos sąsiaurį ir Baltijos jūrą prie kranto, priklauso Lietuvos Respublikai (1 pav.). Kuršių marios penkis šimtus metų buvo Prūsijos, o vėliau ir Vokietijos dalis, o po Antrojo pasaulinio karo – SSRS, o ši politinė nerija atsirado neseniai (nuo SSRS žlugimo 1991 m.). Tai sekli, pusiau uždara ir beveik gėlavandenė TTV dėl Nemuno debito, kasmet atnešančio apie 21 km³ gėlo vandens, palyginti su maždaug 6 km³ Kuršių marių vandens tūrio. Kuršių marių vidutinis gylis – 3,6 m, didžiausias – 5,6 m. Jo vandens druskingumas svyruoja nuo 8‰ šiaurinėje dalyje (Klaipėdos sąsiauryje) iki 0‰ pietinėje dalyje (Gilijos upės žiotyse). Kuršių marios yra eutrofinės marios su maistinių medžiagų pertekliumi ir išplitusios augmenijos plotais.

1 lentelė. Kuršių marių pakrantės ilgis (km) pagal regioną ir šalį

Regionas	Lietuva	Rusija	Iš viso
Kuršių Nerijos pakrantė	63	55	118
Sembos pusiasalio pakrantė	0	60	60
Nemuno deltos pakrantė	88	74	162
Klaipėdos miesto krantinė	23	0	23
IŠ VISO	174	189	363

Aismarės (Vyslos marios) yra seklaus vandens telkinys, esantis pietrytiniame Baltijos jūros pakraštyje. Tai antros pagal dydį Baltijos marios (bendras plotas 838 km²) po Kuršių marių. Vyslos marios nuo Gdanskio įlankos skiria Vyslos nerija ir su jūra jungia du siauri kanalai: Baltiškio sąsiauris šiaurėje, Rusijos Vyslos marių pusėje ir Nowy Świat kanalas pietuose, Lenkijos pusėje. Pažymėtina, kad abu marios su Baltijos jūra jungiantys kanalai yra dirbtiniai.

Baltiškio sąsiauris (vadinamasis Naujasis sąsiauris) buvo gilinamas ir pritaikytas laivybai 1600-ųjų pradžioje Švedijos valdymo metais, 1497 m. per Vyslos neriją ties Pilau praūžus audrai. Nuo 1510 m. seklios grimzlės laivai laivybai naudojo naująjį sąsiaurį (Aleksandrov at al., 2009). Tuo tarpu Nowy Świat kanalas yra visiškai naujas hidrotechninis statinys su dviem šliuzais, veikiantis nuo 2022 m. ir pirmiausia tenkinantis Elblągo uosto laivybos poreikius. Ji leidžia laivams įplaukti į Vyslos marios ir Elblągo uostą nekertant Rusijos Vyslos marių dalies.

2 lentelė. Vyslos marių pakrantės ilgis (km) pagal regioną ir šalį

Regionas	Lenkija	Rusija	Iš viso
Vyslos nerijos pakrantė	38	31	69
Pietinė pakrantė	42	0	42
Rytinė pakrantė	44	62	106
Šiaurinė pakrantė	0	91	91
IŠ VISO	124	184	308

Ščecino įlanka, kurią dalijasi Vokietija ir Lenkija, pasižymi sudėtingiausia geomorfologija ir hidrologija tarp penkių tiriamųjų sričių. Tai vandens telkinys, kuriame yra ir marios, ir Odros/Oderio upės žiotys pietiniame Baltijos jūros pakraštyje. Ščecino įlanką sudaro dvi dalys – Mažoji lagūna, esanti daugiausia Vokietijos pusėje, ir Didžiosios marios, esančios Lenkijos pusėje. Dvi didelės salos – Wolin ir Usedom/Uznam – sudarytos iš ledynų nuosėdų ir holoceno ilgo kranto nuosėdų dreifo, skiria lagūną nuo jūros, o marios su jūra jungia trys kanalai: Swina (pagrindinis laivybos kanalas), Dziwna ir Peene.

3 lentelė. Ščecino marių pakrantės ilgis (km) pagal regioną ir šalį

Regionas	Vokietija	Lenkija	Iš viso
Šiaurinė (Usedom-Wolin) pakrantė	46	70	116
Pietinė ir vakarinė pakrantė	65	44	109
Rytinė pakrantė	0	56	56
IŠ VISO	111	170	281

Zundo sąsiauris (da. Øresund, se. Öresund) savo padėtimi, geomorfologija ir hidrologija išsiskiria iš visų penkių tiriamųjų sričių (1 pav.). Skirtingai nuo kitų keturių pusiau uždarų TTV teritorijų, Zundas yra sąsiauris, jungiantis Baltijos jūrą su Kategato sąsiauriu ir toliau su Šiaurės jūra. Vis dėlto jį galima laikyti TTV, nes jis sudaro pereinamąjį ryšį tarp sūroko Baltijos jūros ir sūraus Kategato bei Šiaurės jūros vandens telkinių. Todėl Zundas pasižymi stipriu druskingumo gradientu (nuo 10 ‰ ties Baltijos jūros įplauka iki 22 ‰ ties Kategato riba).

4 lentelė. Zundo sąsiaurio pakrantės ilgis (km) pagal regioną ir šalį

Regionas	Danija	Švedija	Iš viso
Vakarinė (Danijos) pakrantė	148	0	148
Salos (Amageris, Saltholmas, Ven)	138	12	150
Rytinė (Švedijos) pakrantė	0	254	254
IŠ VISO	286	266	552

Zvinas (ol. Het Zwin), mažiausia iš 5 tikslinių sričių (1 pav.) yra mažytė tarpvalstybinė potvynių ir atoslūgių įlanka (užutekis), pasižyminti nepaprastu dinamiskumu pagal buvusią ir dabartinę hidrologiją ir geomorfologiją. Potvynių diapazonas Zvine siekia iki 4,5 m, o ypatingais atvejais – iki 5,1 m (Provoost at al., 2021). Atoslūgiai ir didžiulės audros bangos pramušė Belgijos pakrantę ir dar 1134 m. flamandai įrengė potvynių ir atoslūgių kanalą, kuris siekė toli į sausumą ir tapo tinkamas viduramžių laivybai. Šis įrenginys Briugės miestui suteikė prieigą prie Šiaurės jūros, paversdamas jį turtingu uostamiesčiu.

5 lentelė. Zvino pakrantės ilgis (km) pagal regioną ir šalį

Regionas	Belgija	Nyderlandai	Iš viso
Vakarinė (Belgijos) pakrantė	8	0	8
Rytinė (Nyderlandų) pakrantė	0	4	4
IŠ VISO	8	4	12

Išvados. PTC ir TTV TSI vertinimo metodikų derinimas yra tinkamas instrumentas analizuojant TTV atitikimą Smaragdinės ekonomikos principus. Tai gali pagrįsti atliekami TTV atvejų tyrimai 5 Baltijos jūros ir Šiaurės jūros teritorijose. Šis tyrimų mechanizmas gali tinkamai identifikuoti pagrindinius smaragdinės ekonomikos atotrūkius visuose išskirtuose TTV aspektuose. Tyrimų rezultatai nurodo, kad Smaragdinės ekonomikos tyrimų srityje PTC ir TTV BKI vertinimo metodikos turi aiškias taikymo perspektyvas ES ir pasaulio TTV.

Literatūra

- Aleksandrov, S.V. Long-Term Variability of the Trophic Status of the Curonian and Vistula Lagoons of the Baltic Sea, *Inland Water Biol.*, 2009, 2, 319–326.
- de Alencar, N.M.P.; Le Tissier, M.; Paterson, S.K.; Newton, A. Circles of Coastal Sustainability: A Framework for Coastal Management. *Sustainability* 2020, 12, 4886
- Boon, P.J.; Clarke, S.A.; Copp, G.H. Alien species and the EU Water Framework Directive: A comparative assessment of European approaches. *Biol. Invasions* 2020, 22, 1497–1512.
- Borja, Á.; Elliott, M.; Carstensen, J.; Heiskanen, A.-S.; van de Bund, W. Marine management—Towards an integrated implementation of the European Marine Strategy Framework and the Water Framework Directives. *Mar. Pollut. Bull.* 2010, 60, 2175–2186.
- Burgess, M.G.; Clemence, M.; McDermott, G.R.; Costello, C.; Gaines, S.D. Five rules for pragmatic blue growth. *Mar. Policy* 2018, 87, 331–339.
- Elliott, M.; Day, J.W.; Ramachandran, R.; Wolanski, E. A synthesis: What is the future for coasts, estuaries, deltas, and other transitional habitats in 2050 and beyond? Elsevier: Amsterdam, The Netherlands – Oxford, UK – Cambridge, MA, USA, 2019; pp. 1–28.
- European 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. Official Journal 22 December 2000 L 327/1. Brussels: European Commission.
- Facca, C. Ecological status assessment of transitional waters. *Water* 2020, 12, 3159.
- Gallo-Vélez, D.; Restrepo, J. C.; Newton, A. Assessment of the Magdalena River delta socio-ecological system through the Circles of Coastal Sustainability framework. *Front. Earth Sci.* 2023, 11, 1058122.
- Newton, A.; Brito, A.C.; Icely, J.D.; Valérie, D.; Inês, C.; Stewart, A.; Gerald, S.; Miguel, I.; Ana, I.L.; Ana, I.S.; et al. Assessing, quantifying and valuing the ecosystem services of coastal lagoons. *J. Nat. Conserv.* 2018, 44, 50–65.
- Povilanskas, R.; Jurkienė, A.; Dailidienė, I.; Ernšteins, R.; Newton, A.; Leyva Ollivier, M.E. Circles of Coastal Sustainability and Emerald Growth Perspectives for Transitional Waters under Human Stress. *Sustainability* 2024, 16, 2544.
- Povilanskas, R.; Razinkovas-Baziukas, A. Transboundary Transitional Waters: Arenas for Cross-Border Cooperation or Confrontation? *Sustainability* 2023, 15, 9922.
- Povilanskas, R.; Razinkovas-Baziukas, A.; Jurkus, E. Integrated environmental management of transboundary transitional waters: Curonian Lagoon case study. *Ocean Coast. Manag.* 2014, 101, 14–23.
- Povilanskas, R.; Taminskas, J.; Tagliapietra, D. Chapter 5. Emerald Growth: Maritime Spatial Planning and Transitional Waters. In *SEAPLANSPACE General Knowledge Manual*; Pyć, D., Stoll, F., Eds.; University Publishers: Gdańsk, Poland, pp. 79–86.
- Provoost, S.; Van Braeckel, A.; Van Gompel, W. Monitoring hydrologie Zwin. Rapportage 2021. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2021, vol. 63; Instituut voor Natuur en Bosonderzoek: Brussels, Belgium, 2021; 61.
- Razinkovas, A.; Gasiūnaitė, Z.; Viaroli, P.; Zaldívar, J.M. Preface: European lagoons—Need for further comparison across spatial and temporal scales. *Hydrobiologia* 2008, 611, 1–4.
- Tagliapietra, D.; Povilanskas, R.; Razinkovas-Baziukas, A.; Taminskas, J. Emerald Growth: A New Framework Concept for Managing Ecological Quality and Ecosystem Services of Transitional Waters. *Water* 2020, 12, 894.

OTŲ IŠTEKLIŲ LIETUVOS BALTIJOS JŪROS PRIEKRANTĖJE 2018-2024 M. APŽVALGA

Žilvinas Kregždys, Tomas Zolubas, Antanas Kontautas, Remigijus Sakas, Marijus Špėgys, Margarita Venslovaitė, Arvydas Švagždis

Klaipėdos universitetas Jūros tyrimų institutas, Klaipėda

zilvinas.kregzdys@ku.lt

Įvadas. Otas (*Psetta maxima* (L.)) paplitęs Atlanto vandenyno Europos priekrantėse: nuo Viduržemio jūros iki Arkties vandenyno. Baltijos jūroje otų gausiau pietinėje dalyje, kur didesnis vandens druskingumas. Suaugusios žuvys gyvena 20–70 m. gylyje, kur vyrauja smėlėtas ar akmenuotas gruntas. Į seklesnes priekrantes atplaukia tik pavasarį, prieš nerštą. Vasaros viduryje išneršę otai vėl patraukia į gelmes, o priekrantėse lieka tik jaunesni individai (Virbickas, Rakutis ir Žilinskas, 2006; Virbickas, 2000). Ichtiologiniai tyrimai buvo vykdomi visoje Lietuvos Baltijos jūros priekrantėje nuo pietuose esančios Nidos iki Būtingės monitoringo stoties šiaurinėje dalyje. Tyrimai buvo atliekami visais sezonais nuo 2018–2024 metų.

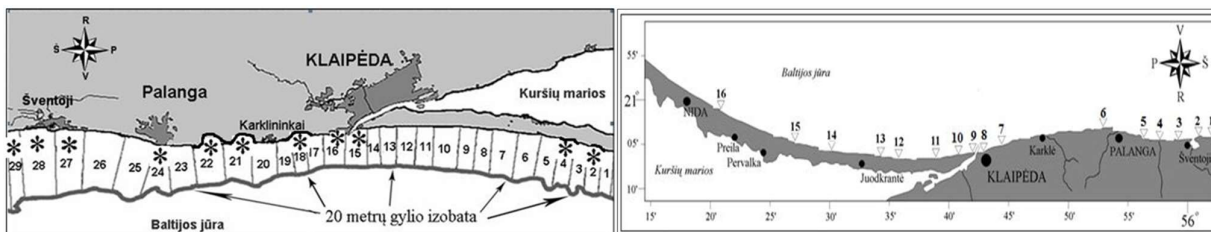
Tyrimo tikslas: nustatyti otų sugavimų struktūrą Baltijos jūros priekrantėje, įvertinti sezoninį ir erdvinį žuvų santalkų pasiskirstymą priekrantėje.

Tyrimo metu surinkta informacija apie otų gausumo ir biomasės pokyčius bei pagrindinius biologinius žuvų parametrus.

Tyrimų medžiaga ir metodika. Tyrimų medžiaga priekrantėje buvo renkama 2 būdais:

1. 2018–2024 metais įvairiose monitoringo stotyse, statant įvairiaakius mokslinius tinklaičius (30–110 mm) pagal bendrai priimtą metodiką (Thoreson, 1993) (1 pav.)
2. 2018–2024 m. vykdant jaunikių apgaudymus traukiamąja gaudykle (draga) priekrantės sėkliuose (Maksimovas et al., 2000.) (1 pav.).

Vertintos charakteristikos – CPUE vnt, CPUE kg, aptinkamumo dažnumas (%).



1 pav. Žuvų gaudymo rajonas: priekrantės verslinės žvejybos barai ir monitoringo stotys (2, 4, 15, 16, 18, 21, 22, 24, 27, 28, 29 žvejybos barai), kuriuose rinkti duomenys (kairėje) ir žuvų jaunikių tyrimų vietos (dešinėje).

Rezultatai ir aptarimas. 2018–2024 m. periodu moksliniuose sugavimuose pavasarį dominavo 20–25 cm žuvys (63,4 %), vasarą, kaip ir pavasarį, daugiausiai sugautos panašaus ilgio žuvys: 18–25 cm (61,3 %). Rudenį vyravo smulkesnės – jaunesnės, nesubrendusios žuvys: 14–18 cm (61 %), nes išneršusios suaugusios žuvys pasitraukė maitintis į gilumą. Žiemoja otai gilumoje, todėl priekrantėje šiuo sezonu sugaunami pavieniai individai (2 pav.).

Baltijos jūroje otai subręsta 4–5-ais metais. Patinai brandą pasiekia 4 metais, patelės dažniausiai subręsta 5 metų amžiaus (Virbickas et al., 2006).

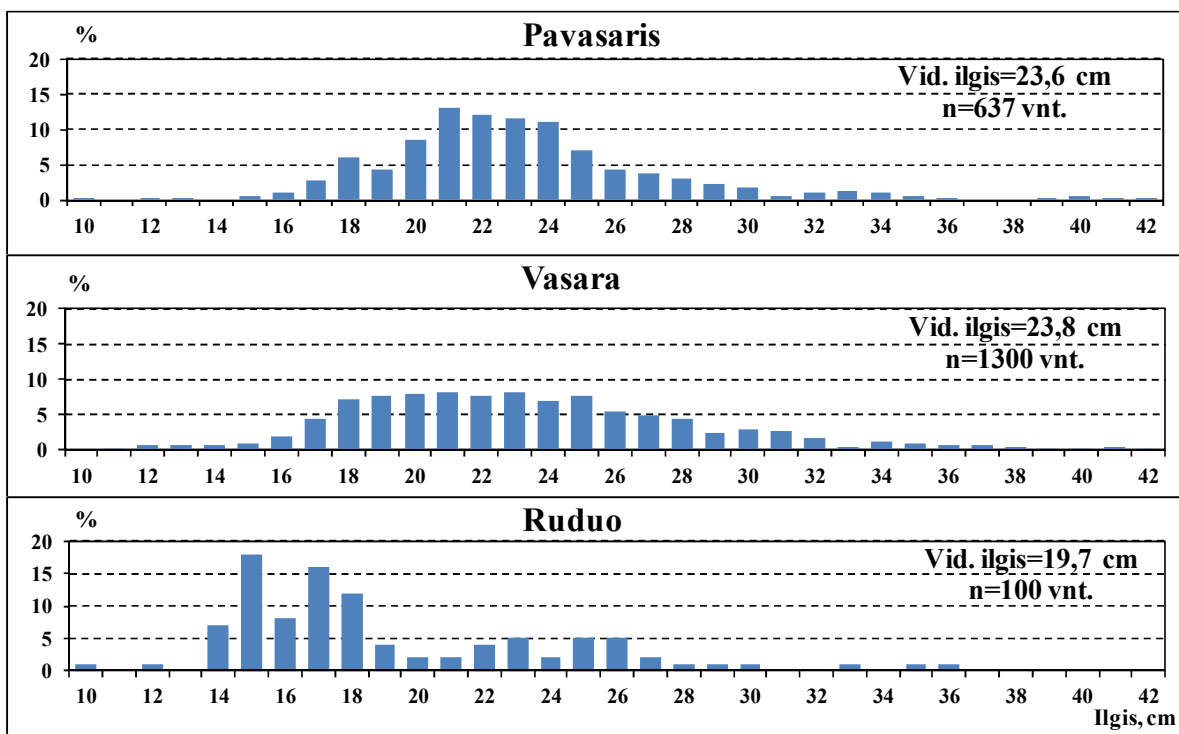
Per tyrimų laikotarpį daugiausiai sugauta antros, trečios, ketvirtos (priešnerštinės) ir 62 (ponerštinės) gonadų brandos stadijos patinų, tai sudarė 89,6 % nuo viso patinų kiekio. Patelių sugavimuose dominavo antros, trečios, ketvirtos (priešnerštinės) ir penktos (neršiančios) gonadų brandos stadijos, tai sudarė 82,1 % nuo visų patelių.

Daugiausiai sugauta 2–5 metų amžiaus patinų ir patelių (3 pav.).

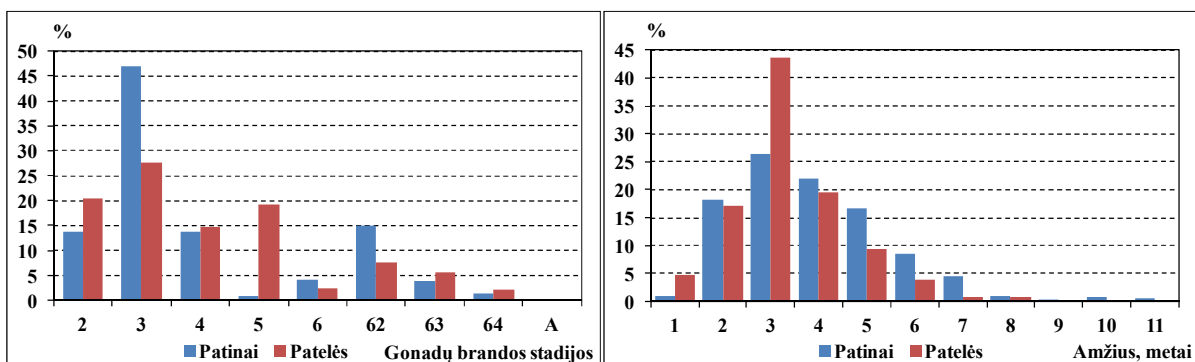
Lietuvos Baltijos jūros priekrantėje patinų daugiausiai sugauta šiaurinėje dalyje, tai sudarė 76,3 % nuo visų sugavimų, o patelių daugiausiai pagauta centrinėje dalyje – 42,2 % nuo visų patelių sugavimų. Mažiausiai patinų sugauta centrinėje dalyje – 57,8 %, o patelių – šiaurinėje dalyje (23,7 %) (4 pav.).

Lyginant su 2023 metais, 2024 metų otų žvejybos efektyvumas yra didėjančios tendencijos. Didžiausi žvejybos efektyvumai pagal gausumą ir biomasę nustatyti vasarą (2022 m. – $5,8 \frac{\text{vnt} \cdot 30 \text{ m}}{\text{para}}$, 2019 m. – $4,8 \frac{\text{vnt} \cdot 30 \text{ m}}{\text{para}}$ ir 2022 m. – $1 \frac{\text{kg} \cdot 30 \text{ m}}{\text{para}}$) ir pavasarį (2019 m. – $3,1 \frac{\text{vnt} \cdot 30 \text{ m}}{\text{para}}$ ir iki $0,8 \frac{\text{kg} \cdot 30 \text{ m}}{\text{para}}$). Rudenį ir žiemą otų sugavimai

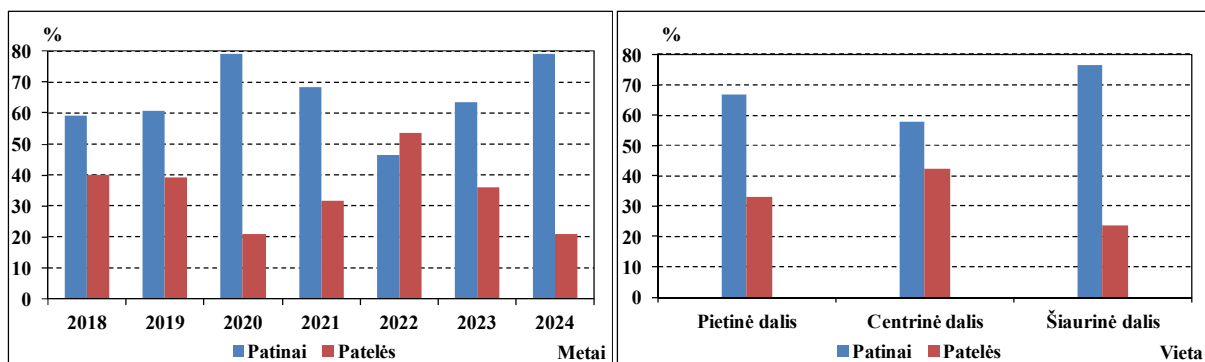
labai sumažėja, nes dauguma išneršusių žuvų pasitraukia į gelmę maitintis, o priekrantėje lieka jauni ir nesubrendę individai (5, 6 pav.).



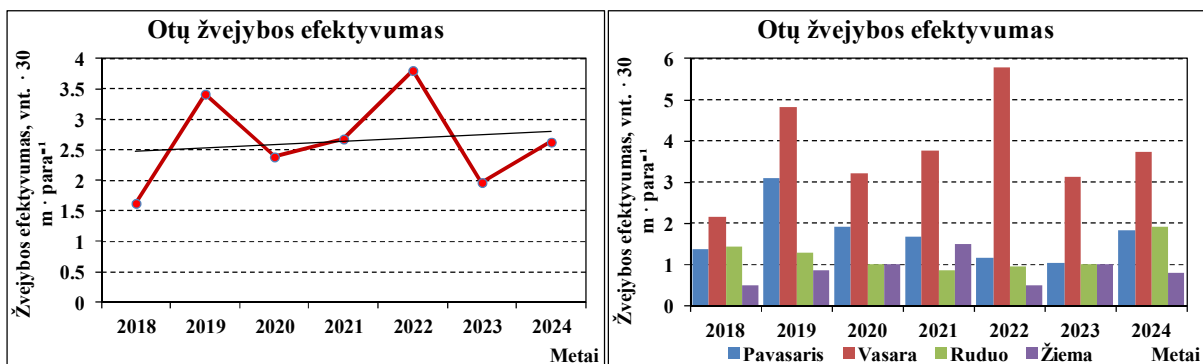
2 pav. Otų monitoringo sugavimų pasiskirstymas (%) pagal ilgį įvairiais sezonų laikais.



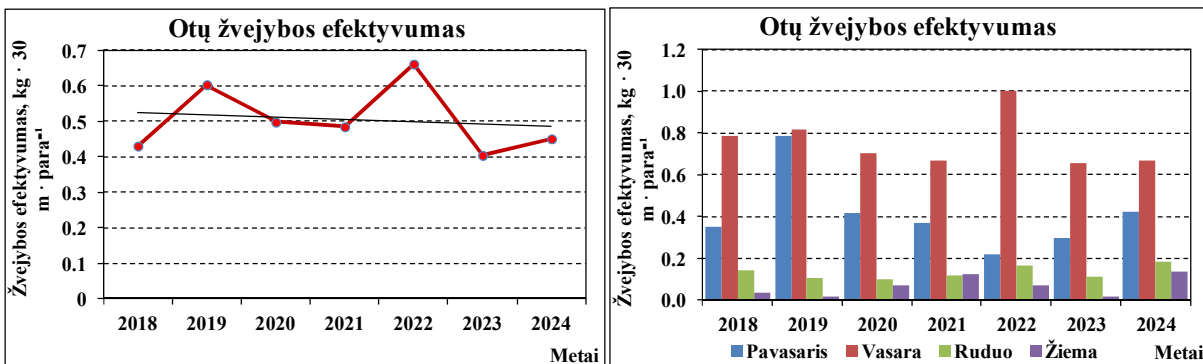
3 pav. Otų patinų ir patelių pasiskirstymas (%) pagal gonadų brandos stadijas (kairėje) ir otų patinų ir patelių pasiskirstymas (%) pagal amžių (dešinėje).



4 pav. Otų patinų ir patelių pasiskirstymas (%) pagal atskirus metus (kairėje) ir otų patinų ir patelių pasiskirstymas (%) pagal sugavimų vietas (dešinėje).



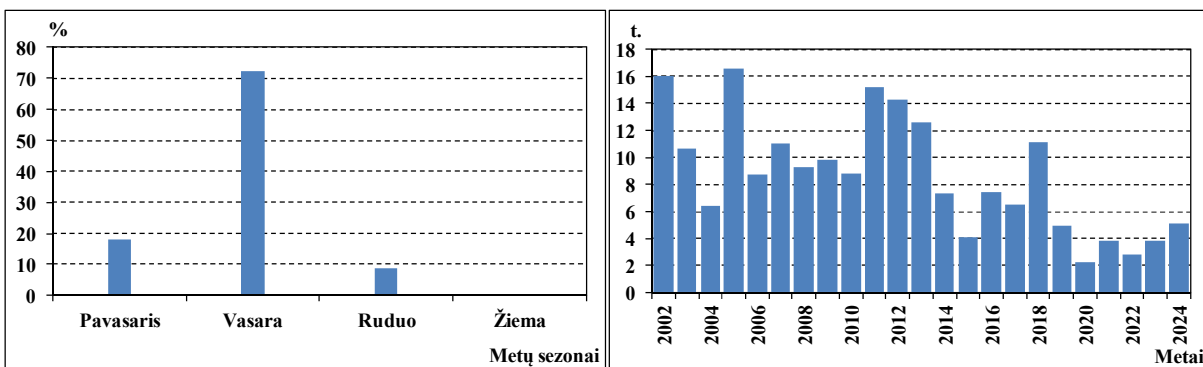
5 pav. Otų žvejybos efektyvumas, vnt. (kairėje) ir otų žvejybos efektyvumas, vnt. pagal sezonus ir metus (dešinėje).



6 pav. Otų žvejybos efektyvumas, kg (kairėje) ir otų žvejybos efektyvumas, kg pagal sezonus ir metus (dešinėje).

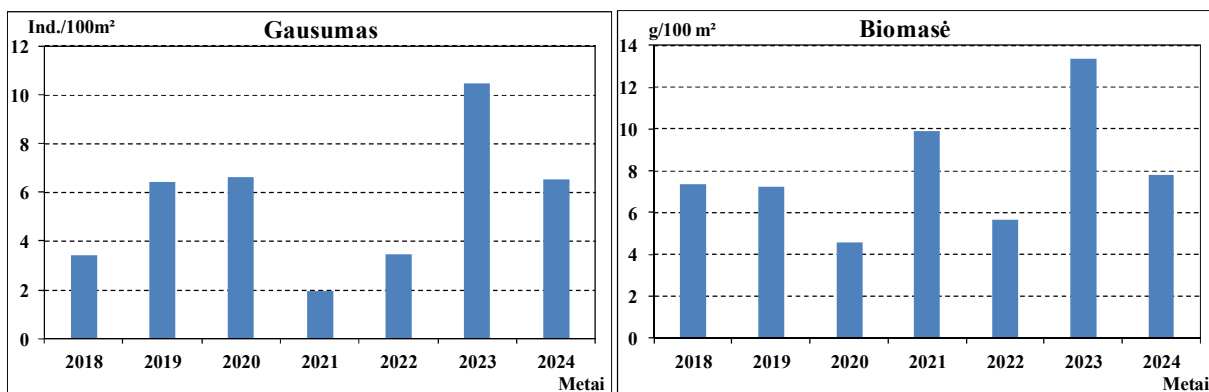
Otų nerštas prasideda gegužės mėnesį, vandeniui išilus iki +11–12°C. Jis trunka net iki liepos pabaigos, nes ikrus išleidžia porcijomis (Virbickas et al., 2006; Virbickas, 2000).

Iš 7 paveikslo matoma, kad didžiausi otų sugavimai įvyko vasaros metu ir sudarė 72,5 %. Pastebėta, kad priekrantėje otų verslinė žvejyba mažėjo (7 pav.).



7 pav. Otų dažnumo (%) pasiskirstymas pagal sezonų laikus monitoringo tyrimuose (kairėje) ir otų verslinė žvejyba tonomis Lietuvos Baltijos jūros priekrantėje (dešinėje).

Otų jauniklių gausumas ir biomasė parodyta 8 paveiksle. Mailiaus monitoringo tyrimuose kiekvienais metais rodikliai kinta. Pavyzdžiui, per paskutinius metus, lyginant su 2023 m., gausumas ir biomasė sumažėjo.



8 pav. Daugiametis otų jauniklių gausumo, vnt. pasiskirstymas (kairėje) ir daugiametis otų jauniklių biomasės, g pasiskirstymas (dešinėje) Lietuvos Baltijos jūros priekrantės sėkliuose.

Išvados. Įvairiais sezonų laikais otų ilgių struktūra kinta. Moksliniuose sugavimuose pavasarį ir vasarą dominavo 18–25 cm žuvis, kurios buvo 2-5 metų amžiaus. Rudenį sugaunami nesubrendę individai: 2–3 metų amžiaus ir 14–18 cm ilgio.

Patinų daugiausiai sugauta šiaurinėje priekrantės dalyje, o patelių daugiausiai pagauta centrinėje dalyje.

Mūsų tyrimuose, lyginant su 2023 metais, 2024 metais otų žvejybos efektyvumas didėjo. Didžiausias žvejybos efektyvumas pagal gausumą ir biomasę nustatytas vasarą ir pavasarį.

Priekrantėje otų verslinė žvejyba mažėjo.

Tyrimų laikotarpiu didžiausias jauniklių gausumas ir biomasė buvo 2023 metais. Tuo tarpu 2024 m. gausumas ir biomasė buvo panašūs kaip 2019 metais.

Literatūra

- Maksimovas J., Piščikas V., Statkus R., Didžiulis V., Tamašauskas P., 2000. Plekšninių ir kitų žuvų jauniklių 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.
- Virbickas J. 2000. Lietuvos žuvis. Vilnius: Trys žvaigždutės, 192 p.
- Žuvis ir žūklė Lietuvoje: iliustruota enciklopedija / tekstas Tomo Virbicko, Daliaus Rakučio, Romualdo Žilinsko. - Kaunas: Šviesa, 2006. - 400 p.: ilustr.

BALTIJOS PILKŪJŲ RUONIŲ (*HALICHOERUS GRYPUS GRYPUS*) JAUNIKLIŲ ANKSTYOJI SOCIALINĖ ELGSENA

Karina Lenko¹, Robertas Staponkus¹, Arūnas Grušas², Vaida Survilienė³

¹Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas, Klaipėda, ²Lietuvos jūrų muziejus, Klaipėda, ³Vilniaus universiteto Gyvybės mokslų centras, Vilnius
lenkokarina2@gmail.com

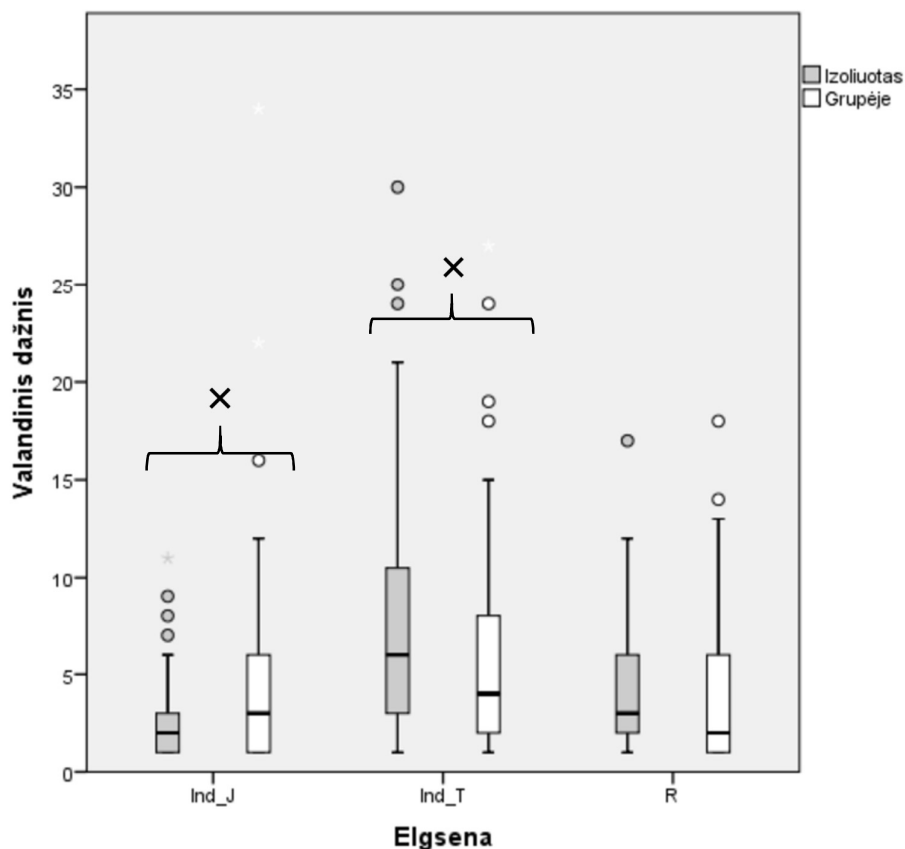
Ivadas. Baltijos pilkasis ruonis (*Halichoerus grypus grypus*, (Fabricius 1971)) – didžiausias Baltijos jūros žinduolis, kurį veikia daugybė aplinkos veiksnių, įskaitant urbanizaciją, jūrinę taršą, klimato kaitą ir Baltijos jūros verslinių žuvų išteklį pergaudymą (Bowen, 2018). To pasekoje mažėja veisimuisi tinkamų vietų skaičius bei didėja konkurencija ir agresija dėl teritorijos tarp individų. Jaunikliai dažnai tampa šios agresijos aukomis, todėl dažnai yra apkandžiojami ir apdraskomi suaugusių patinų (Robinson *et al.*, 2017). Lietuvos Jūrų muziejuje nuo 2018 metų pradėjo sparčiai augti rastų krante nusilpusių jauniklių skaičius. Vis daugiau jų randama Lenkijos ir Lietuvos pakrantėse, kurių dalis patenka į reabilitaciją. Reabilitacijoje pirmuosius savo gyvenimo mėnesius jaunikliai praleidžia nelaisvėje – tuo laikotarpiu intensyviai vystosi jų smegenys ir formuojasi socialinė elgsena (Wilson, 2024). Socialinės elgsenos tyrimai yra svarbūs jauniklių gerovei, natūralaus elgsenos formų raidos ir socialinės struktūros įgūdžių formavimosi vertinimui. Susiformavusi elgsena vėliau lemia santykius tarp gentainių kolonijose, sėkmingą poravimąsi, jauniklių auginimą (Survilienė, 2022).

Šiame tyrime analizuojamas šešių panašaus amžiaus Baltijos pilkųjų ruonių jauniklių socialinis elgesys reabilitacijos patalpoje, nelaisvėje. Daugiausia dėmesio skiriama jų tarpusavio sąveikoms ir socialinės elgsenos intensyvumui tarp pažįstamų ir nepažįstamų ruonių, jiems svarbiu raidos laikotarpiu – praėjus 2–3 mėnesiams po atjungimo. Tyrimo tikslas – nustatyti socialinio elgesio dažnį ir įvairovę, išsiaiškinti, kaip keičiasi jauniklių elgesys, kai jie laikomi izoliuoti ir kartu su kitais individais, įvertinti socialinio elgesio skirtumus tarp labiau ir mažiau socializuotų ruonių bei analizuoti santykių intensyvumo pokyčius laikui bėgant.

Metodai. Ruonių elgesys buvo analizuojamas remiantis 2011 ir 2012 metais Lietuvos jūrų muziejaus gyvūnų reabilitacijos patalpoje darytais vaizdo įrašais. Į šią patalpą patekdavo pilkųjų ruonių jaunikliai, rasti Baltijos jūros pakrantėje arba atjungti muziejuje. Tyrimo metu abejais metais stebėti trys pilkųjų ruonių jaunikliai – du patinai ir viena patelė. Iš viso buvo analizuota 243,36 valandų reabilituojamų ruonių vaizdo įrašų. Skirtingos elgesio formos vaizdo medžiagoje buvo fiksuojamos programos, sukurtos dr. M. Kavaliausko (Kauno technologijos universitetas), pagalba. Ši programa skirta automatizuotam elgsenos trukmės apskaičiavimui. Programa automatiškai nuskaito video peržiūros programoje pateiktą paros laiką, kuris susiejamas su rankiniu būdu parenkama elgsena konkrečiam individui. Duomenys buvo registruojami remiantis ankstesnių tyrimų metu sudaryta etograma (Natkevičiūtė, 2011). Buvo taikoma tikslinė stebėseną (angl. *focal-sampling*), o fiksuojant atstumus tarp jauniklių kas 30 minučių, buvo taikoma skenavimo stebėseną (angl. *scan-sampling*), siekiant įvertinti socialinį komfortą, kuris yra tiesiogiai susijęs su artumu, kaip nustatyta ankstesniuose gyvūnų tyrimuose su avimis (Keshavarzi *et al.*, 2023), vilkais, šunimis (Cimarelli *et al.*, 2021) ir kitais gyvūnais.

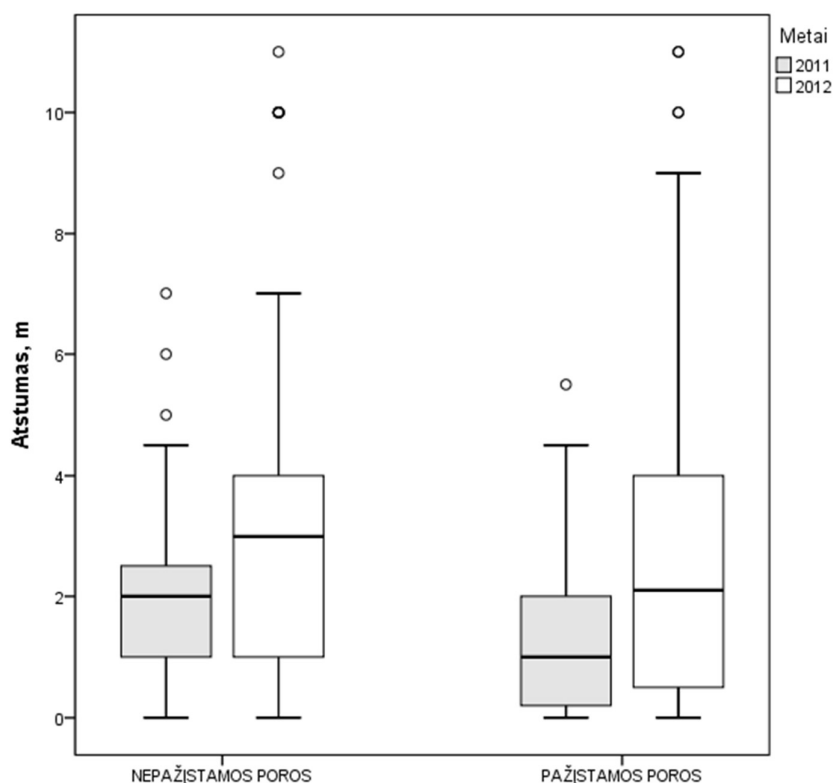
Rezultatai. Remiantis surinktais duomenimis, dažniausiai pasikartojančios pilkųjų ruonių jauniklių elgsenos dienos metu buvo budrumas (18,6 %), kito individo stebėjimas (10,2 %), socialinio kontakto užmezgimas (16,7 %) bei plaukimas (12,9 %). 2011 metais trijų stebėtų jauniklių aktyvi elgsena sudarė net 94,2 % visos stebėtos elgsenos dienos metu, o ramybės būseną tik 5,8 %. 2012 metų rezultatai buvo panašūs: aktyvumas sudarė 91 %, o ramybės būseną – 9 %. Svarbu paminėti, kad ruoniai buvo stebimi tik dienos metu, todėl bendras aktyvumo lygis gali būti iškreiptas, neįtraukiant naktinės elgsenos.

Analizuojant vieno jauniklio elgsenos pokyčius, kai jis buvo stebėtas dviem etapais – būdamas vienas (7 savaites) ir esant kitiems ruoniams (5 savaites) – nustatyta, kad buvimas grupėje reikšmingai veikė elgsenos struktūrą (1 pav.). Ramybės būsenos trukmė sumažėjo nuo 53% iki 47%. Buvimas grupėje taip pat lėmė 38,2 % padidėjusį jauniklio aktyvumą. Tarp aktyvių elgsenos formų dominavo socialinė sąveika, kuri sudarė 53,7 % visos aktyvios elgsenos (1 pav.).



1 pav. Ramybės būsenos (R), individualaus tyrinėjimo (Ind_T) bei individualaus judėjimo (Ind_J) valandiniai dažniai (%) jaunikliui būnant izoliacijoje ir kartu su kitais individais. Vidinės dėžutės ribos žymi medianas, išorinės – 25–75 % kvartilius. Statistiškai patikimi skirtumai tarp porų elgsenos dažnio pažymėti iksu (KW testas, $p < 0,001$).

Abiejų tyrimo metų fiksuoti atstumai tarp jauniklių parodė, kad ilgesnį laiką kartu praleidusios ruonių jauniklių poros pasižymėjo mažesniais tarpusavio atstumais (2 pav.). Vienfaktorinė dispersinė analizė (ANOVA) parodė, kad skirtumai tarp porų, pažįstamų trumpesnį ir ilgesnį laiką, statistiškai reikšmingi ($p < 0,01$). 2011 metų poros, ilgiau buvusios kartu, laikėsi arčiau viena kitos (vidurkis = 1,114 m; mediana = 1 m; $p < 0,01$), nei trumpiau kartu buvusios poros (abiejų medianos = 2 m). 2012 metais taip pat fiksuotas mažesnis vidutinis atstumas tarp individų ilgiau vienas kitą pažįstančių (vidurkis = 2,682 m; mediana = 2,100 m), nei tarp individų pažįstančių vienas kitą trumpiau (vidurkiai = 2,879 ir 2,948 m; medianos = 3 ir 2,75 m). Kruskal-Wallis statistinis testas ($H = 12,47$, $p = 0,002$) papildomai patvirtino, kad socialinio elgesio dažnis ir socialinių ryšių trukmės įvairovė buvo reikšmingai didesnė tarp individų, kurie ankstyvuoju vystymosi etapu praleido daugiau laiko kartu (2 pav.).



2 pav. Atstumai metrais tarp pažįstamų ir nepažįstamų ruoniukų porų 2011 (pilka spalva) ir 2012 (balta spalva). Linijos dėžučių viduje – medianos, dėžutės – 25-75% kvartilių ribos, duomenų „ūšai“ – nenukrypusių kintamųjų ribos, apskritimai – nukrypę kintamieji. Vienfaktorinės dispersinės analizės testas (ANOVA) parodė, kad skirtumai tarp porų statistiškai reikšmingi ($p < 0,01$).

Rezultatų aptarimas. Gauti rezultatai parodė, kad rehabilitacijoje esantys Baltijos pilkųjų ruonių jaunikliai pasižymėjo aukštu aktyvumu, stebint juos dienos metu. Panašus aktyvumo pasiskirstymas fiksuotas ir natūralioje aplinkoje. Floris M. van Beest ir kt. (2019) tyrime, kuriame stebėtas 13 Baltijos pilkųjų ruonių elgesys laisvėje, aktyvumo trukmė svyravo 51–83 % per parą, o poilsio – nuo 17 % iki 49 % (Beest *et al.*, 2019). Rezultatų skirtumai gali būti paaiškinami tuo, kad natūralioje aplinkoje gyvenantys ruoniai patiria mažiau streso nei laikomi nelaisvėje, taip pat jų elgsenos tyrimai apima ir naktinius stebėjimus, ne tik dienos metą, todėl mūsų tyrimo rezultatai gali skirtis nuo kitų autorių dėl skirtingų stebėjimo sąlygų ir laikotarpių.

Dažniausiai pasireiškianti elgsena pas jauniklius buvo budrumas, kuomet jie įdėmiai skenuoja visą aplinką, iš vieno taško, sukant galvą į visas puses. Tai rodo, jog jaunikliai nuolat pasirenkę reaguoti į galimus pavojus, siekdami apsaugoti save nuo grėsmių. Tokia elgsena gali būti susijusi su jų poreikiu išmokti adaptuotis ir išgyventi natūralioje aplinkoje, kur aplinkos pavojai gali būti dažni, tad jie pradeda formuoti savo apsaugos mechanizmus ankstyvajame amžiuje. Kita labai dažnai pasikartojanti elgsena – kito individo stebėjimas ir bandymas užmegzti su juo kontaktą rodo, kad pas jauniklius jau pradeda formuotis socialinė elgsena, kuri yra svarbi jų bendravimui su kitais individais ateityje gulyklose. Daug laiko jaunikliai taip pat praleisdavo plaukiodami, tobulindami plaukimo ir manevravimo įgūdžius, kurie yra svarbūs jų išgyvenimui ir maitinimosi sėkmei.

Elgsenos pokyčiai tarp izoliacijos ir buvimo grupėje parodė, kad socialinė aplinka skatina didesnę aktyvumą ir dažnesnes socialines sąveikas, patvirtindama socialinio kontakto svarbą ruonių jauniklių raidoje (Wilson, 2024). Socializuoti jaunikliai geriau atpažįsta, supranta ir tinkamai reaguoja į savo rūšies atstovų signalus, o tai itin svarbu jų išlikimui gamtoje – ypač poravimosi laikotarpiu, ginant teritoriją ar ilsintis grupėje. Atstumų analizė parodė, kad ilgiau kartu buvę individai laikėsi arčiau vienas kito. Šie rezultatai sutampa su kitų rūšių tyrimais (Keshavarzi *et al.*, 2023) ir leidžia daryti prielaidą, jog pažinties trukmė turi įtakos socialinių ryšių stiprumui ir elgseniniam komfortui. Be to, jaunikliai, įpratę prie natūralių socialinių kontaktų, po išleidimo į gamtą patiria mažiau streso susidūrę su kitais ruoniais, o tai palengvina jų prisitaikymą prie laukinių sąlygų ir skatina sėkmingą integraciją.

Dėl specifinio ruonių gyvenimo būdo ir socialinės elgsenos, ypač ne veisimosi sezono metu, jų stebėjimas natūralioje aplinkoje yra itin sudėtingas. Tokiose situacijose tyrimai nelaisvėje gali būti laikomi viena iš pagrįstų alternatyvų natūralios elgsenos stebėsenai ir analizei.

Išvados. Budrumo būseną (A) ir socialinio kontakto užmezgimas (SI) sudarė didžiąją dalį visų trijų jauniklių elgsenos repertuaro tiriamuoju laikotarpiu. Kai jaunikliai buvo aktyvūs, dominuojanti elgsena buvo individualaus judėjimo ir socialinė. Jaunikliui būnant izoliacijoje ir grupėje, reikšmingai padidėjo jo aktyvumas, atsirado socialinė elgsena, kuri sudarė 53,7% visos elgsenos repertuaro. Jaunikliai, kurie augdami praleido daugiau laiko kartu, laikėsi arčiau vienas kito, nei jaunikliai, kurie buvo mėnesį izoliuoti. Dviejų metų duomenys parodė, kad porų, kurios praleido kartu daugiau laiko iki tyrimo, socialinės elgsenos dažnumas ir trukmė buvo reikšmingi didesni.

Literatūra

- Bowen, W. D. (2018). *Halichoerus grypus*. January 2016. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T9660A45226042.en>
- Cimarelli, G., Marshall-Pescini, S., Range, F., Berghänel, A., & Virányi, Z. (2021). Relationship quality affects social stress buffering in dogs and wolves. *Animal Behaviour*, 178, 127–140. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2021.06.008>
- van Beest, F. M., Mews, S., Elkenkamp, S., Schuhmann, P., Tsolak, D., Wobbe, T., Bartolino, V., Bastardie, F., Dietz, R., von Dorrien, C., Galatius, A., Karlsson, O., McConnell, B., Nabe-Nielsen, J., Olsen, M. T., Teilmann, J., & Langrock, R. (2019). Classifying grey seal behaviour in relation to environmental variability and commercial fishing activity - a multivariate hidden Markov model. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-42109-w>
- Keshavarzi, H., Lee, C., Dyal, T. R., Johnson, M., & Campbell, D. L. M. (2023). Shared stressful experiences affect social proximity in Merino sheep. *Biology Letters*, 19(2), 2–7. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2022.0396>
- Natkevičiūtė, V. (2011). *ANKSTYVOJI PILKŲJŲ RUONIŲ (HALICHOERUS GRYPUS) ONTOGENEZĖ IR ELGSENA*.
- Robinson, K. J., Twiss, S. D., Hazon, N., Moss, S., Pomeroy, P. P., & Robinson, K. J. (2017). Positive social behaviours are induced and retained after oxytocin manipulations mimicking endogenous concentrations in a wild mammal.
- Survilienė, V. (2022). Pilkųjų ruonių (*Halichoerus grypus*) socialinės elgsenos vystymasis ir steroidinių hormonų pokyčiai ankstyvosios ontogenezės laikotarpiu (Issue N 010).
- Wilson, S. C. (2024). The Role of Play in the Social Development of Grey Seal (*Halichoerus grypus*) Pups with Comparative Notes on the Harbour Seal (*Phoca vitulina*). *Animals*, 14(14), 2086. <https://doi.org/10.3390/ani14142086>

REABILITUOTŲ PILKŪJŲ RUONIŲ JAUNIKLIŲ (*HALICHOERUS GRYPUS*) HORIZONTALAUS JUDĖJIMO MODELIŲ VYSTYMASIS BALTIJOS JŪROJE

Laura Lupeikaitė-Kuncienė^{1,2}, Dominik Nachtsheim³, Ursula Siebert³, Žilvinas Kleiva¹

¹Lietuvos jūrų muziejus, Klaipėda, ²Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas, Klaipėda, ³Sausumos ir vandens laukinės gamtos tyrimų institutas, Hanoverio Veterinarinės medicinos universitetas, Būsum, Vokietija
laura.lupeikaite@ku.lt

Įvadas. Etiniai aspektai ir abejonės dėl ekologinės naudos skatina diskusijas apie laukinių gyvūnų reabilitacijos tikslingumą. Nors yra duomenų, kad daugelis reabilituotų rūšių sėkmingai išgyvena po paleidimo, vis dar stokojama tyrimų apie reabilituotų irklakojų, įskaitant pilkuosius ruonius (*Halichoerus grypus*), elgseną.

Pilkasis ruonis (*Halichoerus grypus grypus*) yra gausiausiai ir plačiausiai paplitusi irklakojų rūšis Baltijos jūroje (HELCOM, 2018; HELCOM, 2023). Nors Lietuvos pakrantėje pastarieji nesiveisia (HELCOM, 2018), srovės čia kasmet atneša nusilpusius ar sergančius jų jauniklius. Lietuvoje tai saugoma rūšis, todėl jaunikliai reabilituojami Lietuvos jūrų muziejuje, o po to paleidžiami atgal į Baltijos jūrą.

Pilkųjų ruonių jaunikliai gamtoje medžioti grobį mokosi savarankiškai. Pirmą kartą patekus į jūrinę aplinką, jaunikliai daugiausia demonstruoja aplinkos tyrinėjimo elgseną. Įgijus patirties, maitinimosi kelionės tampa trumpesnės, judėjimo trajektorijos sudėtingesnės, o elgsena siejama su aktyvia grobio paieška (Carter et al., 2020; Peschko et al., 2020; Nowak et al., 2023). Reabilituojamų ruonių atveju atsiskyrimas nuo motinos dažniausiai įvyksta per anksti, todėl pirmuosius gyvenimo mėnesius jie praleidžia žmogaus priežiūroje. Tai kelia klausimą, ar po paleidimo, pirmaisiais mėnesiais patirtį jie įgyja tokiu pat principu kaip ir kolonijas palikę laukiniai, nereabilituoti ruoniai. Siekiant tai išanalizuoti, šiame tyrime Argos palydoviniais siųstuvais pažymėta ir nuotoliniu būdu stebėta 14 individų. Iki šiol nebuvo publikuotų tyrimų, nagrinėjančių pilkųjų ruonių jauniklių horizontalaus judėjimo vystymąsi Baltijos jūroje, kai analizuojamos jų kelionių charakteristikos ir elgsenos tipo vystymasis. Tai taikoma tiek reabilituotiems, tiek laukiniams, nereabilituotiems ruoniams, todėl šis tyrimas yra pagrindas šiai temai.

Metodai. Į Lietuvos jūrų muziejaus Baltijos jūros gyvūnų reabilitacijos centrą patekę pilkųjų ruonių jaunikliai turėjo įvairių sveikatos problemų, įskaitant dehidrataciją, išsekimą, parazitines, bakterines ir virusines infekcijas. Kai gyvūnai buvo kliniškai sveiki, jie paleisti atgal į Baltijos jūrą. Prie kailio priklijavus palydovinius siųstuvus, aštuoni ruoniai paleisti 2022 m. rugsėjo 23 d.; dešimt 2023 m. liepos 30 d. (1 lentelė).

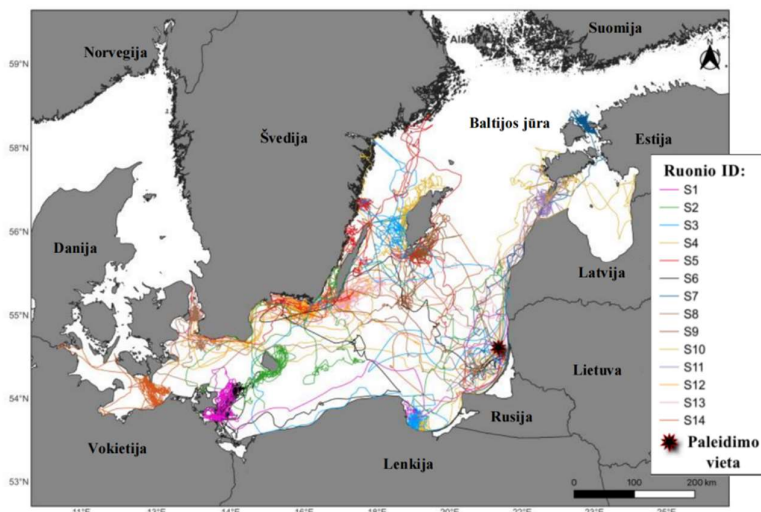
1 lentelė. Reabilitacijos ir palydovinio sekimo duomenų santrauka. X ruonio ID stulpelyje reiškia, kad individo duomenys nebuvo įtraukti į šį tyrimą (*nugaišo, ** siųstuvo gedimas)

Ruonio ID	Priėmimo data	Priėmimo svoris (kg)	Lytis	Reab. trukmė (d.)	Paleidimo data	Paleidimo svoris (kg)	Sekimo trukmė (d.)	Bendras maitinimosi kelionių skaičius (vnt.)	Bendras nukeliautas atstumas (km)
S1	2022-03-21	15,4	Patinas	186	2022-09-23	59	157	27	3 667,6
S2	2022-03-24	13,45	Patinas	183		55,5	131	13	4 640,9
S3	2022-03-29	13,5	Patinas	178		55,5	179	36	5 835,1
X*	2022-04-02	11,7	Patinas	174		50,1	48	-	-
S4	2022-04-09	12,7	Patinas	167		55	129	18	3 648,4
S5	2022-04-09	12,1	Patelė	167		49,3	149	26	5 267,3
S6	2022-04-12	13,3	Patelė	164		51,7	162	28	4 799,3
X**	2022-04-17	15,3	Patelė	159		52,1	1	-	-
S7	2023-03-11	12,8	Patelė	109	2023-06-28	40,2	105	71	3 676,6
S8	2023-03-15	11,5	Patelė	105		43	131	45	5 416,2
S9	2023-03-23	13,8	Patinas	97		45,6	133	35	5 358,4
S10	2023-03-30	14,7	Patinas	90		45,8	131	36	4 696,3
S11	2023-04-03	13,2	Patinas	86		44,5	87	39	2 890,9
X*	2023-04-05	12,6	Patelė	84		41,6	29	-	-
X**	2023-04-06	15	Patinas	83		41,5	12	-	-
S12	2023-04-06	18	Patinas	83		50	87	42	4 827,2
S13	2023-04-07	12,2	Patelė	82		40,5	143	42	7 763,4
S14	2023-04-08	18,7	Patinas	81		54,5	149	35	5 634,1

Ruonių buvimo vietos nustatytos naudojant Argos palydovų tinklą ir Doplerio poslinkį. Naudojantis R paketais „aniMotum“ (Jonsen et al., 2023) ir „pathroutr“ (London, 2020) „R“ programos aplinkoje, netikslios buvimo vietos išfiltruotos. Judėjimo trajektorijoms pritaikytas modelis („aniMotum“ paketas), leidžiantis įvertinti gyvūnų elgsenos tipą. Mažo judėjimo tęstinumo segmentai sieti su stacionaria elgsena, vietine grobio paieška ir maitinimusi (yt 0-0,5). Didelio tęstinumo segmentai aktyviu migraciniu judėjimu (yt 0,5-1). Maitinimosi kelionės apibrėžtos kaip gyvūnų judėjimas tarp poilsio periodų, kai atstumas ≥ 1 km, trukmė ≥ 6 valandos. Kelionės ilgis vertintas kaip atstumas tarp dviejų poilsio įvykių sausumoje ir apskaičiuotas naudojant paketo „trip“ funkciją „trackDistance“ (Sumner et al., 2009). Kelionės trukmė nustatyta pagal laiko periodą tarp poilsio sausumoje įvykių.

Statistinė analizė atlikta naudojant R programos versiją 4.3.2 ir R Studio 2023.12.0.369. Siekiant nustatyti lyties (patinas/patelė), paleidimo metų (2022/2023) ir kelionės eilės numerio įtaką kelionės charakteristikoms (trukmei, atstumui) ir elgsenos tipo (stacionarus/migracinis) proporcijoms, taikyti generalizuoti adityviniai mišrūs modeliai (GAMM). Galutinis modelis pasirinktas remiantis Symonds ir Moussalli etapai (2010).

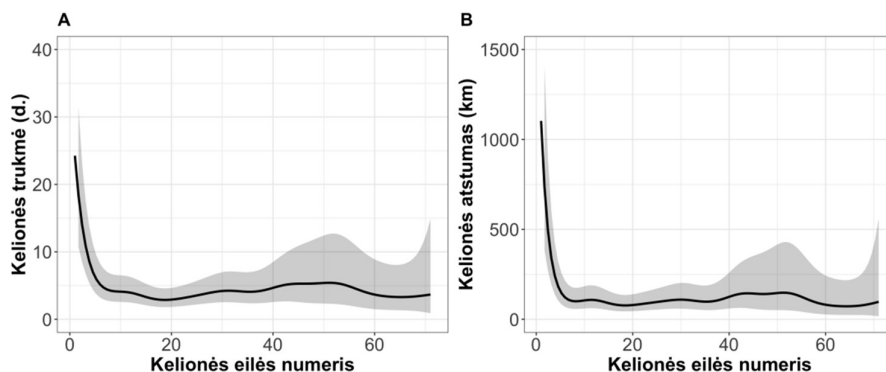
Rezultatai. Po rehabilitacijos ir paleidimo atgal į jūrą ruoniai daugiausia judėjo į Baltijos šiaurės rytų, pietų ir pietvakarių dalis. Iki siųstuvų veikimo pabaigos ruoniai S3 ir S4 laikėsi Gdanskio įlankoje, S1 ir S6 – Greifswaldo įlankoje, S14 – Meklenburgo įlankoje, S8 – Eresunde, S2 – šalia Bornholmo salos, S9 ir S10 – šalia Gotlando salos, S13 – šalia Ölando salos, S12 ir S5 – Hanö įlankoje bei pietrytinėje Švedijos pakrantėje, S7 ir S11 – netoli Estijos salų, įskaitant Sarema, Hyjumą ir Vormsį. Per visą stebėjimo laikotarpį nė vienas iš ruonių neapsistojo ties Lietuvos, Latvijos, Suomijos ar Rusijos krantais (1 pav.).



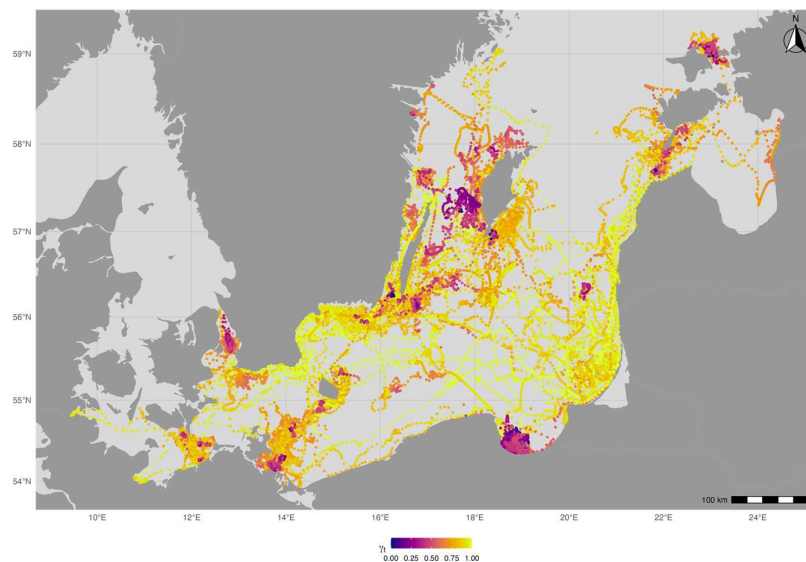
1 pav. Jauniklių judėjimo kryptys Baltijos jūroje. Administracinių ribų duomenų rinkinys šalies lygmeniu priklauso EuroGeographics ir UN-FAO.

Tyrimo laikotarpiu jaunikliai atliko 493 keliones, kurių bendras atstumas sudarė 68 121,7 km. Kelionių skaičius tarp individų svyravo nuo 13 iki 71, bendras nukeliautas atstumas – nuo 2 890,9 iki 7 763,4 km (1 lentelė). Kelionių trukmės mediana tarp individų varijavo nuo 14 val. iki 132 val., atstumas – nuo 14,9 iki 169,7 km. Didžiausia nustatyta kelionės trukmė siekė 1 800 val. (75 dienas), atstumas – 3 460,8 km. Bendra kelionių trukmės mediana buvo $20 \pm 8,74$ val., atstumas – $26,6 \pm 11,74$ km. Paleidimo metai ir lytis neturėjo įtakos kelionių charakteristikoms, tačiau kelionės eilės numeris reikšmingai veikė tiek trukmę, tiek atstumą. Remiantis modelio prognoze, maksimalios reikšmės pasiektos per 1–2 mėnesius po paleidimo. Laikui einant, kelionės trumpėjo tiek trukmės, tiek atstumo atžvilgiu, kol stabilizavosi. Jų trukmė ir atstumas po 20-osios kelionės vidutiniškai siekė 2,5–4 dienas ir 60–120 km, atitinkamai (2 pav.).

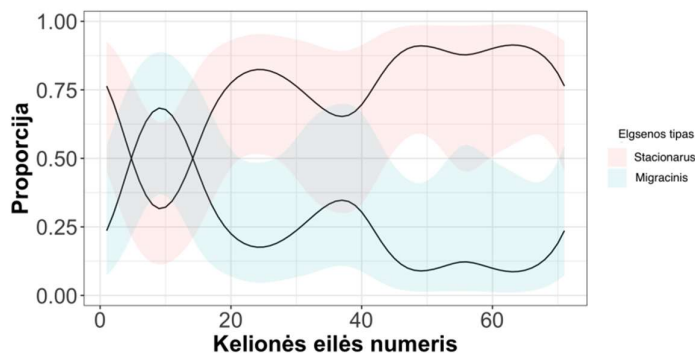
Tyrimo taip pat siekta nustatyti, ar elgsenos tipo vystymuisi įtaką turėjo paleidimo metai, lytis ir kelionės eilės numeris. Jauniklių elgsenos tipą vaizduojančiame žemėlapyje matoma (3 pav.), kad mažas judėjimo tęstinumas dažniausiai stebėtas pakrantės zonose ir aplink salas. Jaunikliai kirto Baltijos jūrą įvairiais maršrutais, tačiau nebuvo linkę maitintis giliose, atvirose vietovėse. Remiantis statistine analize, paleidimo metai ir lytis neturėjo įtakos elgsenos tipo vystymuisi, tačiau, kaip ir kelionių charakteristikų atveju, kelionės eilės numeris veikė reikšmingai (4 pav.).



2 pav. Modelio prognozuotas kelionių trukmės (A) ir atstumo (B) vystymasis kelionės eilės numerio atžvilgiu.



3 pav. Jauniklių elgsena Baltijos jūroje, apibrėžta pagal yt reikšmę: mažesnės reikšmės žymi stacionarias zonas, didesnės – migracines zonas.



4 pav. Modelio prognozuotas elgsenos tipo vystymasis kelionės eilės numerio atžvilgiu.

Pagal modelio prognozę elgsena kito laikui einant (4 pav). Migracinių judesių dalis maksimumą pasiekė iki 10-osios kelionės ir palaipsniui mažėjo. Stacionarių judesių dalis, priešingai, ties 10 kelione pasiekė minimumą ir pradėjo didėti. Elgsena stabilizavosi po 20-osios kelionės, kai stacionarūs judesiai dominavo, o migraciniai pasireiškėdavo tik retais etapais.

Rezultatų aptarimas. Reabilituoti pilkųjų ruonių jaunikliai dažniausiai rinkosi Baltijos šiaurės rytų, pietų ir pietvakarių kryptis, kur yra ruonių poilsio vietų (HELCOM, 2018), todėl tikėtina, kad jaunikliai prisijungė prie laukinių ruonių kolonijų. Prie Lietuvos ir Latvijos krantų žinomų poilsio vietų nėra, reabilituoti ruoniai šiose teritorijose taip pat neapsistojo (HELCOM, 2018). Prie minėtų krantų ruoniai galimai neužfiksavo

dėl nedidelės tyrimo imties ir trumpo stebėjimo periodo siūstuvų baterijos veikimo laikas yra ribotas (Sayer et al., 2021).

Kelionių charakteristikas ir elgsenos tipą reikšmingai veikė kelionės eilės numeris, t. y. laiko po paleidimo matmuo. Laikas kaip reikšmingas veiksnys identifiкуotas ir kitose studijose, nagrinėjančiose laukinių ruonių elgseną palikus kolonijas (Carter et al., 2020; Peschko et al., 2020; Nowak et al., 2023). Iškart po paleidimo reabilituotų ruonių judesiai buvo migraciniai, susiję su tiriamąja elgsena. Vėliau maitinimosi kelionės trumpėjo, judėjimo trajektorijos sudėtingėjo, todėl elgsena sieta su aktyvia grobio paieška. Toks elgsenos vystymosi modelis būdingas ne tik pilkųjų ruonių jaunikliams, bet ir kitoms irklakojų bei jūrinių paukščių rūšims, pavyzdžiui, šiauriniams jūrų lokiui (*Callorhinus ursinus*), pilkagalviui albatrosui (*Thalassarche chrysostoma*), keliaujančiajam albatrosui (*Diomedea exulans*), karališkajam pingvinui (*Aptenodytes patagonicus*) (Nowak et al., 2023; Frankish et al., 2022; Peschko et al., 2020; Orgeret et al., 2019; Riotte-Lambert ir Weimerskirch, 2013; Lea et al., 2010). Analogiškai elgsenos modeliai tarp skirtingų rūšių ir taksonų leidžia manyti, kad maitinimosi elgsenos raida gamtoje dažnai gali būti paaiškinama tyrinėjimo-tobulinimosi (angl. exploration-refinement) hipoteze, kuri teigia, kad maitinimosi strategijos yra išmokstamos per individualų tyrinėjimą ankstyvame gyvenimo etape ir nusistovi su amžiumi, patirtimi (Votier et al., 2017). Svarbu pažymėti, kad visos minėtos rūšys maitinimosi strategijų mokosi be tėvų pagalbos, todėl minėtas judesių vystymosi procesas gali būti būdingas tik konkrečioms rūšims.

Išvados. Reabilituoti pilkųjų ruonių jaunikliai daugiausia rinkosi Baltijos šiaurės rytų, pietų ir pietvakarių kryptis, kur žinomos laukinių ruonių poilsio vietos. Judesių vystymasis buvo panašus į laukinių, nereabilituotų ruonių jauniklių. Tai apėmė kelias fazes: iš pradžių ruoniai demonstravo tyrinėjamąją elgseną, kuriai būdingi migraciniai judesiai ir ilgos maitinimosi kelionės, vėliau judesiai tapo stacionaresni, sumažėjo kelionių trukmė, taip optimizuojant maitinimąsi. Judėjimo modelių vystymuisi įtakos neturėjo nei lytis, nei paleidimo metai. Reikšmingą įtaką turėjo tik laikas po paleidimo, kas rodo, jog laikui einant ruoniai įgijo patirties, išmoko maitinimosi strategijų, siekdami išgyventi laukinėje gamtoje.

Literatūra

- Carter M. I. D., McClintock B. T., Embling C. B., Bennett K. A., Thompson D., Russel D. J. F. (2020). From pup to predator: generalized hidden Markov models reveal rapid development of movement strategies in a naïve long-lived vertebrate. *OIKOS* 129, 630–642. doi: 10.1111/oik.06853
- Frankish C. K., Manica A., Clay T. A., Wood A. G., Phillips R. A. (2022). Ontogeny of movement patterns and habitat selection in juvenile albatrosses. *Oikos* 2022 (6). doi: 10.1111/oik.09057
- HELCOM (2018). "Distribution of Baltic seals," in HELCOM core indicator report. Available at: <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/Distribution-of-Baltic-seals-HELCOM-core-indicator-2018.pdf>
- HELCOM (2023). "State of the baltic sea," in Third HELCOM holistic assessment 2016-2021. Baltic Sea Environment Proceedings n°194. Helsinki, Finland: Baltic Marine Environment Protection Commission.
- Jonsen I. D., Grecian W. J., Phillips L., Carroll G., McMahon C., Harcourt R. G., et al. (2023). AniMotum, an R package for animal movement data: Rapid quality control, behavioural estimation and simulation. *Methods Ecol. Evol.* 14, (3). doi: 10.1111/2041-210X.14060
- Lea M. A., Johnson D., Melin S., Ream R., Gelatt T. (2010). Diving ontogeny and lunar responses in a highly migratory mammal, the northern fur seal *Callorhinus ursinus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 419, 233–247. doi: 10.3354/meps08758
- London J. M. (2020). pathrout: An R Package for Re-Routing Paths Around Barriers (Version v0.1.1-beta) (Switzerland: Zenodo). doi: 10.5281/zenodo.4321827
- Nowak B. V. R., Bowen W. D., Heyer C. E., Lang S. L. C., Lidgard D. C. (2023). Ontogeny of movement patterns in naïve grey seal pups inhabiting a complex continental shelf ecosystem. *PloS One* 18, e0290707. doi: 10.1371/journal.pone.0290707
- Orgeret F., Peron C., Enstipp M. R., Delord K., Weimerskirch H., Bost C. A. (2019). Exploration during early life: distribution, habitat and orientation preferences in juvenile king penguins. *Movement Ecol.* 7, (1). doi: 10.1186/s40462-019-0175-3
- Peschko V., Muller S., Schwemmer P., Mercker M., Lienau P., Rosenberger T., et al. (2020). Wide dispersal of recently weaned grey seal pups in the Southern North Sea. *ICES J. Mar. Sci.* 77, 1762–1771. doi: 10.1093/icesjms/fsaa045
- Riotte-Lambert L., Weimerskirch H. (2013). Do naïve juvenile seabirds forage differently from adults? *Proceeding R. Soc. B* 280, (1768). doi: 10.1098/rspb.2013.1434
- Sayer S., Allen R., Bellman K., Beaulieu M., Cooper T., Dyer N., et al. (2021). Post release monitoring of rehabilitated gray seal pups over large temporal and spatial scales. *Mar. Mammal Sci.* 38, 539–556. doi: 10.1111/mms.12885
- Sumner M. D., Wotherspoon S. J., Hindell M. A. (2009). Bayesian estimation of animal movement from archival and satellite tags. *PloS One* 4. doi: 10.1371/journal.pone.0007324

- Symonds M. R. E., Moussalli A. (2010). A brief guide to model selection, multimodel inference and model averaging in behavioural ecology using Akaike's information criterion. *Behav. Ecol. Sociobiology* 65, (1). doi: 10.1007/s00265-010-1037-6
- Votier S. C., Fayet A. L., Bearhop S., Bodey T. W., Clark B. L., Grecian J., et al. (2017). Effects of age and reproductive status on individual foraging site fidelity in a long-lived marine predator. *Proc. R. Soc.* 284, 20171068. doi: 10.1098/rspb.2017.1068

JŪRINĖS PROGNOZĖS SKAITINIO MODELIO PATIKRA

Jovita Mėžinė¹, Rasa Idzelytė¹, Petras Zemlys¹, Georg Umgiesser^{1,2}

¹Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas, Klaipėda, ²CNR – Italijos nacionalinės mokslo tarybos, ISMAR – Jūros mokslų institutas, Venecija, Italija
jovita.mezine@ku.lt

Ivadas. Jūrinė prognozės skaičiavimai – tai mokslo ir technologijų sąveika, apimanti procesus nuo duomenų rinkimo, modelio kūrimo ir patikros iki superkompiuterių galimybių panaudojimo bei rezultatų analizės. Operatyvios prognozės modeliai atlieka skaičiavimus kasdien, o siekiant aukšto tikslumo, prognozės skaičiuojamos ir kelis kartus per parą. Tokie skaičiavimai dar vadinami operaciniais modelio skaičiavimais.

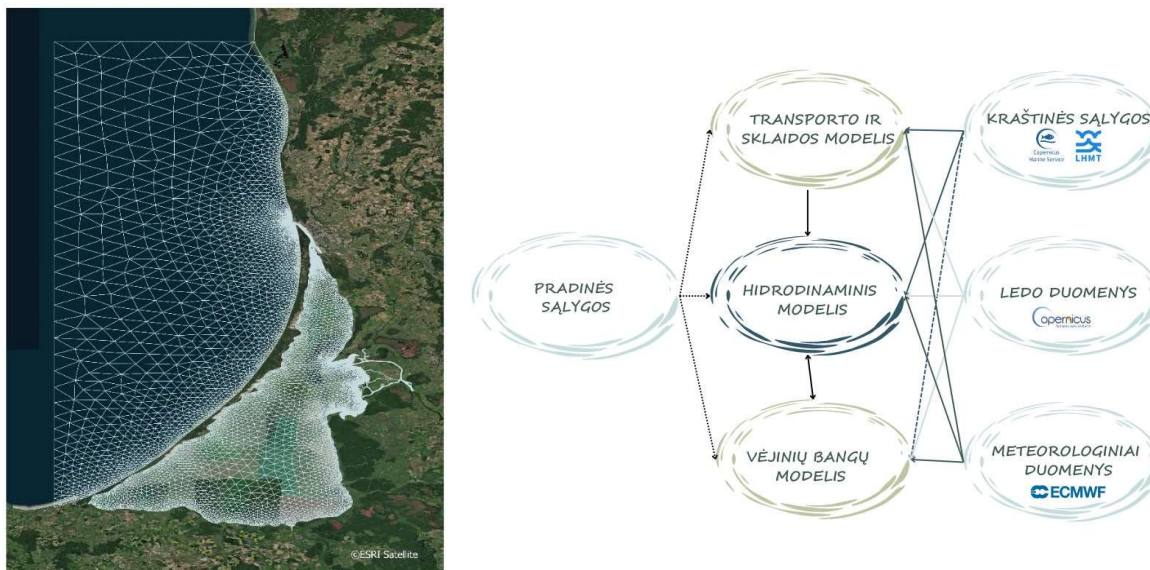
Pirmieji operaciniai modeliai Baltijos jūrai buvo pradėti kurti 1980 m. Hidrodinaminių procesų modeliavimas prasidėjo nuo bangų prognozės modelio WAM (WAMDI, 1988). 1990 m. bangų modeliavimą vykdė danų ir suomių institucijos (She ir Nielsen, 1999; Tuomi, Pettersson ir Kahma, 1999), šiuo metu tai yra Danijos meteorologijos institutas DMI ir Suomijos meteorologijos institutas FMI. Taip pat aktyviai Baltijos operacinį hidrodinaminį modelį nuolat tobulina Švedijos meteorologijos ir hidrologijos institutas SMHI. Pagrindinė bendruomenė vienijanti operacinių modelių kūrimą, vystymą ir viešinimą Baltijos jūroje yra Baltijos jūros operacinė okeanografinė sistema (Baltic Sea Operational Oceanographic System, BOOS), apimanti visas Baltijos jūros šalis (She et al., 2020). Klaipėdos universitetas yra asocijuotas BOOS partneris.

Europos mastu už operacinių modelių duomenis, nemokamų ir atvirų jūrinių duomenų teikimą, paslaugų, gebančių prisidėti prie jūrinės politikos bei mėlynosios ekonomikos įgyvendinimo yra atsakinga Copernicus Marine Service (CMEMS) programa, kurią įgyvendina Mercator Ocean International, remiama Europos Komisijos. Baltijos jūros fizinis analizės ir prognozės (BALTICSEA_ANALYSISFORECAST_PHY_003_006, <https://doi.org/10.48670/moi-00010>) ir Baltijos jūros bangų analizės ir prognozės modelis (BALTICSEA_ANALYSISFORECAST_WAV_003_010, <https://doi.org/10.48670/moi-00011>) yra pagrindiniai visos Baltijos jūros prognozės modeliai, teikiantys 10-ies dienų hidrodinaminių parametrų prognozę. Šių modelių erdvinė raiška yra 2 km, o laiko žingsnis iki 15 min.

2023 m. pabaigoje Klaipėdos universitetas išvystė operacinį hidrodinaminį modelį ir šiuo metu du kartus dienoje skelbia vandens temperatūros, druskingumo, srovių, bangų ir vandens lygio prognozę ateinančioms 5 dienoms. Modelio rezultatai skelbiami viešai – <https://hidroprognozes.ku.lt/>.

Metodai. Operaciniams skaičiavimams naudojamas atviro kodo baigtinių elementų modelis SHYFEM (<https://github.com/georgu/shyfemcm-ismar>), skirtas seklių lagūnų ir priekrantės vandenų tyrimams. Šis modelis pietrytinės Baltijos jūros ir Kuršių marių tyrimams taikomas jau daugiau nei 15 metų (Ferrarin, Razinkovas, Gulbinskas, Umgiesser ir Bliudžiūtė, 2008; Zemlys, Ferrarin, Umgiesser, Gulbinskas ir Bellafiore, 2013; Mėžinė et al., 2019; Idzelytė, Mėžinė, Zemlys ir Umgiesser, 2020). Supaprastinta modelio schema pateikta 1 paveiksle. Modelis apima visas Kuršių marias ir pietrytinę Baltijos jūros dalį (1 pav.) ir skaičiavimus atlieka su kintama erdvine modelio gardele: uosto akvatorijoje ir Nemuno avandeloje rezultatai skaičiuojami 20–250 m žingsniu, o Baltijos jūros priekrantės dalyje raiška svyruoja apie 1–2,5 km. Iš viso skaičiavimo gardelę sudaro 13 517 mazgai ir 23 947 elementai. Skaičiavimams taikoma 3D modelio versija, kuri modelio rezultatus gali pateikti skirtinguose gyliuose: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 18, 25, 35, 50 ir iki 68 m. Šiuo metu pagrindinės yra paviršinio vandens sluoksnio prognozės, tačiau ateityje planuojame teikti ir priedugnio prognozes.

Operacinio modelio skaičiavimams naudojami vienos dienos prieš, einamos dienos ir ateinančių 5 dienų meteorologinių prognozių duomenys. Šiuos duomenis kiekvieną dieną teikia Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba (LHMT) iš Europos vidutinės trukmės orų prognozių centro (ECWMF) modelio. Taip pat LHMT teikia ir Nemuno bei Šešupės, Jūros, Minijos upių debito duomenis. Baltijos jūros kraštinės sąlygos gaunamos iš CMEMS Baltijos jūros fizinio analizės ir prognozės modelio.

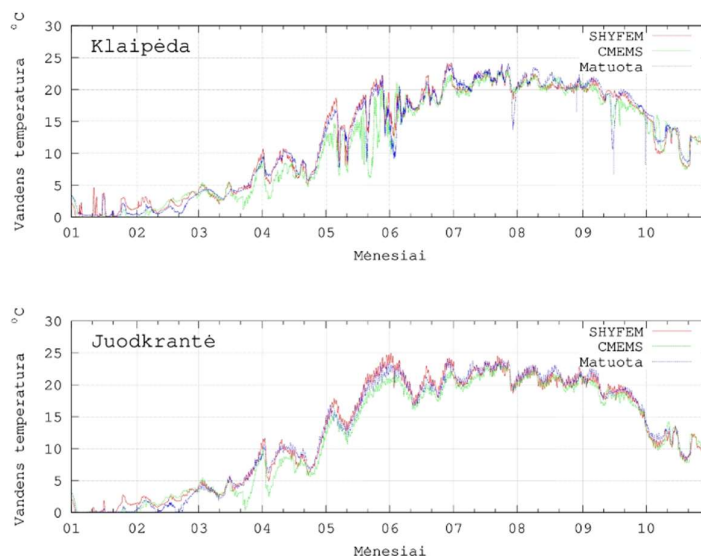


1 pav. Modelio skaičiavimo gardelė (kairėje) ir bendra modelio schema (dešinėje).

Straipsnyje pristatoma 2024 m. sausio–spalio mėn. modeliavimo rezultatų patikra. Patikros metu buvo lyginamos sumodeliuotos ir išmatuotos reikšmės Juodkrantėje ir Klaipėdos sąsiauryje. Palyginimui buvo naudoti Aplinkos apsaugos agentūros (AAA) automatinių stotelių duomenys. Apskaičiuotos pagrindinės statistikos: determinacijos koeficientas (R^2) ir vidutinė kvadratinė paklaida (RMSE).

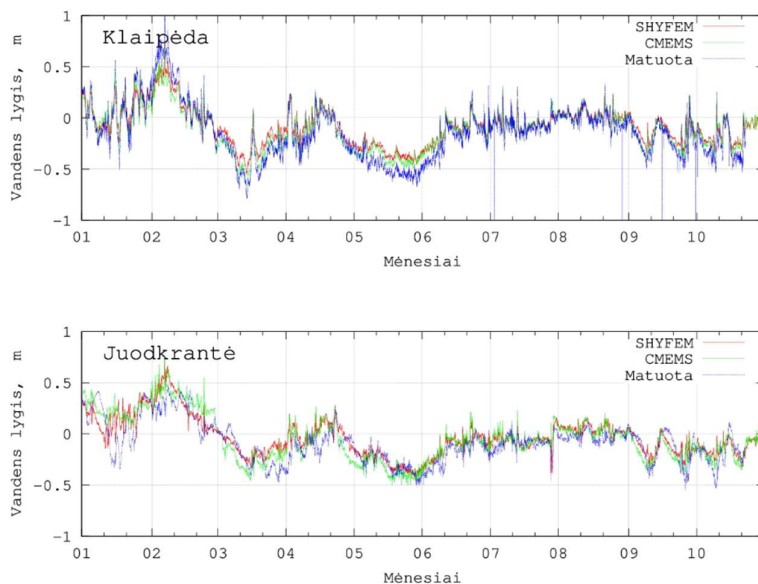
Modelio patikra atlikta AAA Klaipėdos ir Juodkrantės stotelių vietose. Modelio rezultatai buvo lyginami tik pagal pirmąją prognozės parą, t.y. iš einamos dienos skaičiavimo buvo išrinkti ateinančios dienos duomenys, esantys arčiausiai matavimo stoties, ir sujungti į vieną, 2024 m. modeliuotų duomenų patikros laiko eilutę. Modelio patikra buvo atlikta pagal vandens temperatūros, vandens lygio ir druskingumo parametrus.

Rezultatai. Atlikta statistinė analizė rodo, kad yra pasiektas labai aukštas vandens temperatūros modeliutų ir išmatuotų reikšmių sutapimas: Juodkrantėje $R^2 = 0,99$, Klaipėdos stotyje $R^2 = 0,98$. Atitinkamai apskaičiuota vidutinė kvadratinė paklaida Juodkrantėje siekė $1,6^\circ\text{C}$, o Klaipėdoje – $1,23^\circ\text{C}$. 2 paveiksle pateikiame išmatuotų ir sumodeliuotų temperatūros reikšmių palyginimą. Taip pat paveiksluose pateikiame ir palyginimą su Copernicus Jūros Tarnybos (*angl.* Copernicus Marine Service, CMEMS) Baltijos jūros fizikinio modelio duomenimis, esančiais arčiausiai matuotų taškų.



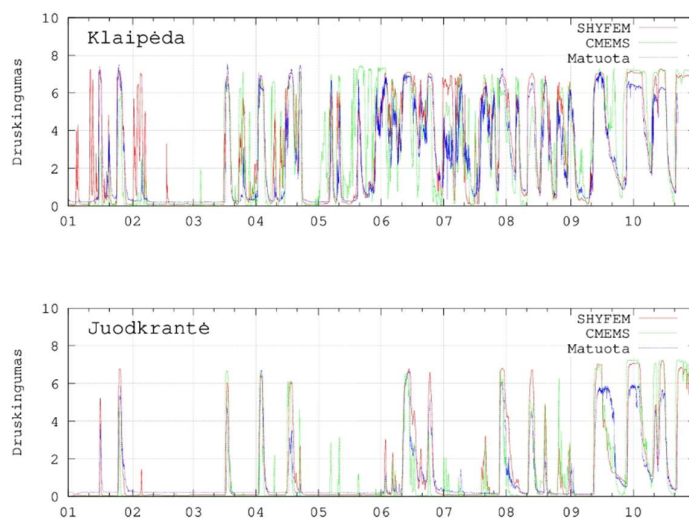
2 pav. Matuotos ir modeliutų vandens temperatūrų palyginimas.

Vandens lygis tiksliai prognozuojamas Klaipėdos sąsiauryje (3 pav.). Čia determinacijos koeficientas lygus 0,93, RMSE = 0,1 m. Tačiau ties Juodkrante vandens lygio prognozė yra žemesnė ir susijusi su galimomis paklaidomis Nemuno debito prognozavime bei matavimo sensoriaus vieta, kuri nėra tiksliai atspindėta taikomoje modelio gerdelėje. Ties Juodkrante vidutinė kvadratinė paklaida vandens lygiui yra 0,17 m.



3 pav. Matuoto ir modeliuotų vandens lygių palyginimas.

Kuriant operacinį modelį ir atliekant skaičiavimus kiekvieną dieną, ties Juodkrante buvo pasiekta 0,81 R^2 reikšmė ir 0,8 Klaipėda. Atitinkamai RMSE lygūs 0,9 Juodkrantėje ir 1,29 Klaipėdoje. 4 paveiksle pateikiame matuotų ir modeliuotų reikšmių palyginimą.



4 pav. Matuoto ir modeliuotų druskingumų palyginimas.

Rezultatų aptarimas. Vandens temperatūra ir vandens lygis visuose mūsų kurtuose modeliuose siekia aukštas determinacijos reikšmes, virš 0,95, tačiau druskingumas – sudėtingiausiai aprašomas parametras, priklausantis nuo daugelio hidrodinaminių savybių, todėl jo tikslumas dažniausiai svyruoja apie 0,7–0,75. Operacinio modelio konfigūracija leido pasiekti aukštesnes reikšmes lyginant su ankstesnėmis Zemlys et al. (2013), Umgiesser et al. (2016) ir Mėžinė et al. (2019) studijomis.

Klaipėdos universitete kuriamas modelis yra aukštesnės rezoliucijos nei bendras Baltijos jūros modelis. Lyginant dviejų modelių rezultatus, galima pastebėti, kad SHYFEM modelis tiksliau prognozuoja vandens temperatūrą ir druskingumą, kai tuo tarpu vandens lygio prognozė yra panaši.

Išvados. Klaipėdos universiteto modelis yra tinkamai sukalibruotas ir teikia aukšto lygio prognozę Klaipėdos sąsiauriui ir Kuršių marioms. Taip pat lyginant SHYFEM modelio ir CMEMS modelių reikšmes, matyti, kad aukštesnės rezoliucijos ir į vietinę sistemą orientuotas modelis leidžia tiksliau aprašyti ir prognozuoti hidrodinaminius parametrus, nei bendras visos Baltijos jūros modelis.

Literatūra

- Ferrarin C., Razinkovas A., Gulbinskas S., Umgiesser G. & Bliūdžiūtė, L. (2008). Hydraulic regime-based zonation scheme of the Curonian Lagoon. *Hydrobiologia*, 611, p. 133–146.
- Idzleytė, R., Mėžinė, J., Zemlys, P. & Umgiesser, G. (2020). Study of ice cover impact on hydrodynamic processes in the Curonian Lagoon through numerical modeling. *Oceanologia*, 62(4), 428–442. <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2020.04.006>
- Mėžinė, J., Ferrarin, C., Vaičiūtė, D. (2019). Sediment transport mechanisms in a lagoon with high river discharge and sediment loading. *Water*, 10(11), art. no 1970. <https://doi.org/10.3390/w11101970>
- She, J., & Nielsen, J. W., 1999. Operational Wave Forecasts Over Baltic and North Sea. Scientific Report 99-7, *Danish Meteorological Institute*, Copenhagen, Denmark.
- She, J., Markus Meier HE, Darecki M., Gorringe, P., Huess, V., Kouts, T., Reissmann, J.H. & Tuomi, L. (2020). Baltic Sea Operational Oceanography – A Stimulant for Regional Earth System Research. *Front. Earth Sci.*, 8. <https://doi.org/10.3389/feart.2020.00007>
- Tuomi, L., Pettersson, H., & Kahma, K. (1999). Preliminary Results From the WAM Wave Model Forced by the Mesoscale EUR-HIRLAM Atmospheric Model. MERI – Report series of the *Finnish Institute of Marine Research* 40, 19–23.
- Umgiesser, G., Zemlys, P., Erturk, A., Razinkova-Baziukas, A., Mėžinė, J. & Ferrarin, C. (2016). Seasonal renewal time variability in the Curonian Lagoon caused by atmospheric and hydrographical forcing. *Ocean Science*, 12, 2043–2072. <https://doi.org/10.5194/os-12-391-2016>
- Zemlys P., Ferrarin C., Umgiesser G., Gulbinskas, S. & Bellafore, D. (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. <https://doi.org/10.5194/os-9-573-2013>
- WAMDI, (1988). The WAM model - A third generation ocean wave prediction model. *J. Phys. Oceanogr.* 18, 1775–1810. [https://doi.org/10.1175/1520-0485\(1988\)018<1775:TWMTGO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0485(1988)018<1775:TWMTGO>2.0.CO;2)

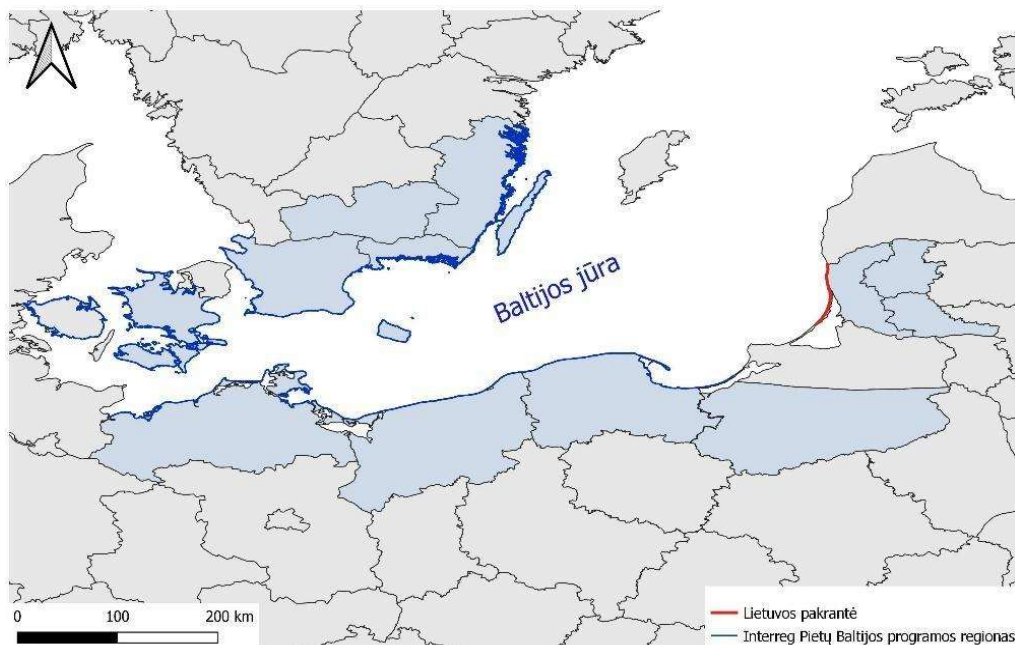
ORGANINIŲ ŠAŅAŠŲ KARTOGRAFAVIMAS LIETUVOS KRANTO ZONOS PAPLŪDIMIUOSE PRITAIKANT NUOTOLINIUS TYRIMO METODUS

Miglė Mockutė¹, Edvinas Tiškus¹, Olga Anne², Jonas Gintauskas¹, Daniela Glück³, Hendrik Schubert³, Cintia Organo Quintana⁴, Piotr Rybarczyk⁵, Danutė Karčauskienė⁶, Emma Ljungberg⁷

¹Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas, Klaipėda, ²Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakultetas, Klaipėda, ³Rostoko universitetas, Rostokas, Vokietija, ⁴Pietų Danijos universitetas, Odense, Danija, ⁵Gdanskio technikos universitetas, Gdanskas, Lenkija, ⁶Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centras, Kėdainiai, ⁷Skanės tvari plėtra, Skanė, Švedija.
miglė.mockute@ku.lt

Įvadas. Paplūdimio organinės šašos – tai sankaupos, susidariusios akumuliuojantis įvairioms organinėms medžiagoms. Daugiausia tai irstančios makrodumblių ir jūržolių liekanos (Weinberger et al., 2021). Šios sankaupos yra vertingos ekosistemoms, nes suteikia smulkiems bestuburiams, žinduoliams, ropliams ir pakrantės paukščiams maistą ir buveines. Per dideli tokių šašų kiekiai tampa tarša (Martins et al., 2024). Paprastai paplūdimio organinių šašų stebėseną yra pagrįsta lauko tyrimais, tačiau toks metodas efektyvus tik nedidelėms teritorijoms. Lauko tyrimai reikalauja daug laiko ir žmogiškųjų išteklių. Taip pat šiuo metodu sunku tiksliai įvertinti paplūdimio organinių šašų metines ar sezonines kaitos tendencijas, todėl vis dažniau šiam tikslui pritaikomi nuotoliniai tyrimo metodai (dronai ir palydovai). Palydovinių duomenų pritaikymas gali ne tik papildyti *in situ* tyrimus, bet ir prisidėti prie efektyvesnio pakrančių valdymo (Pan et al., 2022). Šiame tyrime atliekamas paplūdimio organinių šašų Lietuvos pakrantėje kartografavimas bei įvertinamas kartografavimo nuotoliniais metodais tikslumas.

Metodai. Paplūdimio organinių šašų kartografavimas iš palydovinių duomenų atliktas visai Lietuvos Baltijos jūros pakrantei (90.6 km) (1 pav.). Tyrime analizuotas 5 metų laikotarpis (nuo 2020 rugsėjo 1 d. iki 2024 rugsėjo 30 d.). Iš viso išanalizuotos 1490 dienų palydovinės nuotraukos. Detalesnė organinių šašų pasiskirstymo analizė atlikta dalyje Šventosios paplūdimio. Kartografavimas atliktas su Python ir „QGIS“.

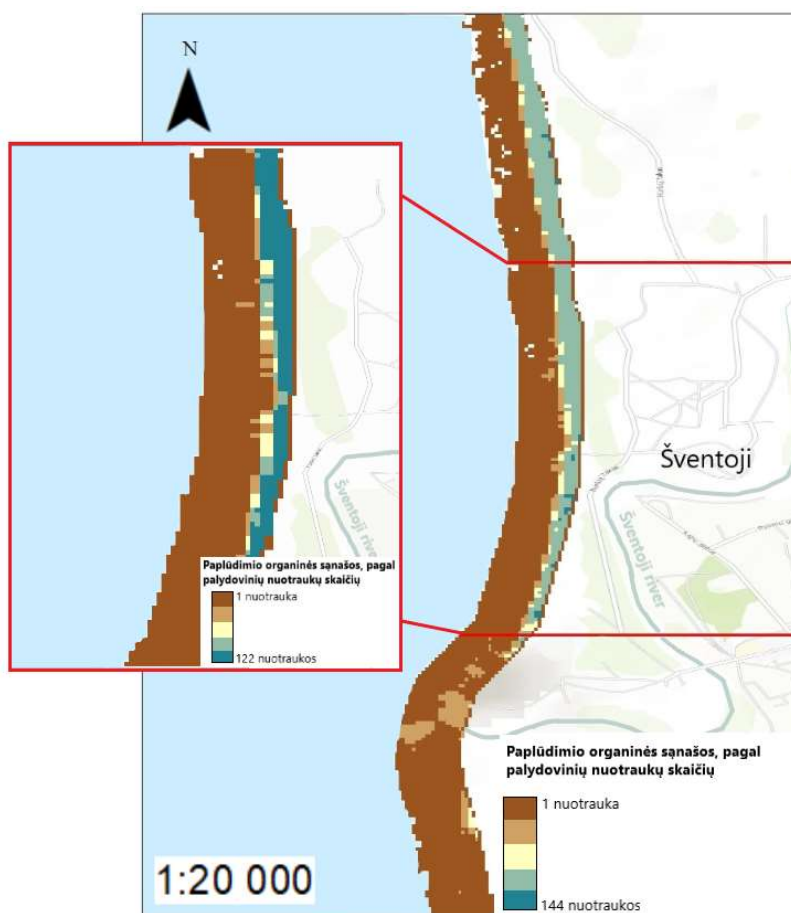


1 pav. Tyrimo vieta.

Kartografavimui naudojami „Sentinel-2“ „MSI“ jutiklio (multispektrinio instrumento) optiniai vaizdai. Jis fiksuoja atspindžius 13-oje spektrinių juostų, veikia regimajame ir trumpųjų infraraudonųjų bangų spektre, jo laikinė raiška vidutinėse platumose – 2–3 dienos (European space agency, n.d.). Buvo naudojami vaizdai, kurių erdvinė skiriamoji geba yra 10 metrų. Renkantis palydovinę nuotrauką buvo svarbu atsižvelgti į debesuotumo faktorių, todėl naudojami tik vaizdai, kuriuose debesuotumas buvo mažesnis nei 15 %. Atrinktoms palydovinėms nuotraukoms buvo atlikta atmosferinė korekcija.

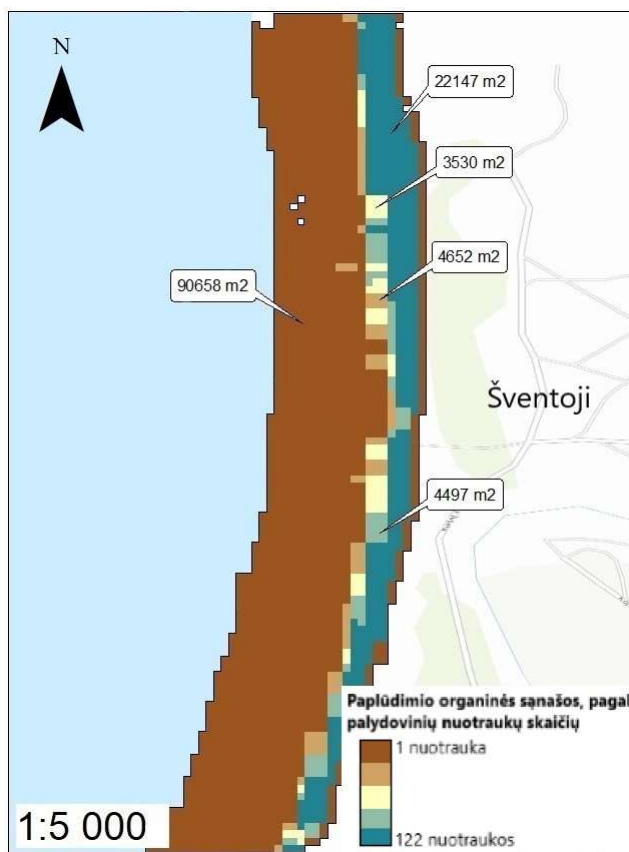
Siekiant įvertinti organinių sąnašų kartografavimo nuotoliniais metodais tikslumą, buvo panaudoti „ESMIC“ projekto stebėsenos duomenys. Šio projekto metu keturiuose Lietuvos pakrantės paplūdimiuose (Šventoji, Karklė, Palanga ir Melnragė) 2020–2022 metais buvo stebima, kuriomis dienomis organinės sąnašos buvo randamos paplūdimyje. Stebėjimams naudotas dvinaris metodas (t. y. organinių sąnašų paplūdimyje yra/nėra). Remiantis surinkta informacija, šiame tyrime buvo palyginta, ar organinių sąnašų aptikimas iš palydovinių duomenų sutapo su tos pačios dienos organinių sąnašų *in situ* aptikimu. Iš viso palyginimui naudota 30-ies atsitiktinių dienų stebėjimai. Paplūdimio organinių sąnašų aptikimo nuotoliniais metodais tikslumas įvertintas procentais, pagal teisingų sąnašų aptikimo/neaptikimo atvejų skaičių (2020–2022 metų laikotarpiu).

Rezultatai ir apibendrinimas. Tiriamuoju laikotarpiu paplūdimio organinės sąnašos Lietuvos paplūdimiuose buvo aptiktos 160-yje palydovinių nuotraukų (žr. interaktyvus žemėlapis). Šventosios paplūdimyje – 144-iose nuotraukose (2 pav.) Daugiau organinių sąnašų Šventosios paplūdimyje susikaupė toliau nuo jūros. Aplink Šventosios upės žiotis paplūdimio organinės sąnašos buvo aptiktos 50-yje palydovinių nuotraukų. Dažniau jų buvo galima rasti į šiaurę nuo Šventosios upės žiočių. Čia, pasirinktame 1000 m² plote, paplūdimio organinių sąnašų galima aptikti 122-ose to laikotarpio palydovinėse nuotraukose. Rečiau jų fiksuota į pietus nuo Šventosios upės žiočių (organinės sąnašos aptiktos daugiausia 86-iose palydovinėse nuotraukose).



2 pav. Paplūdimio organinių sąnašų pasiskirstymas tiriamu laikotarpiu 1000 m² ruože Šventojoje.

Paplūdimio organinės sąnašos Lietuvoje dažniausiai buvo fiksuotos Šventosios paplūdimyje ir teritorijoje nuo Šventosios iki Latvijos sienos, taip pat ties Klaipėdos pietiniu molu, Smiltynės paplūdimyje bei paplūdimiuose aplink Juodkrantę ir Pervalką. Organinių sąnašų tiriamuoju laikotarpiu išvis nefiksuota paplūdimio ruože nuo Karklės iki Palangos ir nuo Preilos paplūdimio iki Rusijos sienos. Bendras paplūdimių plotas, kurį 2020–2024 metų laikotarpiu užėmė paplūdimio organinės sąnašos, siekia 1425281 m², o vidutinis plotas per metus – 285056 m². Bendras organinių sąnašų plotas 1000 m² paplūdimio ruože Šventosios paplūdimyje buvo 125484 m² (3 pav.). Didžiausią plotą užėmė organinės sąnašos, fiksuotos mažiau nei 17-oje palydovinių nuotraukų.



3 pav. Paplūdimio organinių sąnašų užimamas plotas 1000 m² ruože tiriamuoju laikotarpiu.

Detalesnė informacija apie paplūdimio organines sąnašas visame Lietuvos paplūdimyje pateikta **interaktyviame žemėlapyje:** <https://shorturl.at/DLv6p> (žiūrėti: Lithuania_beach_wrack.html). Detalesnė informacija apie visos Pietų Baltijos teritorijos krantų charakteristikas pateikta „ECONUT“ projekto ataskaitoje (Anne et al., 2024).

1 lentelė. Paplūdimio organinių sąnašų aptikimo palyginimas Lietuvos paplūdimiuose. * 144 – minimuose paplūdimiuose išanalizuotų palydovinių nuotraukų skaičius; ** 30 – palyginimui naudotas dienų skaičius.

Paplūdimys	Palydovinių nuotraukų skaičius, kai jose aptiktos organinės sąnašos*	Palydovinių nuotraukų skaičius, kai organinių sąnašų aptikimas/neaptikimas palydovu sutapo su <i>in situ</i> stebėseną**	Sutapimas procentais
Melnragė	10/144	15/30	50%
Karklė	11/144	16/30	53%
Palanga	4/144	22/30	73%
Šventoji	123/144	21/30	70%

Paplūdimio organinių sąnašų aptikimo tikslumas keturiuose tirtuose paplūdimiuose skyrėsi (1 lentelė). Tiksliausiai organinės sąnašos nustatytos Palangoje ir Šventojoje, kur tikslumas atitinkamai siekė 73 % ir 70 %. Prasčiausiai organinės sąnašos iš palydovo nustatytos Melnragėje ir Karklėje, kur aptikimo tikslumas atitinkamai siekė 50 % ir 53 %.

Atliktas tyrimas atskleidžia palydovinių vaizdų panaudojimo galimybes paplūdimio organinėms sąnašoms kartografuoti. Nuotolinių metodų organinių sąnašų aptikimo palyginimas su *in situ* aptikimu parodė, kad Lietuvos krantams buvo pasiektas vidutinis paplūdimio organinių sąnašų aptikimo tikslumas. Šio tyrimo

rezultatai leidžia identifikuoti organines paplūdimio sąnašas dideliu masteliu ir efektyviau įvertinti jų pasiskirstymą. Gauti rezultatai suteikia informacijos ir apie didžiausias organinių sąnašų akumuliacijos vietas Lietuvos pakrantėje. Kartografavimas buvo atliktas, vykdant Interreg VI-A Pietų Baltijos projektą „Ekologinis projektavimas pakrantės zonos maistinių medžiagų cirkuliacijai“ (angl. *Eco-designing for the coastal zone nutrient's circularity, ECONUT*).

Padėka. Autoriai dėkoja ES Interreg VI-A Pietų Baltijos bendradarbiavimo per sieną programos 2021–2027 projektui Nr. STHB.02.03-IP.01-0004/23 *Eco-designing for the coastal zone nutrient's circularity (ECONUT)* už finansinę paramą.

Lauko tyrimų duomenys buvo surinkti įgyvendinant ESMIC “Estimation, monitoring and reduction of plastic pollutants in Latvian-Lithuanian coastal area via innovative tools and awareness raising” (No: LLI-525) projektą, finansuotą Europos Sąjungos pagal Interreg V-A Latvijos-Lietuvos 2014–2020 m. programą.

Literatūra

- Anne, O., Faidušienė, R., Karčauskienė, D., Mockevičienė, I., Rybarczyk, P., Thelander, H., Ljungberg, E., Schubert, H., Glück, D., Quintana, C. O., Olsen, B. W. Mapping of coastal zone areas of nutrient concentration and biomass sampling. Interreg South Baltic Programme 2021-2027, Econut project, deliverable 2.2, 2024
European Space Agency n.d. Žiūrėta kovo 4, 2023 (<https://www.esa.int/>)
- Kalvaitienė, G., Bučas, M., Vaičiūtė, D., Balčiūnas, A., Gyraitė, G., Kataržytė, M. (2024). Impact of beach wrack on microorganisms associated with faecal pollution at the Baltic Sea sandy beaches. *Science of The Total Environment*, 918, 170442. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170442>
- Martins, M., Sousa, F., Soares, C., Sousa, B., Pereira, R., Rubal, M., Fidalgo, F. (2024). Beach wrack: Discussing ecological roles, risks, and sustainable bioenergy and agricultural applications. *Journal of Environmental Management*, 356, 120526. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120526>
- Pan, Y., Ayoub N., Schneider-Kamp, P., Flindt, M., & Holmer, M. (2022). Beach wrack dynamics using a camera trap as the real-time monitoring tool. *Frontiers in Marine Science*, 9, 813516. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.813516>
- Weinberger, F., Sundt, S., Staerck, N., Merk, C., Karez, R., Rehman, K. (2021). Shifting beach wrack composition in the SW Baltic Sea and its effect on beach use. *Ecology and Society*, 26(4), Art-Nr. <https://dx.doi.org/10.5751/ES-12759-260443>

ĮDOMŲS REIŠKINIAI PAJŪRYJE

Judita Navašinskienė

Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba prie Aplinkos ministerijos, Vilnius
judita.navasinskiene@gmail.com

Vietovės klimato pažinimas vyksta analizuojant klimatą formuojančius procesus, išskiriant klimato ypatybes, anomalijas ir reiškinius (Galvonaitė, Misiūnienė, Valiukas ir Buitkuvienė, 2007). Lietuvos teritorija nėra didelė, vis dėlto pajūris išsiskiria stipresniais vėjais ir audromis, aukščiausia vidutine metine oro temperatūra, daugiausia saulėtų dienų ir ilgiausia saulės spindėjimo trukme, bet ir įdomiais reiškiniais, kurie stebimi tik pajūryje arba dažnesni pajūryje. Tai jūros garavimas, nuopūta, apvelingas, brizas, miražas, žaliasis spindulys.

Jūros garavimas, kaip ir rūko atsiradimas yra siejamas su atšalimo procesais. Jūros garavimas susijęs su labai stipriu atvėsimu, kai oro temperatūra nukrenta žemiau minus 10–15 °C šalčio. Jūros garavimas stebimas ne kiekvienais metais ir tik šaltuoju laikotarpiu. Kadangi jūros garavimas yra lokalus reiškinys, tai ir ne visada fiksuojamas. Labai sunku įvertinti jo intensyvumą ir erdvinį pasiskirstymą.

Jūros nuopūta susidaro, kai ilgesnį laikotarpį (15–20 dienų) pučia rytinių kryptių vėjai. Mūsų priekrantėje tai gan retai pasitaikantis įdomus reiškinys. Mūsų regione vyraujant anticiklonui ir pučiant pastoviems rytinių kryptių vėjams jūros vandens lygis nukrenta iki 0,5–0,7 metro, tai labai daug. Laikoma – vandens lygiui nukritus 1 cm (priklausomai nuo kranto nuolydžio) atsidengia 1 metro ilgio krantas. Ryškiai praplatėja paplūdimys, išnyra salelės, o prie Olando kepurės skardžio gulintys plaukuoti akmenys. 2024 metų kovo mėnesį fiksuota stipri nuopūta.

Apvelingas (išnyris) – tai dideliuose vandens telkiniuose pasitaikantis reiškinys – šaltų gelmių vandens iškilimas į paviršių priekrantėje (Žaromskis, 1996). Kiekvienais metais vasarą vandens paviršius išyla iki 15–20 metrų gylio, po kuriuo eina temperatūrinis šuolis ir gerokai vėsesnis apatinis sluoksnis. Pučiant ilgesnį laiką (3–5 d.) šiaurės, šiaurės rytų, rytų, pietryčių vėjams – šiltas paviršinys vanduo nupučiamas toliau nuo kranto, o giliau esantis šaltas vanduo pakyla. Dar vakar vandens temperatūra buvo 20–22 °C, o jau ryte 10–12 °C ir žemesnė. Pirmiausia apvelingas fiksuojamas pakrančių stotyse, o sinoptinei situacijai nesikeičiant ir rytinių kryptių vėjams pučiant ilgesnį laikotarpį, apvelingo zona gali išplisti ir keliasdešimt kilometrų į vakarus. Apvelingo metu nukritus vandens temperatūrai dažnai stebimi apvelinginiai rūkai, dažniausiai liepos – rugpjūčio mėnesiais.

Brizas (*pranc. brise* – silpnas vėjas) – du kartus per parą keičiantis kryptį ir pučiantis jūrų, didžiųjų ežerų pakrantėse. Dieną sausuma išyla labiau ir greičiau negu vandens telkinys ir virš jos susidaro žemesnis slėgis. Todėl jūros brizas (dienos brizas) pučia nuo vandens telkinio į sušilusį krantą. Naktį vyksta priešingas procesas, kuomet vėjas pradeda pūsti nuo kranto link vandens telkinio, vadinamas sausumos brizu. Baltijos jūros pakrantėje šiltuoju metų laiku, esant giedram orui, dėl susidariusių temperatūros kontrastų tarp sausumos ir jūros susiformuoja brizinė situacija – vėjas du kartus per parą keičia kryptį. Dieną vėjas pučia nuo jūros į sausumą, o naktį iš sausumos į jūrą. Tačiau dėl vyraujančios vakarų krypties oro masių pernašos, dėl mažų temperatūros skirtumų tarp jūros ir sausumos paviršių atsiranda tik silpnų brizų susidarymo sąlygos, ypač naktį. Aukščiausia oro temperatūra pučiant brizui pajūryje būna iki vidurdienio arba vakare. Oro temperatūros svyravimo amplitudė brizo metu priklauso nuo jūros vandens temperatūros ir saulės spindėjimo trukmės.

Miražas – optinis atmosferos reiškinys, žemės paviršiaus objektų (pastatų, medžių, laivų ir kita) atspindys, dažnai padidintas, smarkiai iškreiptas ir dėl šviesos lūžimo nesutampantis su tikrąja objekto padėtimi erdvėje (Rimkus, 1998). Miražas būna viršutinis, apatinis, šoninis ir sudėtingasis. Viršutinis miražas susidaro, kai virš atvėsusio sausumos ar jūros paviršiaus tvyro šiltesnio oro sluoksnis, kuriame spinduliai, sklindantys nuo žemės paviršiaus objektų, atspindi lyg veidrodyje. Apatinis miražas susidaro ramiais saulėtais orais, kai didėjant aukščiui staigiai krinta oro temperatūra. Šiuo atveju oro veidrodžiu būna įsilęs plonas priežemio oro sluoksnis (pvz., virš įkaitusio smėlio ar asfalto). Šoniniai miražai pasireiškia įkaitintų sienų ar uolų šonuose. Sudėtingasis miražas atsiranda, kai vienu metu susidaro palankios sąlygos ir viršutiniam, ir apatiniam miražui, pvz., esant ryškiai temperatūros inversijai tam tikrame aukštyje virš palyginti šilto jūros paviršiaus. Sudėtingasis miražas, dar vadinamas „fata morgana“, susidaro, kai atmosferoje kaitaliojasi keletas skirtingo tankio oro sluoksnių. Tuomet prie horizonto matomi to paties objekto atspindžiai yra skirtingo dydžio, persidengia, juda, keičiasi ir sudaro neįprastą reginį.

Nepaisant mirażo pasirodymo vietos ir laiko, pasaulyje esama vietų, kuriuose mirażai matomi dažniau nei bet kur kitur: Mirażai dažnai aplanko Kinijos pakrantes. Mirażų čempionai yra Afrikos dykumos, Aliaska ir Baltijos jūra. Afrikos dykumose sąlygos atsirasti mirażams pačios geriausios. Aliaskoje – sniegas tai pat sudaro mirażo susidarymo galimybę. Baltijos jūra nuo seno garsėja laivais vaiduokliais.

Raudonos vaivorykštės susidarymo procesas yra toks pat kaip ir įprastos vaivorykštės (t. y. šviesos atspindys ir (arba) lūžis vandens lašeliuose), skirtumas tas, kad vienspalvei vaivorykštei reikia, kad saulė būtų arti horizonto, t. y. netoli saulėtekio arba saulėlydžio.

Dažniausiai jos pasirodo saulei tekant arba leidžiantis. Klaipėdoje ji pasirodė ryte po saulėtekio.

Žaliasis spindulys, optinis atmosferos reiškiny, matomas Saulei leidžiantis arba tekant, kai virš horizonto kyšo tik Saulės disko kraštelis (Bukantis, 2014). Pasirodo tik labai skaidriame ore virš jūros arba kalnuose. Trukmė – kelios sekundės. Žaliasis spindulys Lietuvos platumose stebimas vieną ar dvi sekundes. Ilgiausiai žaliasis spindulys matomas per vasaros ir žiemos saulėgrįžas, kai saulė labiausiai nutolusi į šiaurę ir į pietus nuo dangaus pusiaujo. Saulei leidžiantis už horizonto spalvos greitai keičia viena kitą – raudona, oranžinė, geltona ir paskutiniu akimirksniu – smaragdinė (žaliasis spindulys).

Kai kurie reiškiniai pasižymi tam tikrais sezoniniais dėsningumais. Brizas pavasarį – vasarą, apvelingas ir mirażas vasarą, jūros garavimas žiemą.

Literatūra

- Bukantis, A. (2014). Kas užlopys dangų, Vilnius.
Galvonaitė, A., Misiūnienė M., Valiukas D. & Buitkuvienė M.S. (2007). Lietuvos klimatas, Vilnius.
Rimkus, E. (1998). Meteorologijos pagrindai, Vilnius.
Žaromskis, R. (1996). Okeanai, jūros, estuarijos. Vilnius.

BIOLOGINĖS INVAZIJOS BALTIJOS JŪROJE: MITAI IR REALYBĖ

Sergej Olenin

Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas, Klaipėda
sergej.olenin@ku.lt

Ivadas. Invazijų biologija kaip mokslas prasidėjo XX amžiaus 6-ajame dešimtmetyje, kai britų zoologas ir ekologas Čarlzas Eltonas (Charles Elton) paskelbė pirmąjį sisteminį gyvūnų ir augalų invazijų ekologijos apibendrinimą (Elton, 1958). Baltijos jūros regione invazijų biologijos pamatus padėjo Suomijos jūrų biologo Erkki Leppäkoski straipsnis, kuriame jis apžvelgė 35 nevietinių rūšių introdukcijų į Baltijos jūrą aplinkybes, apibūdino šį procesą kaip nepageidaujamą Baltijos jūros biotos užteršimą svetimais elementais, tačiau kartu paminėjo, kad šis dirbtinis, antropogeninis rūšių įvairovės didinimas („imigracija su žmogaus pagalba“) suteikia besitęsiantį jūros atsigavimą po didelio rūšių skaičiaus sumažėjimo, kurį sukėlė paskutinis apledėjimas ir vėlesnės Baltijos jūros vystymosi fazės (Leppäkoski, 1984).

Dabar jau akivaizdu, kad bet kuri biologinė invazija gali būti laikoma eksperimentu, dažniausiai nepageidaujamu, kartais – suplanuotu, ir daug gamtos mokslų disciplinų dalyvauja jų tyrime. XXI amžiaus trečiajame dešimtmetyje biologinių invazijų tyrimas tapo tarpdalykine sritimi, apimančia tiek fundamentalius, tiek taikomuosius tyrimus, ne tik gamtos, bet ir technologijų bei socialinių mokslų srityse. Biogeografija, pavyzdžiui, tiria svetimų rūšių kilmę, jų perkėlimo ir apgyvendinimo naujose teritorijose procesus; ekofiziologija nagrinėja svetimų rūšių fiziologinių prisitaikymų naujose buveinėse procesus; funkcinė ekologija – invazijų vaidmenį trofodinaminėse pokyčiuose ekosistemose ir naujų buveinių formavime (Olenin et al., 2017). Iš esmės, biologinių invazijų tyrimas leidžia geriau suprasti procesus, vykstančius populiacijų, bendrijų ir ekosistemų lygmenyse, ir taip praturtina teorinę ekologiją.

Ne mažiau svarbūs yra taikomieji biologinių invazijų tyrimo aspektai, susiję su nepageidaujamais invazinių rūšių sukeliama aplinkos pokyčiais, neigiamu poveikiu ūkinei veiklai ir žmonių sveikatai. Šiose studijose dalyvaujančių mokslų spektras yra ypač platus: nuo gamtosaugos biologijos ir aplinkos teisės iki ekoinformatikos, aplinkos ekonomikos ir inžinerinių technologijų (Olenin, Minchin, 2017).

Nepaisant spartaus invazinės ekologijos vystymosi, o galbūt būtent dėl jo, pastaraisiais metais vis dažniau išsakomi priešingi požiūriai į tyrimo problematiką ir reiškiami raginimai peržiūrėti koncepcijas ir principus, kuriais remiantis turėtų būti kuriama svetimų rūšių valdymo strategija. Kitaip tariant, invazijų biologijoje vyksta paradigmos kaita (Olenin et al., 2024).

Šio straipsnio tikslas – nustatyti dabartinius pokyčius biologinių invazijų tyrimų srityje ir pasistengti suprasti jų reikšmę šios mokslo disciplinos raidai, pasitelkiant Baltijos jūros pavyzdį.

Kas yra „svetimas“ ir kas ne? Šiuo metu Baltijos jūroje žinoma 229 nevietinės rūšys, iš kurių 75 išplito XXI amžiuje (AquaNIS, 2025). Šiame sąrašė yra rūšių, kurios neabejotinai buvo introdukuotos žmogaus pagalba, pavyzdžiui, Ponto-Kaspijos mizidės (*Hemimysis anomala*, *Limnomysis benedeni* ir *Paramysis lacustris*) bei šoniplaukos (*Chaetogammarus ischnus*, *Chaetogammarus warpachowskyi*, *Chelicorophium curvispinum*, *Obesogammarus crassus* ir *Pontogammarus robustoides*), kurios buvo įveistos į Lietuvos vandenį XX a. 7-ojo dešimtmečio pradžioje (Arbaciauskas, 2002).

Tačiau sąrašė yra ir tokių rūšių, kurių kilmė neaiški. Pavyzdžiui, smėlinė mija (*Mya arenaria*), kuri, kaip manoma, buvo atvežta iš Šiaurės Amerikos vikingų (Petersen et al., 1992), arba zebrinė kriauklė (*Dreissena polymorpha*). Ilgą laiką manyta, kad pastaroji rūšis atkeliavo į Rytų Baltijos pakrantę XIX a. pradžioje per kanalus, jungiančius upių intakus, įtekančius į Juodosios ir Baltijos jūrų baseinus (pvz. Karatayev et al., 1997). Tačiau šį požiūrį ginčija geologiniai tyrimai, atlikti Kuršių ir Vyslos nerijose bei mariose. Radioaktyviosios anglies analizės metodu nustatyta, kad *D. polymorpha* kriauklių amžius yra senesnis nei 1000 metų (Buynevich et al., 2011).

Be abejo, kuo giliau į praeitį, tuo sunkiau nustatyti, ar rūšis atkeliavo su žmogaus pagalba, ar įsikūrė šioje aplinkoje priešistoriniais laikais. Dabar, didėjant susidomėjimui biologinėmis invazijomis, daugelis šalių pradėjo vykdyti svetimų rūšių monitoringą, o mokslininkai lyg varžosi, kas greičiau atras naują rūšį. Dėl to tokių rūšių nevietinę kilmę galima nustatyti žymiai tiksliau, nors net ir pastaraisiais dešimtmečiais nevietinės rūšies buvimas dažnai likdavo nepastebėtas, kol ji netapdavo gausi ir/ar nesukeldavo problemų. Tiksliai nustatyti tokios introdukcijos aplinkybes gali būti sudėtinga taip pat ir dėl neišsamios taksonominės žinių bazės tuo metu, kai rūšis pateko į naują ekosistemą. Pavyzdžiui, daug taksonominės painiavos Baltijos jūros regione kilo dėl daugiašerių *Marenzelleria* rūšių bei amerikinio šukuočio *Mnemiopsis leidyi*, kol nebuvo panaudoti molekuliniai metodai (Blank et al., 2008, Gorokhova et al., 2009). Tačiau šie tyrinėjimai taip ir liktų tik akademinio, biogeografinio mokslo dalimi, jei ne rimtos pasekmės, kurias gali sukelti biologinės invazijos.

Biologinė kontaminacija, biologinė tarša ir poveikių prioretizavimas. Neigiamas biologinių invazijų poveikis aplinkai, ekonominei veiklai ir net žmonių sveikatai jau seniai įrodytas daugybe tyrimų, pradedant Č. Eltono (1958) knyga. Per pastaruosius dešimtmečius invazinės svetimos rūšys atkreipė politikų ir aplinkosaugos valdytojų dėmesį, todėl buvo sukurti tarptautiniai, regioniniai ir nacionaliniai teisės aktai, skirti kovoti su šiuo reiškiniu (pvz., ES, 2014). Tačiau toli gražu ne visos rūšys, patekusios į naują aplinką, yra žalingos (Davis, 2009), todėl siūloma atskirti nevietinių rūšių plitimą (biologinę kontaminaciją) nuo biologinės taršos (Olenin et al., 2024).

Biologinė kontaminacija (angl. *biocontamination*) – tai žmogaus sukeltas svetimų rūšių introdukavimas į naują aplinką, nepriklausomai nuo to, ar šios rūšys daro apčiuopiamą žalą natūraliai aplinkai ir žmonių gerovei.

Biologinė tarša (angl. *biopollution*) – tai invazinių svetimų rūšių sukeltas neigiamas poveikis, kuris gali lemti vieną ar kelias iš šių pasekmių:

- 1) riziką žmonių sveikatai ir gerovei;
- 2) neigiamas ekonomines pasekmes;
- 3) žalingą poveikį visuomenės gėrybėms ir naudoms, įskaitant galimas kultūrines vertybes, tokias kaip rekreacinė veikla;
- 4) nepageidaujamus aplinkos pokyčius, įskaitant poveikį ekosistemų paslaugoms, atsirandančius dėl įtakos:
 - a) individualiame lygmenyje (pvz., „vidinė biologinė tarša“ dėl parazitų ar patogenų);
 - b) rūšies populiacijos lygmenyje (pvz., populiacijos mažėjimas, genetiniai pokyčiai, tokie kaip hibridizacija, dydžio struktūros pokyčiai);
 - c) bendrijų lygmenyje (struktūriniai ir/arba funkciniai pokyčiai);
 - d) buveinėse (pvz., fizinių-cheminių sąlygų pokyčiai, tokie kaip dugno substrato ar vandens skaidrumo modifikacijos);
 - e) ekosistemose (pvz., energijos ir medžiagų apykaitos bei mitybinių tinklų pokyčiai).

Taigi, kontaminacija, suprantama kaip žmogaus veiklos įneštų medžiagų (šiuo kontekste – naujų, nevietinių rūšių) atsiradimas, neturėtų būti suvokiama su neigiama konotacija (Olenin et al. 2024). Vis dėlto, teisybės dėlei reikia pažymėti, kad Visuotinėje lietuvių enciklopedijoje terminas „kontaminacija“ apibrėžiamas būtent kaip „užteršimas, pvz., žaizdos, kraujo, <...> užkrėtimas patogeninėmis bakterijomis <...> operuojant, perrišant, instrumentinio tyrimo metu“ (VLE, 2025).

Neseniai paskelbtame Europos mokslininkų tyrime dėl invazinių rūšių tvarkymo saugomose teritorijose (Ziller et al. 2020) pabrėžiama, kad gamtos išteklių valdytojams, prižiūrintiems didelius regionus, dažnai kyla iššūkis, kuriai svetimai rūšiai teikti pirmenybę tvarkant aplinką ir atliekant tyrimus. Prioritetų nustatymas yra būtinas dėl laiko, finansinių ir kitų išteklių ribotumo. Dažnai valdytojai priima sprendimus remdamiesi subjektyvia patirtimi, o ne regione patvirtintais duomenimis, todėl trūksta objektyvumo, nuoseklumo ir skaidrumo. Rūšių invaziškumas, buveinių pažeidžiamumas invazijų atžvilgiu ir „įsibrovėlių“ poveikis įvairiose ekosistemose skiriasi, todėl skiriasi ir invazijos rizika (Ziller et al. 2020).

Dėl šios priežasties rūšių prioretizavimas yra itin svarbus, siekiant padėti aplinkosaugos specialistams, įskaitant ir saugomų teritorijų valdytojus, efektyviai investuoti pastangas į biologinių invazijų kontrolę. Tai suteikia geresnes galimybes pasiekti teigiamų rezultatų mažiausiomis įmanomomis sąnaudomis (Ziller et al. 2020).

Invazinių rūšių poveikis priklauso nuo regioninio konteksto. Ta pati rūšis, pavyzdžiui, amerikinis šukuotis (*Mnemiopsis leidyi*), gali sukelti katastrofinių ekosisteminių pokyčius Juodojoje ir Kaspijos jūrose, tačiau Baltijos jūroje jos poveikis gali likti beveik nepastebimas (Lehtiniemi ir kt., 2012). Ekologiniai procesai yra kompleksiški, aplinkos sąlygos skiriasi, ir tai, kas būdinga vienai situacijai, kitoje gali pasireikšti visiškai kitaip.

Dėl šios priežasties būtina kritiškai vertinti bendruosius teiginius apie invazines rūšis, kurie pernelyg dažnai kartojami moksliniuose straipsniuose be patvirtinančių empirinių įrodymų. Tokie teiginiai perrašomi iš vieno straipsnio į kitą, įgaudami plačiai priimtos tiesos („dogmos“) statusą. Pavyzdžiui, teiginį apie tai kad „*Biologinės invazijos yra antra pagal svarbą (po buveinių sunaikinimo) grėsmė biologinei įvairovei visame pasaulyje*“ iš pradžių pateikė Wilsonas (Wilson, 1992, cit. pagal Chew, 2015), remdamasis Havajų salos sausumos aplinkos tyrimais, kur dėl buveinių sunaikinimo ir rudosios gyvatės invazijos smarkiai sumažėjo vietinių paukščių ir driežų fauna. Vėliau daugelis jį nekritiškai citavo kaip teiginį, apimančią visas aplinkas ne tik Havajų salose, bet ir visoje JAV teritorijoje, o vėliau ir pasaulyje (išsamiau žr. Chew, 2015).

Pavyzdžiui, Baltijos jūroje visuotinis aplinkos vertinimas nustatė, kad pagrindinės grėsmės yra eutrofikacija, pavojingų medžiagų tarša, perteklinė žvejyba ir buveinių naikinimas (HELCOM, 2023). Būtent šie veiksniai daro neigiamą poveikį ekosistemai ir prisideda prie biologinės įvairovės būklės blogėjimo

(HELCOM, 2023). Nėra pagrindo teigti, kad dėl invazinių rūšių Baltijos jūroje būtų išnykusi bent viena vietinė rūšis.

Kalbant apie jūrinių rūšių išnykimą, reikia paminėti, kad tai sunkiai apčiuopiamas reiškinys ir tokie tyrimai dar yra pradinėje stadijoje dėl sunkumų gauti patikimus kiekybinius duomenis ir dėl tikslinių studijų stokos. Išskiriami keturi išnykimo tipai (Boero, Gravili, 2013):

- 1) geografinio masto išnykimas (lokalus, regioninis, provincinis – biogeografinėje provincijoje ir globalus);
- 2) ekologinio masto funkcinis išnykimas (pvz., rūšies – ekologinio inžinieriaus praradimas);
- 3) ekonominio masto komercinis išnykimas;
- 4) galutinis išnykimas, kai rūšis nustoja egzistuoti dėl paskutinio jos atstovo mirties.

Baltijos jūros Lietuvos vandenyse yra gerai žinomas funkcinio išnykimo atvejis, kai dėl juodažiočio grundalo (*Neogobius melanostomus*) invazijos ženkliai sumažėjo midijų kolonijos, kurios prarado rifų buveinių formuotojų vaidmenį (Skabeikis et al. 2019), tačiau geografinio masto išnykimo neįvyko – pavieniai moliuskai išliko.

Rūšies kilmė ir valdymo priemonės. Jūrinių invazinių rūšių valdymas yra sudėtingesnis nei sausumos ir gėlo vandens rūšių valdymas dėl žymiai didesnio vandenynų funkcinio sujungtumo. Valdymo priemonių taikymo galimybė priklauso nuo tokių veiksnių kaip techninis įgyvendinamumas, veiksmingumas, socialinis prieinamumas, poveikis vietinėms ekosistemoms ir kaina (Giakoumi et al., 2019). Kai kurios priemonės, pavyzdžiui, biologinė kontrolė naudojant svetimus plėšrūnus, parazitus ar virusines ligas, yra stipriai prieštaraujamos ekspertų ir suinteresuotųjų šalių dėl baimės, kad jos galėtų sukelti negrįžtamą neigiamą poveikį vietinei biologinei įvairovei (1 lent.). Nepaisant mažo tikėtinio veiksmingumo, „švelnios priemonės“, tokios kaip „švietimas ir sąmoningumo didinimas“ arba „aplinkos atstatymas“, bei tiesiog – nieko nedarymas, buvo aukštai įvertintos ekspertų (Katsanevakis et al. 2023).

1 lentelė. Valdymo galimybės kontroliuojant įsikūrusias jūrų invazines rūšis (pagal Katsanevakis et al. 2023)

Priemonių tipas / patarimas
Fizinės priemonės
Fiziškai pašalinkite arba sunaikinkite
Skatinkite tikslinį pašalinimą ir naudojimą komerciniais ar pramoginiais tikslais (išskyrus prekybą gyvais organizmais)
Cheminės priemonės
Naudokite kenkėjams specifinius biocidus, dauginimosi inhibitorius ir kt.
Naudokite taktiškai pritaikytus nespecifinius biocidus
Biologinės / ekologinės priemonės
Reabilituokite aplinką, tikėdamiesi, kad atsparumas SIR* poveikiui padidės
Skatinkite vietinius vartotojus (pvz., plėšrūnus ir žolėdžius), kurie puldų SIR*
Skatinkite vietines ligas ir parazitus, kurie puola SIR*
Taikykite biologinę kontrolę, naudojant svetimus vartotojus
Taikykite biologinę kontrolę, naudojant svetimus parazitus, ligas ir virusus
Naudokite genetiškai modifikuotas vietines rūšis kaip vektorius fiziologiniam SIR* slopinimui.
Genetiškai modifikuokite ligą/virusą, kad padidintumėte patogeniškumą prieš SIR*
Kitos priemonės
Švieskite visuomenę, keldami jos sąmoningumą SIR atžvilgiu
Nedarykite nieko tikėdami, kad problema gali išnykti savaime

*SIR – svetim(a)s invazinė(s) rūšis(ys).

Valdymo priemonių pasirinkimas dažnai grindžiamas skirtingų, neretai prieštarų tikslų derinimu. Jei pagrindinis tikslas yra ekologinis atkūrimas, tinkamesnis gali būti ilgalaikis sprendimas, kuris kelia mažesnę riziką aplinkai. Tačiau jei svarbiausia – ekonominė nauda ar rizikos žmonių sveikatai pašalinimas, gali būti pasirinkta greitesnė, bet didesnės rizikos priemonė. Todėl sąnaudų ir naudos analizės tikslas – įvertinti šias alternatyvas ir rasti optimalų sprendimą.

Daugelis gamtos apsaugos organizacijų ekologinio atkūrimo srityje vis dar remiasi dichotomija „vietinis – svietimas“ kaip pagrindiniu principu (Bonano, 2016). Toks rūšių skirstymas į „autochtonines“ ir „alochtonines“ reiškia, kad vienos („vietinės, čiaabuvių“) rūšys laikomos natūraliomis tam tikroje teritorijoje, o kitos („svietimos, svetimšalių“) – nepageidaujamomis ar net žalingomis. Tokia perskyra suponuoja moralinį vertinimą, kur „vietinės“ rūšys suvokiamos kaip „geros“, o „svietimos“ – kaip „blogos“. Iš esmės, šis požiūris grindžiamas principu „kaltas, kol neįrodytas nekaltumas“ (vadinamąja kaltumo prezumpcija), kuris iki šiol vyrauja svetimų rūšių aplinkosaugos valdymo strategijose.

Pastaraisiais metais atsiranda ir priešingų požiūrių. Pavyzdžiui, biologinių invazijų tyrėjas, žinomo universitetinio vadovėlio „Invasion Biology“ autorius M. A. Davisas (Davis, 2009) teigia, kad vietoj naujų atvykėlių ir ilgalaikių gyventojų skirstymo į atskiras kategorijas juos geriau suvokti kaip gradiento arba kontinuumo dalį. Jis siūlo atsižvelgti į rūšių buvimo trukmę bei jų evoliucinės ir ekologinės sąveikos mastą su vietinėmis rūšimis. Toks požiūris yra kompleksiškesnis ir moksliniu požiūriu sudėtingesnis, tačiau leidžia tiksliau įvertinti svetimų rūšių vaidmenį naujoje aplinkoje. O tai yra ypač svarbu priimant aplinkosauginius sprendimus.

Paradigmų kaita invazijų biologijoje. Spartus invazijų biologijos vystymasis vis dažniau lemia nusistovėjusiems įsitikinimams prieštaraujančių faktų kaupimąsi. Atsiranda darbų, kuriuose keliamos abejonės dėl teiginio, kad svetimžemės rūšys apskritai „blogina“ biologinę įvairovę ir jūrinių ekosistemų funkcionavimą. Be to, kai kuriuose tyimuose teigiama, kad, įnešdamos naujas funkcijas ir stiprindamos esamas, šios rūšys gali padidinti funkcinį perteklių ir galiausiai prisidėti prie ekosistemų atsparumo didinimo (Reise et al. 2006), ypač klimato kaitos sąlygose.

Naujos krypties manifestu tapo straipsnis „*Don't judge species on their origins*“ („Neteiskite rūšių pagal jų kilmę“), kurį žurnale *Nature* paskelbė M. Davisas ir kiti dėl savo darbų biologinių invazijų srityje žinomi ekologai (Davis et al., 2011). Straipsnio autoriai ragina gamtosaugos organizacijas ir žemėtvarkos specialistus nustatyti savo veiklos prioritetus, remiantis tuo, ar svetimžemės rūšys teikia naudos ar daro žalą biologinei įvairovei, žmonių sveikatai, ekosistemų teikiamoms paslaugoms ir ekonomikai. Jie teigia, kad gamtosaugos institucijos turėtų labiau koncentruotis į rūšių funkcijas, o ne į jų kilmę. Tuo pat metu autoriai nesiūlo atsisakyti pastangų užkirsti kelią rimtoms problemoms, kurias sukelia kai kurios invazinės rūšys, ar nutraukti vyriausybų taikomas prevencijos priemones, skirtas apsaugoti nuo potencialiai pavojingų rūšių patekimo į jų šalį (Davis et al., 2011). Šis straipsnis sulaukė audringos kritikos iš pagrindinės (*mainstream*) invazinės biologijos šalininkų: 141 asmuo pasirašė pareiškimą, kuriame teigiama, kad, pavyzdžiui, „naujos svetimžemės rūšies paskelbimas nepavojinga gali lemti neteisingus sprendimus („*bad decisions*“) dėl jos kontrolės“ (Simberloff, 2011).

Nepaisant to, judėjimas, siekiantis iš naujo įvertinti pagrindinius invazinės ekologijos principus ir su ja susijusias gamtosaugos priemones, toliau plečiasi. Štai naujausiame Viduržemio jūros mokslininkų tyrime teigiama: „Mūsų tyrimai atskleidžia dvigubą svetimų rūšių vaidmenį – jos gali turėti tiek neigiamą, tiek teigiamą poveikį biologinei įvairovei, ekosistemų funkcijoms ir paslaugoms. Remdamiesi mūsų analizėmis, siekiame pakeisti požiūrį į gamtos apsaugą, pereinant nuo tradicinio dėmesio vien vietinei biologinei įvairovei ir įtraukiant svetimas rūšis kaip svarbias ekosistemų funkcionalumo ir paslaugų dalis, ypač regionuose, kuriuose vietinė biologinė įvairovė sparčiai mažėja dėl vandenynų šiltėjimo“ (Katsanevakis et al., 2025). Autoriai pateikia sisteminį gamtos apsaugos planavimo modelį, kuris apima tiek teigiamus, tiek neigiamus svetimų rūšių aspektus, siekiant efektyviai nukreipti investicijas į gamtos apsaugą. Pasirinkus pragmatišką ir holistinį požiūrį bei pripažinus įvairiapusį svetimų rūšių poveikį, sprendimų priėmėjai galėtų veiksmingiau įgyvendinti GBF (Pasaulinės biologinės įvairovės sistemos) tikslus (Katsanevakis et al., 2025).

Išvados. Naujų rūšių įsikūrimo pasekmės labai sunku numatyti, todėl apskritai būtina susilaikyti nuo nekontroliuojamo organizmų perkėlimo ir imtis prevencinių priemonių, siekiant užkirsti kelią biologinėms invazijoms (pavyzdžiui, su laivų balastiniais vandenimis).

Tuo pačiu, jei dėl tam tikrų priežasčių svetima rūšis pateko į naują buveinę, sprendimas dėl jos išnaikinimo turėtų būti grindžiamas pragmatišku galimų grėsmių (sveikatai, ekonomikai, aplinkai) ir potencialių naudos aspektų (pavyzdžiui, ekosistemų paslaugų teikimas) vertinimu.

Svarbiausias šiuolaikinės invazinės ekologijos iššūkis yra išmokyti objektyviai įvertinti ir prognozuoti svetimų rūšių poveikį aplinkai, ekosistemų funkcijoms ir ekonomikai, siekiant sukurti aiškius kriterijus sprendimams dėl svetimų rūšių valdymo metodų priėmimo.

Padėka. Šį tyrimą parėmė Europos Sąjungos programos „Horizon Europe HORIZON-CL6-2024“ BIODIV-01 projektas „GuardIAS – Guarding European Waters from Invasive Alien Species“, pagal dotacijos sutartį No. 101181413.

Literatūra

- AquaNIS (2025). Information system on Aquatic Non-Indigenous and Cryptogenic Species. World Wide Web electronic publication. <https://aquanisresearch.com>. Accessed 2025-03-31.
- Arbaciauskas K (2002) Ponto-Caspian amphipods and mysids in the inland waters of Lithuania: history of introduction, current distribution and relations with native malacostracans. In: Leppäkoski E, Gollasch S, Olenin S (Eds)

- Invasive Aquatic Species of Europe - Distribution, Impacts and Management*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp 104-115
- Blank M, Laine AO, Jürss K, Bastrop R (2008) Molecular identification key based on PCR/RFLP for three polychaete sibling species of the genus *Marenzelleria*, and the species' current distribution in the Baltic Sea. *Helgoland Marine Research* 62:129-141
- Boero, F., & Gravili, C. (2012). The bio-ecology of marine extinctions, with a lesson from the Hydrozoa. *Marine extinctions—patterns and processes*. Valencia (Spain), 10-13.
- Bonanno, G. (2016). Alien species: to remove or not to remove? That is the question. *Environmental Science & Policy*, 59, 67-73
- Buynevich I. V., Damušytė A., Bitinas A., Olenin S., Mažeika J., Petrošius R. (2011). Pontic-Baltic pathways for invasive aquatic species: Geoarchaeological implications. *Geology and Geoarchaeology of the Black Sea Region: Beyond the Flood Hypothesis*. The Geological Society of America; Special Paper 473, p. 189-195.
- Chew, M. K. (2015). Ecologists, environmentalists, experts, and the invasion of the 'second greatest threat'. *International review of environmental history*, 1, 7-40.
- Davis M.A. *Invasion Biology*. – Oxford, N. Y.: Oxford University Press, 2009. – 264 p.
- Davis M.A., Chew M.K., Hobbs R.J., Lugo A.E., Ewel J.J., Vermeij G.J., Brown J.H., Rosenzweig M.L., Gardener M.R., Carroll S.P., Thompson K., Pickett S.T., Stromberg J.C., Del Tredici P., Suding K.N., Ehrenfeld J.G., Grime J.P., Mascaro J., Briggs J.C. (2011). Don't judge species on their origins. *Nature*, 474, No 7350, 153–154.
- Elton, C. S. (1958). *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*, 1958, Methuen, London. Reprint, 2000, The University of Chicago Press. ISBN 0-226-20638-6
- ES (2014). Europos Parlamento ir Tarybos reglamentas (ES) Nr. 1143/2014 Dėl invazinių svetimų rūšių introdukcijos ir plitimo prevencijos ir valdymo (2014 m. spalio 22 d.)
- Giakoumi, S., Katsanevakis, S., Albano, P. G., Azzurro, E., Cardoso, A. C., Cebrian, E., et al. (2019). Management priorities for marine invasive species. *Science of Total Environment*. 688, 976–982.
- Gorokhova E, Lehtiniemi M, Viitasalo-Frösen S, Haddock SHD (2009) Molecular evidence for the occurrence of ctenophore *Mertensia ovum* in the northern Baltic Sea and implications for the status of *Mnemiopsis leidyi* invasion. *Limnology & Oceanography* 54: 2025-2033.
- HELCOM (2023): State of the Baltic Sea. Third HELCOM holistic assessment 2016-2021. Baltic Sea Environment Proceedings n°194. Available at: https://helcom.fi/post_type_publ/holas3_sobs
- Karatayev, A.Y., Burlakova, L.E., and Padilla, D.K. (1997). The effects of *Dreissena polymorpha* (Pallas) invasion on aquatic communities in Eastern Europe. *Journal of Shellfish Research*, 16, 187–203.
- Katsanevakis, S., Belmaker, J., Rilov, G., Yeruham, E., Konstantinidis, A., Papazekou, M., Giakoumi, S. and Mazaris, A.D. (2024). Navigating the new normal: rethinking conservation strategies in the climate-impacted and highly invaded eastern Mediterranean. Preprint. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4465704/v1>
- Katsanevakis, S., Olenin, S., Puntilla-Dodd, R., Rilov, G., Stæhr, P.A., Teixeira, H., Tsirintanis, K., Birchenough, S.N., Jakobsen, H.H., Knudsen, S.W. and Lanzén, A. (2023). Marine invasive alien species in Europe: 9 years after the IAS Regulation. *Frontiers in Marine Science*, 10, p.1271755.
- Lehtiniemi, M., Lehmann, A., Javidpour, J. and Myrberg, K., 2012. Spreading and physico-biological reproduction limitations of the invasive American comb jelly *Mnemiopsis leidyi* in the Baltic Sea. *Biological invasions*, 14, pp.341-354.
- Leppäkoski, E. (1984). Introduced species in the Baltic Sea and its coastal ecosystems. *Ophelia Suppl*, 3, pp.123-135.
- Olenin, S., Elliott, M., Minchin, D. and Katsanevakis, S. (2024). Marine ecosystem health and biological pollution: Reconsidering the paradigm. *Marine Pollution Bulletin*, 200, p.116054.
- Olenin, S., Gollasch, S., Lehtiniemi, M., Sapota, M., Zaiko, A. (2017). Biological invasions. Snoeijs-Leijonmalm, P., Schubert, H. and Radziejewska, T. (eds.) *Biological oceanography of the Baltic Sea*, pp.193-232.
- Olenin, S., Minchin, D. (2024). Introductions of Non-Indigenous Species to Coastal and Estuarine Systems. In: Baird, Daniel and Elliott, Michael (eds.) *Treatise on Estuarine and Coastal Science*, 2nd Edition, vol. 6, pp. 259–301. Oxford: Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-323-90798-9.00021-4>
- Petersen, K.S., Rasmussen, K.L., Heinemeier, J. and Rud, N. (1992). Clams before Columbus? *Nature*, 359(6397), pp.679-679.
- Reise, K., Olenin, S., & Thielges, D. W. (2006). Are aliens threatening European aquatic coastal ecosystems?. *Helgoland Marine Research*, 60, 77-83.
- Simberloff D. (2011) Non-natives: 141 scientists object. *Nature*. 475, No 7354, 36.
- Skabeikis, A., Morkūnė, R., Bacevičius, E., Lesutienė, J., Morkūnas, J., Poškienė, A., & Šiaulys, A. (2019). Effect of round goby (*Neogobius melanostomus*) invasion on blue mussel (*Mytilus edulis trossulus*) population and winter diet of the long-tailed duck (*Clangula hyemalis*). *Biological Invasions*, 21, 911-923.
- VLE (2025). Visuotinė lietuvių enciklopedija. <https://www.vle.lt/straipsnis/kontaminacija-2/>. Žiūrėta 2025-03-31
- Wilson E.O. (1992). *The Diversity of Life*. Cambridge, MA: Harvard University Press
- Ziller, S.R., de Sá Dechoum, M., Silveira, R.A.D., da Rosa, H.M., Motta, M.S., da Silva, L.F., Oliveira, B.C.M. and Zenni, R.D. (2020). A priority-setting scheme for the management of invasive non-native species in protected areas. *NeoBiota*, 62, pp.591-606.

KURŠIŲ MARIŲ ŽUVŲ AUGIMO IR BRANDOS ILGIO POKYČIAI

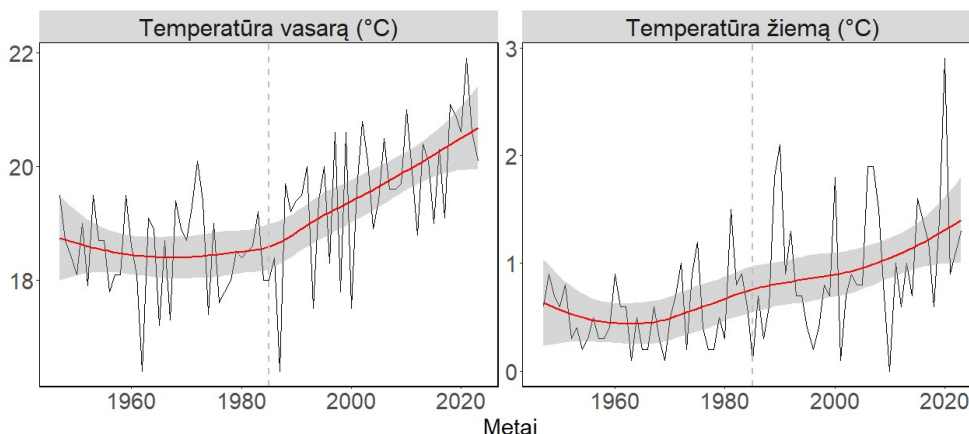
Elyza Pilipaitytė¹, Eglė Jakubavičiūtė¹, Asta Audzijonytė^{1,2}

¹Valstybinis mokslinių tyrimų institutas Gamtos tyrimų centras, Vilnius, ²Jūrų ir Antarkties tyrimų institutas (IMAS), Tasmanijos universitetas, Hobartas, Australija
elyza.pilipaityte@gamtc.lt

Ivadas. Gyvūnų kūno dydžio pokyčiai yra plačiai pripažintas klimato kaitos padarinys, darantis reikšmingą įtaką ekosistemų struktūrai ir funkcionavimui (Gardner et al., 2011). Ypač jautrūs temperatūros kilimui yra ektoterminiai vandens organizmai, tokie kaip žuvis. Laboratorijose atlikti tyrimai rodo, kad šiltesnėje aplinkoje žuvų jaunikliai auga greičiau, tačiau lytinę brandą pasiekia būdami mažesnio dydžio (Verberk et al., 2021; Wootton et al., 2022). Šis reiškinys vadinamas temperatūros-dydžio taisykle (Temperature-Size Rule, TSR; Atkinson, 1994). Tačiau natūraliose ekosistemose kūno dydžio pokyčiai ne visada atitinka laboratorinių eksperimentų prognozes. Natūralioje aplinkoje žuvų augimą ir subrendimą gali lemti įvairūs veiksniai, tokie kaip maisto prieinamumas, žvejybos spaudimas, organizmų tarpusavio sąveikos.

Šiame tyrime analizuojame keturių Kuršių marių žuvų rūšys: karšis (*Abramis brama*), kuoja (*Rutilus rutilus*), ešeris (*Perca fluviatilis*) ir starkis (*Sander lucioperca*), kurios sudaro didžiąją dalį mariose sugautų žuvų biomasės, nėra migruojančios ir yra svarbios žvejybai. Šių rūšių dydžio pokyčiams įvertinti buvo išanalizuoti: ilgio brandos metu (ilgis, kuriam esant 50 % populiacijos individų yra pasiekę lytinę brandą – L50) pokyčiai laike ir augimo skirtumai dviem skirtingais temperatūros laikotarpiais. Du skirtingi temperatūros laikotarpiai išskirti, atsižvelgiant į vidutinių vandens temperatūrų Kuršių mariose kaitą (žr. 1 pav.), kuomet matyti spartesnė temperatūros šiltėjimo tendencija nuo 1985 metų. Statistinė analizė atlikta, naudojant R 4.3.1 (R Core Team, 2021).

Metodai. Tyrime analizuojamos keturios Kuršių marių žuvų rūšys: karšis (*Abramis brama*), kuoja (*Rutilus rutilus*), ešeris (*Perca fluviatilis*) ir starkis (*Sander lucioperca*), kurios sudaro didžiąją dalį mariose sugautų žuvų biomasės, nėra migruojančios ir yra svarbios žvejybai. Šių rūšių dydžio pokyčiams įvertinti buvo išanalizuoti: ilgio brandos metu (ilgis, kuriam esant 50 % populiacijos individų yra pasiekę lytinę brandą – L50) pokyčiai laike ir augimo skirtumai dviem skirtingais temperatūros laikotarpiais. Du skirtingi temperatūros laikotarpiai išskirti, atsižvelgiant į vidutinių vandens temperatūrų Kuršių mariose kaitą (žr. 1 pav.), kuomet matyti spartesnė temperatūros šiltėjimo tendencija nuo 1985 metų. Statistinė analizė atlikta, naudojant R 4.3.1 (R Core Team, 2021).



1 pav. Vidutinė vasaros ir žiemos vandens paviršiaus temperatūra Kuršių mariose 1947–2023 metais. Temperatūra matuota ties Nida (duomenys: Aplinkos apsaugos agentūra). Tendencijos linija pavaizduota raudonai, pilkas atspalvis rodo 95 % pasikliautinuosius intervalus. Vertikali brūkšninė linija atskiria du skirtingus temperatūros laikotarpius.

Ilgiai brandos metu (L50) bei jų pasikliautinieji intervalai buvo apskaičiuoti atskirai kiekvieniems metams, naudojant dvireikšmės logistinės regresijos modelius. L50 ilgalaikiams pokyčiams įvertinti naudojome neparametrinį Kendall τ (τ) testą, kuris įvertina tendencijas nedarydamas prielaidos apie duomenų linearumą. Kendall τ reikšmės buvo apskaičiuotos pagal formulę:

$$\tau = \frac{S}{\frac{n(n-1)}{2}}$$

kur S yra visų porų skirtumų tarp skirtingų duomenų taškų ženklų suma:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sign}(L50_j - L50_i)$$

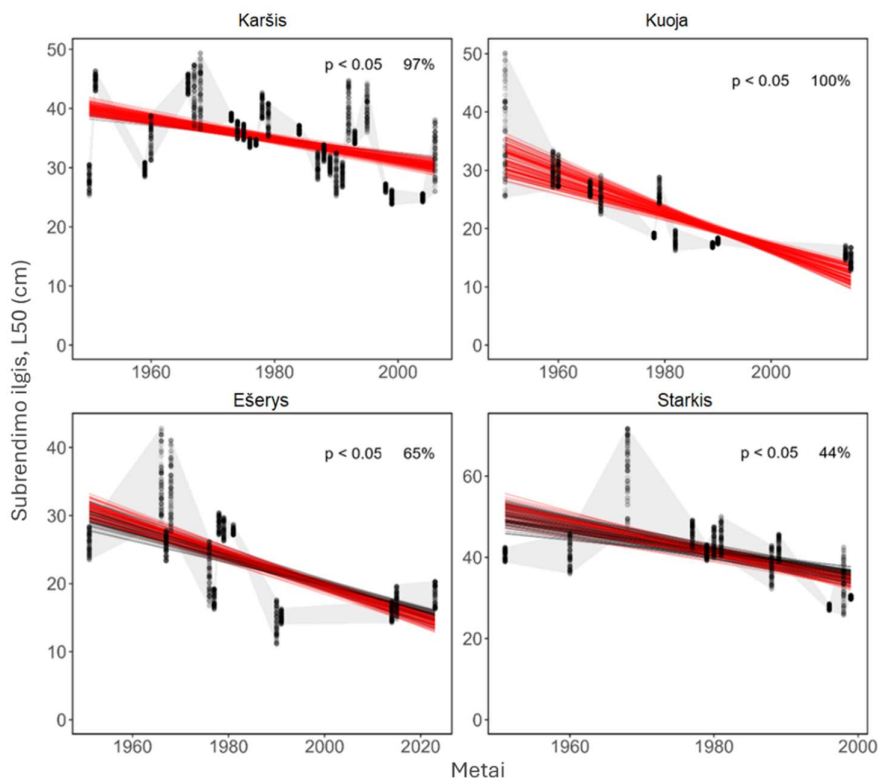
kur i reiškia ankstesnių metų indeksus, j – vėlesnių metų indeksus, o n yra metų skaičius, kuriems buvo apskaičiuotos L50 reikšmės. Siekiant atsižvelgti į apskaičiuotų L50 reikšmių neapibrėžtumą, kiekvieniems metams buvo sugeneruota 100 atsitiktinių L50 reikšmių, jų 95% pasikliautinųjų intervalų ribose ir Kendall tendencijos testas buvo pakartotas 100 kartų kiekvienai rūšiai. Apskaičiuotas statistškai reikšmingų p verčių ($p < 0,05$) procentas, rodantis stebimos tendencijos patikimumo lygį.

Augimo skirtumams tarp santykinai vėsnio (1947–1985) ir šiltesnio (1986–2023) laikotarpių (žr. 1 pav.) įvertinti naudotos von Bertalanffy augimo kreivės (von Bertalanffy, 1938). Kreivės buvo apskaičiuotos naudojant „vbFuns“ funkciją iš FSA bibliotekos (Ogle, 2022). Nelinijinis regresijos modelis pritaikytas, naudojant lygtį:

$$L_{a,p} = L_{\infty,p}(1 - e^{-K_p(a-t_{0,p})})$$

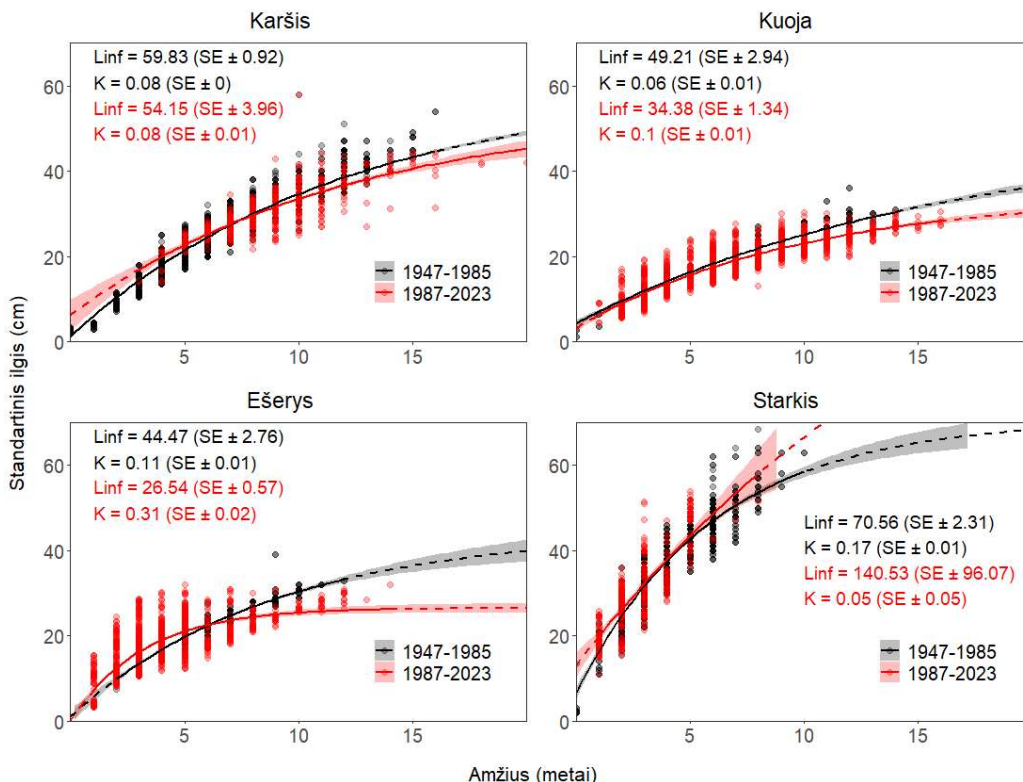
kur $L_{a,p}$ – ilgis pagal amžių a laikotarpiui p , $L_{\infty,p}$ – asimptotinis ilgis (cm) laikotarpiui p , K_p – augimo koeficientas laikotarpiui p , ir $t_{0,p}$ – teorinis amžius, kuomet žuvies ilgis būtų 0 laikotarpiui p . Taip pat buvo apskaičiuoti vidutiniai ilgiai pagal amžių ir su jais susiję pasikliautinieji intervalai.

Rezultatai. Visų keturių žuvų rūšių ilgis lytinės brandos metu tiriamuoju laikotarpiu parodė mažėjimo tendenciją (2 pav.). Karšio ir kuojos ilgio brandos metu neigiamos tendencijos buvo reikšmingos daugiau nei 95% simuliacijų, patvirtindamos reikšmingus dydžių brandos metu sumažėjimus. Vidutinė karšio L50 pokyčių simuliacija parodė vidutinišką neigiamą koreliaciją (Kendall $\tau = -0.362$), su reikšmingu sumažėjimu ($z = -2.627$, $p = 0.009$). Kuojos vidutinė simuliacija parodė stiprią neigiamą koreliaciją ($\tau = -0.833$), su labai reikšmingu sumažėjimu ($z = -3.703$, $p < 0.001$). Tuo tarpu, tik 65% ir 44% simuliacijų rodo reikšmingus ešerio ir starkio dydžio lytinės brandos metu sumažėjimus. Silpnesnės ilgio brandos metu mažėjimo tendencijos, pastebėtos ešeriui ir starkiui, gali būti dėl didesnės apskaičiuotų L50 verčių neapibrėžties, ypač ankstesniais metais. Vidutinė ešerio L50 tendencija parodė vidutinę neigiamą koreliaciją ($\tau = -0.407$), su reikšmingu sumažėjimu ($z = -1.971$, $p = 0.049$), kas rodo tikėtiną ilgio brandos metu sumažėjimą tirtuoju laikotarpiu. Vidutinė starkio simuliacija parodė vidutinišką neigiamą koreliaciją ($\tau = -0.424$), tačiau L50 sumažėjimas nebuvo statistškai reikšmingas ($z = -1.851$, $p = 0.064$).



2 pav. Ilgio lytinės brandos metu (L50) pokyčiai naudojant Kendall laiko eilučių analizę. Taškai žymi 100 kiekvieniems metams atsitiktinai sugeneruotų L50 reikšmių, 95% pasikliautinųjų intervalų ribose (šešėlinė zona). Linijos rodo 100 atsitiktinių laiko eilučių analizės pakartojimų. Raudonos linijos rodo statistškai reikšmingas tendencijas ($p < 0,05$), o juodos linijos – statistškai nereikšmingas tendencijas. Skaičiai viršutiniame dešiniajame kampe rodo simuliuotų tendencijų, kurios buvo statistškai reikšmingos, procentą.

Von Bertalanffy augimo kreivės parodė, kad santykinai šiltesniu laikotarpiu (1987–2023 m.) kuojos ir ešerio asimptotinis dydis reikšmingai sumažėjo, o augimo koeficientai padidėjo (3 pav.). Karšio augimo skirtumai tarp laikotarpių nebuvo reikšmingi – asimptotinis dydis šiek tiek sumažėjo, bet augimo tempas nepasikeitė. Starkio asimptotinio dydžio įvertinimas santykinai šiltesniu laikotarpiu buvo nepatikimas dėl labai plačių pasikliautinių intervalų, kadangi po 1985 m. moksliniuose tyrimuose beveik nebuvo sugauta vyresnių nei penkerių metų starkių (3 pav.).



3 pav. Von Bertalanffy augimo kreivės (išsitiesinės linijos) su 95% pasikliautiniais intervalais (šešėlinės zonos) keturioms žuvų rūšims dviem skirtingais laikotarpiais: santykinai šaltesniu (1947–1985) ir šiltesniu periodu (1987–2023). Brūkšninė linija rodo ekstrapoliaciją už stebėtų amžiaus ir ilgio ribų. Linf reiškia asimptotinį dydį, K – augimo koeficientą.

Rezultatų aptarimas. Kuršių marių vandens temperatūros šiltėjimas neigiamai koreliuoja su visų keturių analizuotų žuvų rūšių ilgio brandos metu pokyčiais. Per pastaruosius 50 metų tirtų rūšių ilgiai brandos metu sumažėjo 25–60 %, nors L50 mažėjimas ešeriui ir starkiui nebuvo statistiškai reikšmingas. Panašūs dydžio brandos metu pokyčiai stebimi ir kitose ekosistemose bei įvairiose žuvų rūšyse (Audzijonyte et al., 2013). Niu et al. (2023) nustatė, kad šiltesniame vandenyje ešeriai subręsta būdami mažesni, o Kyritsi ir Kokkinakis (2020) parodė, kad ir kuojos šiltuose vandenyse pasiekia brandą esant mažesniai kūno dydžiui. Be to, Baltijos jūroje ties pietiniais Suomijos krantais starkių dydis lytinės brandos metu 1993–2006 m. mažėjo 1–3% per metus (Kokkonen et al., 2015).

Ešerio ir kuojos augimas Kuršių mariose ankstyvaisiais gyvenimo metais buvo spartesnis, tačiau jų asimptotinis dydis sumažėjo, kas atitinka temperatūros-dydžio taisyklę. Karšio augime reikšmingų pokyčių nenustatyta, o starkio augimo analizė buvo ribota dėl nepakankamo vyresnio amžiaus individų skaičiaus. Vandens temperatūros kilimas dažnai siejamas su spartesniu jaunikių augimu ir mažesniu suaugusių žuvų dydžiu (Atkinson, 1994). Tačiau Kuršių marių ekosistema yra stipriai veikiamą žvejybos, todėl pastebėti pokyčiai gali būti ne tik klimato kaitos, bet ir selektyvios žvejybos padarinys. Greitai augantys individai gali būti anksčiau išgaudomi (Rosa Lee fenomenas), o žvejybos sukelta evoliucija (Fisheries-Induced Evolution, FIE) gali skatinti ankstyvesnę subrendimą esant mažesniai kūno dydžiui (Audzijonyte et al., 2013; Lee, 1912). Kadangi tiek FIE, tiek temperatūros pokyčiai gali lemti panašias augimo ir dydžio brandos metu tendencijas (Audzijonyte et al., 2014; Jørgensen et al., 2009; Waples ir Audzijonyte, 2016), šiuo metu stokojama duomenų, leidžiančių atskirti jų poveikį.

Sumažėjęs dydis brandos metu gali lemti mažesnį išneršiamų ikrų kiekį (Goldberg et al., 2019) ir mažesnį palikuonių išgyvenamumą (Barneche et al., 2018; Mehault et al., 2010), taip mažindamas populiacijos atsparumą trikdžiams. Be to, dydžio pokyčiai gali paveikti rūšių tarpusavio sąveikas, maisto grandines ir visos ekosistemos funkcionavimą (Audzijonyte et al., 2014; Lindmark et al., 2019). Nustatyti L50 pokyčiai (0,5–1 % mažėjimas per metus) atitinka kitų tyrimų rezultatus (Cardinale ir Modin, 1999; Kokkonen et al., 2015; Legaki et al., 2024), todėl šis procesas turėtų būti laikomas viena pagrindinių šiuolaikinio žuvų išteklių valdymo problemų.

Išvados. Per pastaruosius 50 metų Kuršių mariose gyvenančių karšių ir kuojų ilgiai brandos metu reikšmingai sumažėjo, neigiamos tendencijos stebėtos ir ešeriui bei starkiui. Šių rūšių L50 mažėjimas (0,5–1% per metus) atitinka kitų tyrimų rezultatus. Ešerio ir kuojos augimas jauname amžiuje pagreitėjo, o asimptotinis dydis sumažėjo, kas atitinka temperatūrosdydžio taisyklę. Karšiui reikšmingų augimo pokyčių nenustatyta, o storkio augimo įvertinimą riboja vyresnio amžiaus individų trūkumas dėl pergaudymo.

Šie pokyčiai gali turėti neigiamą poveikį populiacijų gyvybingumui, mažindami individų reprodukcinių potencialą ir keisti rūšių tarpusavio sąveikas ekosistemoje. Atsižvelgiant į tai, kad augimo ir ilgio brandos metu pokyčiai gali turėti ilgalaikį poveikį žuvų ištekliais, į juos būtina atsižvelgti formuojant žuvų išteklių valdymo strategijas.

Literatūra

- Atkinson, D. (1994). Temperature and organism size a biological law for ectotherms? *Adv. Ecol. Res.*, 25, 1–58.
- Audzijonyte, A., Kuparinen, A., & Fulton, E. A. (2013). How fast is fisheries-induced evolution? Quantitative analysis of modelling and empirical studies. *Evolutionary Applications*, 6(4), 585–595. <https://doi.org/10.1111/eva.12044>
- Audzijonyte, A., Kuparinen, A., & Fulton, E. A. (2014). Ecosystem effects of contemporary life-history changes are comparable to those of fishing. *Marine Ecology Progress Series*, 495, 219–231. <https://doi.org/10.3354/meps10579>
- Barneche, D. R., Ross Robertson, D., White, C. R., & Marshall, D. J. (2018). Fish reproductive-energy output increases disproportionately with body size. *Science*, 360(6389), 642–645. <https://doi.org/10.1126/science.aao6868>
- Cardinale, M., & Modin, J. (1999). Changes in size-at-maturity of Baltic cod (*Gadus morhua*) during a period of large variations in stock size and environmental conditions. *Fisheries Research*, 41, 285–295.
- Gardner, J. L., Peters, A., Kearney, M. R., Joseph, L., & Heinsohn, R. (2011). Declining body size: a third universal response to warming? *Trends in Ecology and Evolution*, 26(6), 285–291. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.03.005>
- Goldberg, S. D., Van Rijn, I., Kiflawi, M., & Belmaker, J. (2019). Decreases in length at maturation of Mediterranean fishes associated with higher sea temperatures. *ICES Journal of Marine Science*, 76(4), 946–959. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz011>
- Jørgensen, C., Ernande, B., & Fiksen, Ø. (2009). Size-selective fishing gear and life history evolution in the Northeast Arctic cod. *Evolutionary Applications*, 2(3), 356–370. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4571.2009.00075.x>
- Kokkonen, E., Vainikka, A., & Heikinheimo, O. (2015). Probabilistic maturation reaction norm trends reveal decreased size and age at maturation in an intensively harvested stock of pikeperch Sander lucioperca. *Fisheries Research*, 167, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.01.009>
- Kyritsi, S., & Kokkinakis, A. K. (2020). Age, growth, reproduction and fecundity of roach rutilus rutilus from volvi lake, Northern Greece. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 20(10), 717–726. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v20_10_01
- Lee, R. M. (1912). An investigation into the methods of growth determination in fishes by means of scales. *ICES Journal of Marine Science*, 1(63), 3–34. <https://doi.org/10.1093/icesjms/s1.63.3>
- Legaki, A., Chatzisprou, A., Damalas, D., Sgardeli, V., Lefkaditou, E., Vassilopoulou, V., Tserpes, G., & Mytilineou, C. (2024). Decline in Size-at-Maturity of European Hake in Relation to Environmental Regimes: A Case in the Eastern Ionian Sea. *Animals*, 14(61). <https://doi.org/10.3390/ani14010061>
- Lindmark, M., Ohlberger, J., Huss, M., & Gårdmark, A. (2019). Size-based ecological interactions drive food web responses to climate warming. *Ecology Letters*, 22(5), 778–786. <https://doi.org/10.1111/ele.13235>
- Mehault, S., Domínguez-Petit, R., Cerviño, S., & Saborido-Rey, F. (2010). Variability in total egg production and implications for management of the southern stock of European hake. *Fisheries Research*, 104(1–3), 111–122. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2010.03.019>
- Niu, J., Huss, M., Vasemägi, A., & Gårdmark, A. (2023). Decades of warming alters maturation and reproductive investment in fish. *Ecosphere*, 14(1), 1–14. <https://doi.org/10.1002/ecs2.4381>
- Ogle, D. H. (2022). *von Bertalanffy Growth Plots I*. <https://derekogle.com/fishR/2019-12-31-ggplot-vonB-fitPlot-1>
- R Core Team. (2021). *R: A Language and Environment for Statistical Computing* (4.1.0). R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org>
- Verberk, W. C. E. P., Atkinson, D., Hoefnagel, K. N., Hirst, A. G., Horne, C. R., & Siepel, H. (2021). Shrinking body sizes in response to warming: explanations for the temperature–size rule with special emphasis on the role of oxygen. *Biological Reviews*, 96(1), 247–268. <https://doi.org/10.1111/brv.12653>

- von Bertalanffy, L. (1938). A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. II). *Human Biology*, 10(2), 181–213. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.02.027><https://www.golder.com/insights/block-caving-a-viable-alternative/%0A??>
- Waples, R. S., & Audzijonyte, A. (2016). Fishery-induced evolution provides insights into adaptive responses of marine species to climate change. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14(4), 217–224. <https://doi.org/10.1002/fee.1264>
- Wootton, H. F., Morrongiello, J. R., Schmitt, T., & Audzijonyte, A. (2022). Smaller adult fish size in warmer water is not explained by elevated metabolism. *Ecology Letters*, 25(5), 1177–1188. <https://doi.org/10.1111/ele.13989>

NUOTOLINIŲ METODŲ PRITAIKYMAS SUSPENDUOTŲ MEDŽIAGŲ TYRIMAMS BALTIJOS JŪROS PRIEKRANTĖJE

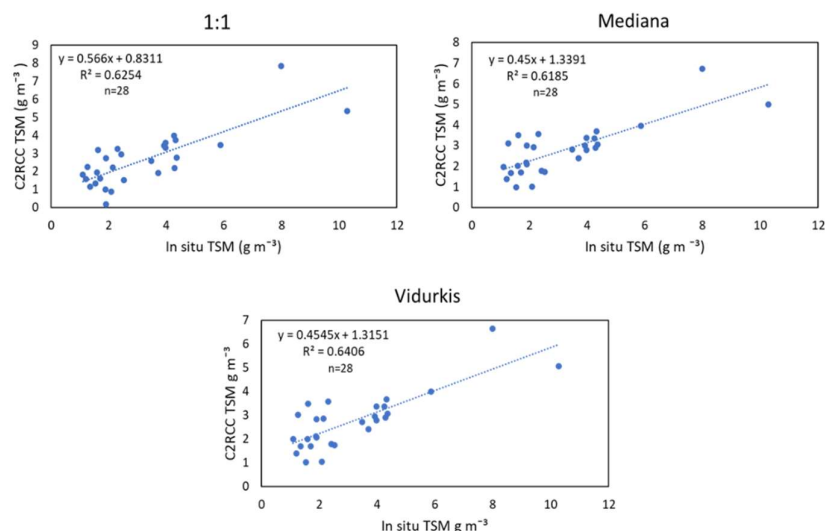
Rimantė Plikūnaitė, Diana Vaičiūtė

Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas, Klaipėda
rimante.plikunaite@ku.lt

Ivadas. Priekrančių vandens teritorijų tyrimai naudojantis Sentinel-2 palydovų duomenimis pasaulyje vykdomi jau keletą dešimtmečių (Ritchie et al., 2003, Adjovu et al., 2023). Tai yra puiki priemonė vertinti suspenduotų dalelių pasiskirstymą vandens paviršiuje. Dažnai palydovinių duomenų pagalba būna analizuojamos suspenduotos dalelės (TSM), nes yra optiškai aktyvi medžiaga, kuri kartu su fitoplanktonu ir spalvotomis ištirpusiomis organinėmis medžiagomis (CDOM) nulemia jūros spalvą, tam tikro vandens telkinio optines savybes bei keičia skaidrumą. Suspenduotų dalelių koncentracijos padidėjimas jūros vandenyse yra ypač intensyvus jūros pakrančių zonose. Jų pasiskirstymui ir svyravimams didelę įtaką daro natūralūs (pvz. vandens srovės greitis ir kryptis, temperatūra, potvyniai ir upių išsiliejimai) ir antropogeniniai veiksniai (pvz. kasybos darbai). Pietryčių Baltijos jūra apima Lietuvos ir dalies Kaliningrado srities pakrančių vandenį. Lietuvos Baltijos jūros pakrantė yra veikama vakarų kryptimi pučiančio vėjo, nuolatinė pietvakarių ir pietryčių vėjų, bangų ir vandens įtaka srovėms sukuria hidrodinamiškai aktyvią aplinką, kurioje nėra deguonies trūkumo. Paprastai paviršiaus druskingumas yra nuo 7 iki 8 PSU (Vaičiūtė et al., 2012). Nepaisant techninių klausimų, nuotolinis stebėjimas pasirodė esąs veiksmingas vandens kokybės stebėjimo metodas, turintis pranašumą laiko ir erdvės aprėptyje, palyginti su *in situ* metodais (Ogashawara et al., 2017). Pagrindinis veiksnys, ribojantis vandens nuotolinį stebėjimą, yra atmosferos sudėtis (aerzolių tipas ir kiekis) ir debesuotumas. Atmosferos poveikis signalui yra pašalinamas, atliekant atmosferos korekciją. Jei atmosferos poveikis yra ne visiškai pašalinamas, bet kokie su vandens palyginimu susiję rezultatai yra gaunami labai netikslūs. Taip pat reikia atsižvelgti į jutiklio charakteristikas, pavyzdžiui: spektrinę, radiometrinę ir erdvinę jutiklių rezoliuciją (Warren et al., 2019). Remiantis palydoviniais duomenimis galima sukartografuoti suspenduotąsias daleles jūroje, tokiu būdu išanalizuoti jų pasiskirstymą erdvėje ir laike. Nustačius, kaip suspenduotų dalelių pasiskirstymą lemia hidrometeorologiniai veiksniai ir šiuos parametrus susiejus statistiniais modeliais, tampa įmanoma užpildyti duomenų eilutėje dėl debesuotumo atsiradusias spragas ir atlikti suspenduotų dalelių pasiskirstymo prognozavimą.

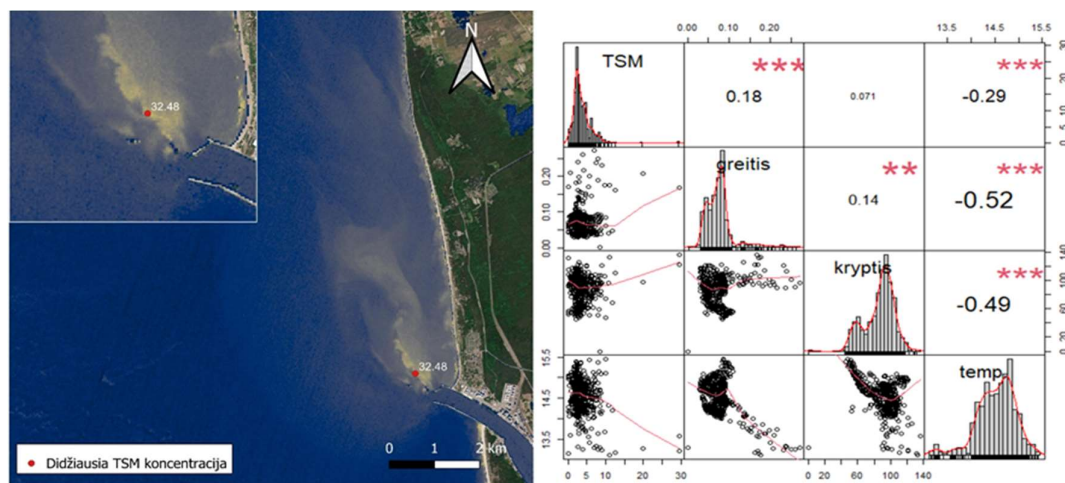
Metodai. Palydoviniai daugiaspektrinio jutiklio MSI (angl. Multi Spectral Instrument) Sentinel-2 duomenys gauti iš „Copernicus“ atvirosios prieigos centro (<https://scihub.copernicus.eu/maintenance.html#/home>) nuo 2019 m. iki 2022 m. buvo pasirinktos datos, kur Lietuvos Baltijos jūros priekrantėje buvo stebima žmogaus veikla. *In situ* ir palydovinių nuotraukų duomenų vertinimas buvo atliktas vietose, kurios atitiko tyrimo vietos koordinatės 1:1 bei buvo apskaičiuota apdorota SNAP-C2RCC procesoriumi TSM ($\text{g} \times \text{m}^{-3}$) mediana ir vidurkis, apimant 30×30 metrų plotą apie tyrimų vietos koordinatę. Vertinant suspenduotų dalelių koncentracijos paplitimą Lietuvos Baltijos jūros dalyje, palydoviniai duomenys buvo apdorojami „SNAP“ 9 versijos programa. Pirmiausia, buvo suvienodinta rezoliucija pagal kiekvieną pikselį (angl. By pixel resolution) iki 20 metrų dėl geresnės erdvinės rezoliucijos kartografuojant vandens paviršių. Tuomet buvo iškerpama Lietuvos Baltijos jūros dalis ties Klaipėdos uostu ir apdorojama, panaudojant 2 tipo vandenų regioninis procesorius C2RCC (angl. The Case 2 Regional CoastColour). Pritaikius šį algoritmą, buvo gautas produktas, žymintis suspenduotų dalelių koncentraciją. Galiausiai nuotrauka buvo išsaugoma GeoTIFF (angl. (Georeferenced Tagged Image File Format) formatu. Hidrometeorologinių prognozių duomenys gauti iš „BALTICSEA_MULTIYEAR_PHY_003_011“ Baltijos jūros fizinės pakartotinės analizės produktas. Buvo tikrinamas ryšys tarp suspenduotų dalelių koncentracijos ir vandens srovės greičio bei krypties ir vandens paviršiaus temperatūros panaudojant daugialypės tiesinės regresijos modelį.

Rezultatai. *In situ* metodu surinktų skendinčių dalelių koncentracija variavo nuo 1,1 iki $10,28 \text{ g} \times \text{m}^{-3}$, o TSM koncentracija gauta iš nuotraukų variavo nuo 0,17 iki $7,84 \text{ g} \times \text{m}^{-3}$. Geriausias ryšys ($R^2 = 0,64$, $n = 28$) buvo nustatytas tarp *in situ* matavimų ir reikšmių, gautų palydovines nuotraukas apdorojus C2RCC procesoriaus pagalba, kuomet buvo apskaičiuota vidutinė reikšmė apimant pikselius 30×30 metrų gardelėje. Panašus rezultatas, kuomet $R^2 = 0,63$, buvo gautas lyginant *in situ* duomenis su Sentinel-2 apdorotomis ir gautomis reikšmėmis, kur vertintos reikšmės pikseliuose, kurie atitiko tyrimo vietos koordinatę, t.y. 1:1. Prasčiausias determinacijos koeficientas buvo gautas apskaičiuojant medianą (1 pav.).



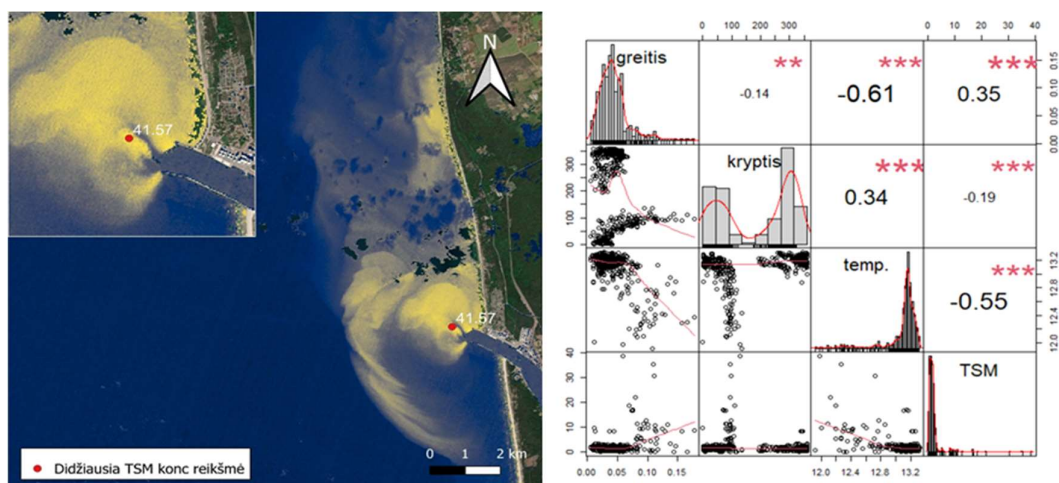
1 pav. Ryšys tarp *in situ* išmatuotų ir iš Sentinel-2 gautų (pritaikius SNAP-C2RCC procesorių) TSM ($\text{g} \times \text{m}^{-3}$) koncentracijų. Vertinimas buvo atliktas vietose, kurios atitiko tyrimo vietos koordinatas (viršuje, kairėje), apskaičiavus medianą (viršuje, dešinėje) ir vidurkį (apačioje) apimant 30×30 metrų plotą apie tyrimo vietos koordinatę. Pateikiama lygtis (y), determinacijos koeficientas (R^2) bei mėginių kiekis (n).

Sentinel-2 palydovinėje nuotraukoje 2022 m. rugsėjo 27 d. buvo užfiksuota antropogeninė žmogaus veikla, sukėlusi suspenduotų dalelių koncentracijos padidėjimą viršutiniame vandens sluoksnyje paviršiuje (2 pav.). Didžiausia užfiksuota reikšmė yra nutolusi apie 1 km nuo kranto. Ji siekė $32,48 \text{ g} \times \text{m}^{-3}$ ir yra apie 12 kartų didesnė už reikšmę nutolusią apie 2 km nuo didžiausios reikšmės, kur TSM poveikis buvo nebeįtamas.



2 pav. 2022 m. rugsėjo 27 d. Sentinel-2 palydovinėje nuotraukoje stebima žmogaus veikla. Suspenduotų dalelių pasiskirstymas Lietuvos Baltijos jūros priekrantėje (kairėje) ir sudarytas koreliacinės matricos grafikas, iliustruojantis kintamųjų ryšius (dešinėje).

Buvo nustatyta, kad TSM geriausiai koreliuoja su potencine jūros vandens temperatūra, tačiau koreliacijos koeficiento reikšmė yra neigiama ir ryšys tarp jų yra silpnas ($r = -0,29$). Labai silpnas ryšys yra su srovės greičiu ($r = 0,18$) ir vandens srovės kryptimi ($r = 0,07$). 2022 m. spalio 17 d. nuotoliniais metodais taip pat buvo užfiksuota antropogeninė žmogaus veikla, dirbtinai sukelianti suspenduotų dalelių koncentracijos padidėjimą (3 pav.). Ties uosto vartais buvo pasiekta aukščiausia TSM reikšmė, kuri siekė net $41,57 \text{ g} \times \text{m}^{-3}$, beveik 18 kartų didesnė, už reikšmę nutolusią apie 3 km nuo didžiausios reikšmės, kur poveikis yra nebeįtamas. Pritaikius daugialypės regresijos modelį buvo gauta, kad reikšmingas skirtumas yra su potencine vandens temperatūra, nes p reikšmė buvo mažesnė už 0,05 ir būtų galima paaiškinti suspenduotų dalelių erdvinį pasiskirstymą. Tačiau šis modelis taip pat parodė labai mažą determinacijos koeficientą $R^2 = 0,08$, tai rodo, kad modelis yra netinkamas prognozuoti reikšmes.



3 pav. 2022 m. spalio 17 d. Sentinel-2 palydovinėje nuotraukoje stebima žmogaus veikla. Suspenduotų dalelių pasiskirstymas Lietuvos Baltijos jūros priekrantėje (kairėje) ir sudarytas koreliacinės matricos grafikas, iliustruojantis kintamųjų ryšius (dešinėje).

Nustatytas vidutinio stiprumo neigiamas ryšys tarp TSM ir potencialios jūros vandens temperatūros ($r = -0,55$, $p = 0,03$, $n = 494$). Silpnas teigiamas ryšys buvo tarp TSM ir vandens srovės greičio, nes $r = 0,35$ ir silpniausias ryšys buvo nustatytas su jūros vandens srovės kryptimi, nes $r = -0,19$. Pritaikius daugialypės regresijos modelį buvo nustatytas reikšmingas skirtumas su potencine vandens temperatūra ($p < 0,05$), todėl paviršiaus temperatūra turėjo įtakos suspenduotų dalelių erdviniam pasiskirstymui. Taip pat buvo nustatytas santykinai mažas šio modelio determinacijos koeficientas $R^2 = 0,3$, tai rodo, kad modelis yra nepatikimas prognozuoti reikšmes.

Rezultatų aptarimas. Šiuo darbu prisidedama prie C2RCC procesoriaus kalibravimo ir taikymo pietrytinėje Lietuvos Baltijos jūros dalyje. *In situ* būdu gautų duomenų palyginimas su apdorotais C2RCC rezultatais rodo, kad C2RCC tinklas yra tinkamas būdas tirti optiškai sudėtingą Baltijos jūrą. Tokią išvadą galima daryti iš gautų rezultatų, nes visuose pritaikytuose metoduose gavus determinacijos koeficientą buvo nustatyta, kad jo rezultato reikšmės variavo nuo 0,62 iki 0,64. Moksliniame darbe S. Kratzer et al. 2020 m. šiaurės vakarų Baltijos jūroje ir vakarinėje Botnijos įlankoje taip pat nustatė, kad tarp palydovinių ir *in situ* duomenų yra labai stipri koreliacija ($r = 0,95$), vidurkio kvadratų nuokrypio klaida buvo 52%, todėl atitiko Sentinel-3 misijos reikalavimus ir C2RCC procesorius buvo patvirtintas. 2022 m. spalio 17 d. galima pastebėti, kad antropogeniniu būdu sukeltas poveikis veikė daug didesniu spinduliu ir buvo trečdaliu didesnis nei 2022 m. rugsėjo 27 d.. Erdviškai dalelės pasiskirstė ne tik į šiaurę link Latvijos bet ir į pietus link Smiltynės. Matoma, kad priekrantės buvo paveiktos labiausiai, nes didžiausi suspenduotų medžiagų kiekiai buvo susitelkę ties pakrantėmis. Remiantis Donazar-Aramendia et al. (2024), dugno gilinimo darbai kelia didelį pavojų aplinkai ir gali lemti vandens ir nuosėdų fizikinių ir cheminių parametrų, taip pat ekosistemų ir supančios aplinkos pokyčius. Abejuose tyrimuose buvo nustatyta, kad TSM geriausiai koreliuoja su potencine jūros vandens temperatūra, nes 2022 m. rugsėjo 27 d. susidarė silpnas neigiamas ryšys ($r = -0,29$), o 2022 m. spalio 17 d. vidutinio stiprumo neigiamas ryšys ($r = -0,55$). Su vėjo greičiu ir kryptimi abejuose tyrimuose susidarė silpni ryšiai, tačiau labai silpnas ryšys susidarė su jūros vandens srovės kryptimi. 2022 m. rugsėjo 27 d. koreliacijos koeficientas buvo lygus 0,07, o 2022 m. spalio 17 d. – -0,19. Tiek viename, tiek kitame tyrime buvo nustatytas santykinai mažas modelių determinacijos koeficientas, kuris rodo, kad modelis yra nepatikimas prognozuoti reikšmes. Vienas iš regresinės analizės naudojimo prognozavimui trūkumų yra tas, kad ji remiasi tam tikromis prielaidomis ir sąlygomis, kurios iš tikrųjų ne visada gali būti teisingos. Pavyzdžiui, regresinėje analizėje daroma prielaida, kad ryšys tarp kintamųjų yra tiesinis, pastovus ir nepriklausomas. Bet kurios iš šių prielaidų ar sąlygų pažeidimas gali lemti šališkus, nenuoseklius ar neefektyvius įvertinimus ir sumažinti prognozių tikslumą bei patikimumą. Mano tyrimo rezultatai parodė, kad potencinė vandens temperatūra turi reikšmingą skirtumą, tai reiškia, šis parametras gali būti naudojamas modelio kūrimui. Tačiau dar reikėtų įtraukti daugiau duomenų, kurie galėtų turėti įtakos suspenduotų dalelių erdviniam pasiskirstymui. Taigi, kuriant modelius ir norint, kad jie būtų tikslūs, yra svarbu įtraukti kuo daugiau galimų parametrų, nustatyti stipriausius ryšius su kintamaisiais ir taip pasirinkti hidrodinaminčius procesus.

Išvados. Nustatytas teigiamas stiprus ryšys ($r = 0,80$, $n = 28$) tarp *in situ* išmatuotų ir gautų iš Sentinel-2 palydovinių duomenų pritaikius C2RCC procesorių suspenduotų dalelių koncentraciją. Reikšmių, gautų iš

Sentinel-2 palydovinių duomenų, nuokrypiams įtakos turėjo hidrometeorologiniai reiškiniai bei optinių jutiklių trikdžiai.

Kasybos darbų paveiktoje teritorijoje 2022 m. rugsėjo 27 d. didžiausia TSM koncentracijos reikšmė buvo užfiksuota $32,48 \text{ g} \times \text{m}^{-3}$, nutolusi nuo kranto maždaug 1 km, tai yra apie 12 kartų didesnė lyginant su koncentracijomis, kurios buvo nustatytos maždaug 3 km atstumu nuo kranto, kur TSM poveikis buvo labai minimalus. 2022 m. spalio 17 d. didžiausia TSM koncentracijos reikšmė buvo $41,57 \text{ g} \times \text{m}^{-3}$, kuri buvo nutolusi nuo kranto apie 1 km, tai yra 18 kartų didesnė lyginant su koncentracijomis, kurios buvo nustatytos maždaug 5 km atstumu nuo kranto, kur TSM poveikio nebuvo.

Tarp TSM reikšmių gautų iš Sentinel-2 palydovinių duomenų, pritaikius C2RCC procesorių, ir potencinės jūros vandens temperatūros, gautos iš Baltijos jūros fizinės reanalizės produkto, pagal 2022 m. spalio 17 d. duomenis buvo nustatytas neigiamas vidutinio stiprumo ryšys ($r = -0,55$, $n = 494$) bei silpnas ryšys ($r = -0,29$, $n = 494$) pagal 2022 m. rugsėjo 27 d. duomenis. Taip pat nustatytas mažas daugialypės regresijos modelio determinacijos koeficientas $R^2 = 0,3$ rodo, kad modelis nepatikimas prognozuoti reikšmes. Tolimesniuose tyrimuose bus kuriamas patobulintas modelis, kuriame bus integruoti visi atvejai, siekiant patikrinti veiksmų poveikį.

Padėka. Dėkoju Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų instituto specialistams Jonui Gintauskui ir Irmui Babrauskienei, kurie buvo atsakingi už vandens mėginių surinkimą ir analizę.

Literatūra.

- Adjovu E. G., Stephen H., James D. & Ahmad S. (2023). Measurement of Total Dissolved Solids and Total Suspended Solids in Water Systems: A Review of the Issues, Conventional, and Remote Sensing Techniques. *Remote sensing*, 15, art. no. 3534. <https://doi.org/10.3390/rs15143534>
- Bui Q. T., Jamet C., Vantrepotte V., Mériaux X., Cauvin A. & Mognane A. M. (2022). Evaluation of Sentinel-2/MSI Atmospheric Correction Algorithms over Two Contrasted French Coastal Waters. *Remote sensing*, 14, art. no. 1099. <https://doi.org/10.3390/rs14051099>
- Copernicus Browser. Prieiga internetu: <https://dataspace.copernicus.eu/explore-data>. [žiūrėta 2024 m. balandžio 8 d.]
- Don'azar-Aramendía I., Megina C., Miro M. J., Florido M., Reyes-Martínez J. M., Olaya-Ponzone L. & García-Gómez C. J. (2024). Environmental effects of maintenance dredging works in a highly modified estuary: A short-term approach. *Ocean and Coastal Management*, 258. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2024.107394>
- Kratzer S., Kyriliuk D. & Brozkmann C. (2020). Inorganic suspended matter as an indicator of terrestrial influence in Baltic Sea coastal areas — Algorithm development and validation, and ecological relevance. *Remote sensing of Environment*, 237. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111609>
- Ogashawara I., Mishra R. D. & Gitelson A. A. (2017). Remote Sensing of Inland Waters: Background and Current State-of-the-Art. *Bio-optical Modeling and Remote Sensing of Inland Waters*, Chapter 1, p. 1-24. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804644-9.00001-X>
- Ritchie J. C., Zimba P. V. & Everitt J. H. (2003). Remote Sensing Techniques to Assess Water Quality. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 6, 695-704. <https://doi.org/10.14358/PERS.69.6.695>
- Vaičiūtė, D., Bresciani, M., & Bučas, M. (2012). Validation of MERIS bio-optical products within situdata in the turbid Lithuanian Baltic Sea coastal waters. *Journal of Applied Remote Sensing*, 6, p. 063568-3. <https://doi.org/10.1117/1.JRS.6.063568>
- Warren M. A., Simis S.G. H., Martinez-Vincente V., Poser K., Bresciani M., Alikas K., Spyarakos E., Giardino C. & Ansper A. (2019). Assessment of atmospheric correction algorithms for the Sentinel-2A MultiSpectral Imager over coastal and inland waters. *Remote sensing of environment*, 225, 267-289. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.03.018>

KAŠUČIŲ EŽERO MAUDYKLOS VANDENS KOKYBĖS VERTINIMAS REMIANTIS MELSVABAKTERIŲ PARAMETRAIS

Ieva Sakovskaja¹, Donata Overlingė¹, Jolita Petkuvienė¹, Diana Vaičiūtė¹, Marija Kataržytė¹, Greta Kalvaitienė¹, Ugnė Embrasaitė¹, Martyna Pareigytė¹, Hanna Mazur-Marzec²

¹Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas, Klaipėda, ²Gdanskio universitetas, Gdanskas, Lenkija
ieva.sakovskaja@ku.lt

Įvadas. Melsvabakterės – prokariotinių organizmų grupė, priskiriama fitoplanktonui (Filstrup et al., 2014). Melsvabakterių žydėjimo metu gali išsiskirti įvairūs toksinai, kurie gali pakenkti žmonių ir kitų gyvų organizmų sveikatai (Huisman et al., 2018), todėl jų tyrimai yra svarbūs tiek ekologinei būklei, tiek maudyklų vandens kokybei vertinti (Karsten et al., 2022). Vertinant melsvabakterių parametrus yra atsižvelgiama į: vandens skaidrumą, chlorofilo „a“ koncentraciją ir melsvabakterių gausumą (Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministerija, 2022). Remiantis Pasaulio sveikatos organizacijos (PSO) rekomendacijomis, vandens kokybė gali būti vertinama ir pagal šiuos parametrus: melsvabakterių biomasė, mikrocistinų koncentracija. Prie visų rekomenduojamų parametrų priskiriamas dar vienas papildomas parametras – vizualinis vandens kokybės vertinimas. Siūloma vertinti vandens kokybę pagal vandens spalvą arba žydėjimo buvimo ženklus, vėliau sukelti nuotraukas bei pastebėjimus į bendrą sistemą. Taip pat skatinama įtraukti savanorius, kurie galėtų daryti nuotraukas ir taip prisidėti prie vizualinio vandens vertinimo stebėjimo. Bet iki šiol nėra pateikta tikslių parametrų, kuriais galima būtų pasiremti, vertinant vandens kokybę vizualiai (WHO, 2021). Vandens telkinių vandens spalva ar skaidrumas kinta ne tik dėl gausaus melsvabakterių (arba fitoplanktono) vystymosi, bet ir dėl ištirpusių ar suspenduotų medžiagų, pakrantėse pasitaikančių žiedadulkių ar kitų organinės kilmės sąnašų (IOCCG, 2023). Šiuo metu nėra nustatyta tikslių vertinimo gairių bei vertinimo skalės, kurios padėtų nusakyti, kada vandens telkinys laikomas žydinčiu, dėl to vizualinį vertinimą atliekantys asmenys susiduria su problemomis vertinimo metu.

Mūsų tyrimo tikslas buvo įvertinti Kašucių ežero vandens kokybę remiantis melsvabakterių parametrais. Tyrimo uždaviniai:

- 1) nustatyti melsvabakterių gausumo ir biomasės, chlorofilo „a“ ir mikrocistinų koncentracijų kaitą Kašucių ežere;
- 2) įvertinti vandens kokybę remiantis Lietuvos higienos norma 92:2018 ir Pasaulinės sveikatos organizacijos rekomendacijomis;
- 3) nustatyti vizualinio vertinimo atitikimą melsvabakterių tiriamiems parametrams.

Metodai. Mėginiai fitoplanktono rūšinei sudėčiai, chlorofilo „a“ ir mikrocistinų koncentracijai nustatyti Kašucių ežere buvo renkami kas antrą savaitę nuo 2023 gegužės 18 d. iki 2023 rugsėjo 13 d. iš paviršinio vandens sluoksnio. Mėginių rinkimo vietose buvo taikomas dar vienas eksperimentinis metodas – vizualinis telkinio vertinimas. Šis metodas yra paremtas vandens telkinio fotografavimu visu mėginių rinkimo laikotarpiu. Vizualinio vertinimo metu buvo užfiksuoti: vandens telkinio krantas, telkinio vanduo, pasemtas į permatomą butelį ir naudojant baltą foną su juodu tašku (ISO 7027–2:2019). Fitoplanktono mėginiai buvo užfiksuoti Liugolio tirpalu, o vėliau tiriami atvirkštinės mikroskopijos (Utermöhl) metodu pagal HELCOM rekomendacijas (Utermöhl, 1957, HELCOM, 2017). Chlorofilo „a“ ir mikrocistinų analizei mėginiai buvo filtruojami per GF/F stiklo pluošto filtrus, o vėliau atlikta ekstrakcija ir matavimai pagal ISO 10260:1992 standartą (chlorofilas „a“) (ISO 10260:1992) ir LC-MS/MS analizė (mikrocistinai) (Mazur-Marzec, 2015).

Rezultatai. Mažiausia fitoplanktono biomasė buvo nustatyta birželio 1 d. (0,029 mg/l), o didžiausia – rugpjūčio 22 d. (0,167 mg/l) (1 lentelė). Likusiu laikotarpiu biomasė svyravo nuo 0,044 mg/l iki 0,136 mg/l. Nuo birželio 28 d. iki tiriamojo laikotarpio pabaigos melsvabakterės tapo dominuojančia grupe (*Aphanocapsa* spp., *Microcystis aeruginosa*, *Dolichospermum flos-aquae*). Didžiausia jų biomasė buvo rugsėjo 13 d. – 0,062 mg/l (49 % nuo bendros fitoplanktono biomasės). Didžiausia melsvabakterių (*Cyanophyceae*) biomasė buvo nustatyta liepos 26 d. ir rugpjūčio 22 d. (0,041 mg/l) bei rugsėjo 13 d. (0,062 mg/l), mažiausia – gegužės 18 d. (0,001 mg/l), birželio 1 d. ir birželio 12 d. (0,002 mg/l). Visu likusiu laikotarpiu bendra melsvabakterių biomasė kito nuo 0,01 mg/l iki 0,037 mg/l. Melsvabakterių gausumas nuo tyrimo laikotarpio pradžios iki vasaros vidurio svyravo nuo 1×10^3 ląst./ml iki 52×10^3 ląst./ml. Liepos 26 d. melsvabakterių gausumas pasiekė aukščiausią reikšmę – 138×10^3 ląst./ml. Rekreacinio laikotarpio pabaigoje siekė 25×10^3 ląst./ml.

1 lentelė. Fitoplanktono ir melsvabakterių parametrų duomenys Kašūčių ežero maudykloje tiriamuoju laikotarpiu 2023 m.

Data	Fitoplanktono biomasė (mg/l)	Melsvabakterių biomasė (mg/l)	Melsvabakterių biomasė nuo bendros fitoplanktono biomasės (%)	Melsvabakterių gausumas ($\times 10^3$ ląst./ml)	Chl "a" koncentracija ($\mu\text{g/l}$)	Secchi diskas (cm)	Mikrocistinių koncentracija ($\mu\text{g/l}$)
2023 05 18	0,044	0,001	1,4	1	3,94	>100	0
2023 06 01	0,029	0,002	8	3	1,66	>100	0
2023 06 12	0,105	0,002	1,8	2	2,49	>100	0,10
2023 06 28	0,061	0,010	17	3	5,53	>100	0,05
2023 07 12	0,117	0,037	32	52	16,03	>100	0,09
2023 07 26	0,136	0,041	30	138	9,12	50	4,10
2023 08 11	0,071	0,019	27	86	6,91	100	3,78
2023 08 22	0,167	0,041	24	33	5,37	<50	0,78
2023 09 13	0,127	0,062	49	25	21,42	>50	16,04
						Parametrai viršija nustatytas ribas	
						Parametrai artėja prie nustatytų ribų	

Vandens skaidrumas, matuojamas Secchi disku, visą tyrimo laikotarpį viršijo 0,5 m. ribą, pagal kurią vanduo vertinamas kaip skaidrus. Tyrimo metu buvo aptikti trys mikrocistinių variantai (dmMC-LR, MC-YR, MC-LR). Tarp visų aptiktų mikrocistinių variantų, MC-LR variantas dominavo mėginiuose. Mažiausia bendra mikrocistinių koncentracija buvo nustatyta birželio 28 d. (0,048 $\mu\text{g/l}$), didžiausia – rugsėjo 13 d. (16,04 $\mu\text{g/l}$). Gegužės 18 d. ir birželio 1 d. mikrocistinių nebuvo aptikta. Likusiu laikotarpiu koncentracijos svyravo nuo 0,10 $\mu\text{g/l}$ iki 4,1 $\mu\text{g/l}$.



1 pav. Kašūčių ežero kranto ir pasemto vandens į permatomą butelį ant balto fono su juodu tašku nuotraukos padarytos 2023 06 01 (kairėje), 2023 08 22 (vidury) ir 2023 09 13 (dešinėje).

1 pav. pateikiamos trys Kašūčių ežero nuotraukos. Pirmos dvi nuotraukos iliustruoja ežero vandens spalvą esant mažiausiam (birželio 1 d.) ir didžiausiam (rugsėjo 22 d.) fitoplanktono biomasės kiekiui. Vertinant vandens telkinio spalvą, vandens atspalviai skirtingomis dienomis skiriasi labai neženkliai ir didesnę įtaką daro nuotraukos apšvietimas bei dugno spalva. Trečia nuotrauka (rugsėjo 13 d.) vaizduoja ežero vandens spalvą esant didžiausiai melsvabakterių biomasei. Vertinant vandens spalvą galime pamatyti ženklus skirtumus lyginant su kitomis nuotraukomis. Rugsėjo 13 d. Kašūčių ežero vandens spalva įgavo žalsvą atspalvį. Melsvabakterių biomasės padidėjimas galėjo turėti įtakos šiems pakitimams. Naudojant skaidraus plastiko indą sunku pastebėti skirtumą tarp vandens atspalvių.

Rezultatų aptarimas. Remiantis Lietuvos maudyklų direktyvoje nurodytomis melsvabakterių parametrų (gausumo ir chlorofilo „a“ koncentracija) ribinėmis vertėmis, Kašūčių ežere chlorofilo „a“ kiekis

viršijo 10 µg/l, bet neviršijo 50 µg/l koncentracijos du kartus per tyrimo laikotarpį, pagal Lietuvos higienos normą visuomenė turėjo būti informuota apie melsvabakterių pagausėjimą ir pateikta rekomendacija nesimaudyti (HN 92:2018). Tuo tarpu melsvabakterių gausumas viršijo 100 tūks. ląst./ml ribą tik vieną kartą, kuri pagal Lietuvos maudyklų higienos normą draudžia maudytis telkinyje, kuris viršija šią melsvabakterių gausumo ribą (HN 92:2018). Chlorofilo „a“ ir melsvabakterių gausumo viršijamos ribos pagal datas nesutapo. 2023 m. liepos 26 d. melsvabakterių gausumas viršijo nustatytą ribą ir siekė 138 tūks. ląst./ml, bet chlorofilo „a“ koncentracija buvo tik 9,12 µg/l, kas atitinka nustatytas ribas. Vadovaujantis HN 92:2018 tyrimų eiga, pirmiausiai turi būti atliekama chlorofilo „a“ analizė ir tik vėliau, priklausomai nuo jo rezultato, melsvabakterių gausumo tyrimas. Rezultatai rodo, kad ne visada chlorofilo „a“ koncentracija gali atskleisti riziką, susijusią su padidėjusiu melsvabakterių gausumu ir vandens kokybės vertinimas gali būti klaidingas. Todėl tokiais atvejais reiktų atsižvelgti į kitus svarbius parametrus, tokius kaip melsvabakterių biomasė ir ypač į mikrocistinų koncentracijas. Vertinant Kašūčių ežerą pagal PSO (2021) rekomendacijas, melsvabakterių biomasė neviršijo leistinų normų visą tyrimo laikotarpį. Tačiau mikrocistinų koncentracijos, nors ir tiriamu laikotarpiu neviršijo nustatytos ribinės vertės (24 µg/l), rugsėjo mėn. pasiekė net 16 µg/l. Kadangi melsvabakterių keliama grėsmė yra tiesiogiai susijusi su toksinų produkcija, Kašūčių ežero vandens kokybės tyrimas atskleidė, jog nė vienas parametras, išskyrus mikrocistinų koncentraciją, neatskleidė tikrosios rizikos arba buvo pervertinamas pavojus (melsvabakterių gausumo rezultatai).

Lietuvos maudyklų direktyva (HN 92:2018) bei WHO (2021) vertinant maudyklų vandens kokybę, rekomenduoja pirmiausiai atlikti vizualinį vandens vertinimą, kaip greitą ir veiksmingą būdą nustatyti keliamą riziką. Kašūčių ežero vanduo praktiškai visą tyrimo laikotarpį buvo skaidrus ir neturėjo žydėjimo ženklų, bet rugsėjo 13 d. įgavo žalsvą atspalvį, tačiau skaidraus plastiko butelyje šio atspalvio nebuvo nustatyta. Dėl skaidraus vandens melsvabakterių išsidėstymas, manoma, buvo paplitęs visame vandens stulpe, todėl vizualiai žiūrint nuo kranto vanduo atrodo žalsvas, pasėmus nedidelį vandens kiekį šis atspalvis pranyksta. Melsvabakterių žydėjimas gali telktis ne tik vandens paviršiuje, bet būti išsisklaidęs vandens stulpe (pvz. *Planktothrix agardhii* žydėjimai) (Chorus ir Welker, 2021). Tyrimas parodė, kad vien vizualinis vandens spalvos patikrinimas nėra patikimas melsvabakterių žydėjimo įvertinimo metodas, ypač kai turime silpnai žydrintą vandenį, kuriame mikrocistinų kiekiai yra randami pakankamai dideli. Tokiais atvejais reiktų naudoti papildomus parametrus (mikroskopavimą, chlorofilo „a“ koncentracijų nustatymą ar toksinų analizę) nustatyti keliamą riziką poilsiautojams.

Išvados. Tyrimo laikotarpiu Kašūčių ežere chlorofilo „a“ koncentracija kito nuo 1,66 µg/l iki 21,42 µg/l, melsvabakterių gausumas – nuo 1×10^3 ląst./ml iki 138×10^3 ląst./ml, o melsvabakterių biomasė – nuo 0,001 mg/l iki 0,062 mg/l. Didžiausios visų parametų (išskyrus melsvabakterių gausumą) reikšmės nustatytos rugsėjo mėn. Mikrocistinų koncentracija visą tyrimo laikotarpį kito nuo 0 µg/l iki 16,04 µg/l. Vertinant Kašūčių ežerą pagal Lietuvos higienos normą (HN 92:2018) ir PSO (2021) rekomendacijas – chlorofilo „a“ koncentracija, melsvabakterių gausumas ir biomasė neatskleidė tikrosios rizikos, kurią gali sukelti melsvabakterių pagausėjimas vandens telkinyje, todėl rekomenduojama matuoti mikrocistinų koncentracijas. Vizualinis vertinimas Kašūčių ežere parodė, jog vertinimas skaidriuose vandens telkiniuose turi būti vykdomas atsargiai, bei remtis papildomais melsvabakterių parametrais.

Literatūra.

- Chorus I., & Welker, M. (Eds.). 2021. Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring and Management (2nd ed.).
- Filstrup C. T., Hillebrand H., Heathcote A. J., Harpole W. S., Downing J. A. 2014. Cyanobacteria dominance influences resource use efficiency and community turnover in phytoplankton and zooplankton communities. *Ecology Letters*, vol. 17(4), p. 464-474.
- HELCOM, 2017. Manual of Marine Monitoring in the Combine Programme of HELCOM, Annex C-6: Guidelines concerning phytoplankton species composition, abundance and biomass.
- HN 92:2018. Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministerija, 2021. Lietuvos higienos normos HN 92:2018 Papildiniai ir jų maudyklų vandens kokybė.
- Huisman J., Codd G. A., Paerl H. W., Ibelings B. W., Verspagen J. M. H., Visser P. M. 2018. Cyanobacterial blooms. *Nature Reviews Microbiology* vol. 16, p. 471–483
- IOCCG, 2023. Observation of harmful algal blooms with ocean colour radiometry. Report Number 20.
- ISO 10260:1992. Water quality, Measurement of biochemical parameters, Spectrometric determination of the chlorophyll-a concentration.
- ISO 7027-2:2019. Water quality, Determination of turbidity, Part 2: Semi-quantitative methods for the assessment of transparency of waters.

- Karsten R., Globevnik L., Šubelj G., et al. 2022. Satellite-based monitoring of cyanobacteria in bathing waters, ETC/ICM Technical Report 07/2022: European Topic Centre on Inland, Coastal and Marine Waters, 35 pp.
- Mazur-Marzec H., Błaszczyk A., Felczykowska A. et al. Baltic Cyanobacteria—A Source of Biologically Active Compounds. *Eur. J. Phycol.* 2015, 50, 343–360 pp.
- Mishra S., Kumari N., Donat H., Sinha R. 2022. Cyanobacterial Blooms and Their Implications in the Changing Environment. *Advances in Environmental and Engineering Research*, vol. 3, p. 1-30.
- Wang S., Zhang X., Chen N., et al., 2023. A systematic review and quantitative meta-analysis of the relationships between driving forces and cyanobacterial blooms at global scale. *Environmental Research*, Vol. 216, Part 3, 1-9.
- WHO, 2021. Guidelines on recreational water quality, Volume 1: coastal and fresh waters.

SPATIAL MOVEMENTS OF THE GREAT CORMORANT *PHALACROCORAX CARBO* ACROSS KARKLĖ, JUODKRANTĖ, RUSNĖ COLONIES

Paolo Salvador¹, Rasa Morkūnė¹, Marianna Chimienti², Akiko Kato³, Vytautas Eigirdas⁴, Julius Morkūnas¹

¹Marine Research Institute, Klaipėda University, Klaipėda, Lithuania, ²School of Ocean Sciences, Bangor University, Menai Bridge, UK, ³Centre d'Études Biologiques de Chizé, CNRS La Rochelle Université, Villiers-en-Bois, France,

⁴Ventes Ragas Ornithological Station, Ventė, Lithuania
paolo.salvador@ku.lt

Introduction. Investigating animal spatial behaviour is essential to defining resource usage and key habitat requirements (Beal et al. 2023). Intra-population movements may differentiate across individual life stages and colonies, influencing habitat use and niche partitioning (Cleasby et al. 2024). Nowadays, advanced technologies in ornithology are widely used, such as attaching miniaturised GPS/GSM transmitters to birds, to collect innovative data on their movements and habitat use (Ropert-Coudert et al. 2009). The Great Cormorant (*Phalacrocorax carbo*) is a close-range forager distributed globally across several habitats, from coastal to freshwater environments (Hatch et al. 2020). Despite its wide distribution and recent range expansion at the European and Baltic Sea levels (Herrmann et al. 2022), the movement ecology of wild populations remains poorly understudied.

Material and Methods. This study used GPS/GSM tracking data to investigate the foraging movements of breeding ($n = 23$) and nonbreeding ($n = 12$) adults of Great Cormorant between 2018 and 2024. The study area encompasses three breeding colonies along the Lithuanian coastal area, south-eastern Baltic Sea: Karklė ($55^{\circ}50'05''\text{N}$ $21^{\circ}04'09''\text{E}$), Juodkrantė ($55^{\circ}31'09''\text{N}$ $21^{\circ}06'42''\text{E}$) and Rusnė ($55^{\circ}20'23''\text{N}$ $21^{\circ}19'41''\text{E}$). Birds were captured using mist-nets, noose loops or a cannon-net and tagged with solar panel-powered GPS/GSM transmitters with a flexible harness design (Ornitela Ornitrack OT-25DT, 25 g) (Figure 1).

To identify the characteristics of spatial movements during the breeding period, the collected GPS tracks were split into foraging trips, using the R package *track2KBA* (Beal et al. 2021) running in R software (R version 4.3.3; R Core Team, 2024). The package uses the individual identity, data-time GPS location, location of the colony and a buffer around the colony to identify the trip's start and end. We considered 60 minutes the minimum trip duration and 1km as a buffer. Only complete trips were included in subsequent analyses. Secondly, tracks were linearly interpolated using the R package *adehabitatLT* (Calenge 2011a). The Kernel home ranges were determined using the *adehabitatHR* package (Calenge, 2011b) at different levels: 50%, 75% and 95%. The spatial fidelity was estimated with Bhattacharyya's Affinity Index using the *adehabitatHR* package (Calenge, 2011b). The index spans from 0, no overlap, to 1, complete overlap. Differences in home ranges and spatial fidelity between breeders and nonbreeders within and among colonies have been quantified.

Results. At the population level, the average home range covered by a breeder is $320.4 \pm 182.7 \text{ km}^2$, while nonbreeders showed a more extensive home range of $402.1 \pm 459.1 \text{ km}^2$, but no significant difference was found between the two groups. At the colony level, significant differences in home ranges were found only in Karklė, where a breeder has a relatively smaller area than a nonbreeder. No differences were found in the Juodkrantė colony and the Rusnė colony (Figure 2).

At the population level, a low degree of spatial overlap is displayed between colonies. Within colonies, the spatial fidelity between breeders is high (0.75 ± 0.14), while it is lower between non-breeders (0.62 ± 0.17).



Figure 1. An adult Great Cormorant equipped with a GPS/GSM device captured at the Karklė breeding colony in 2024.

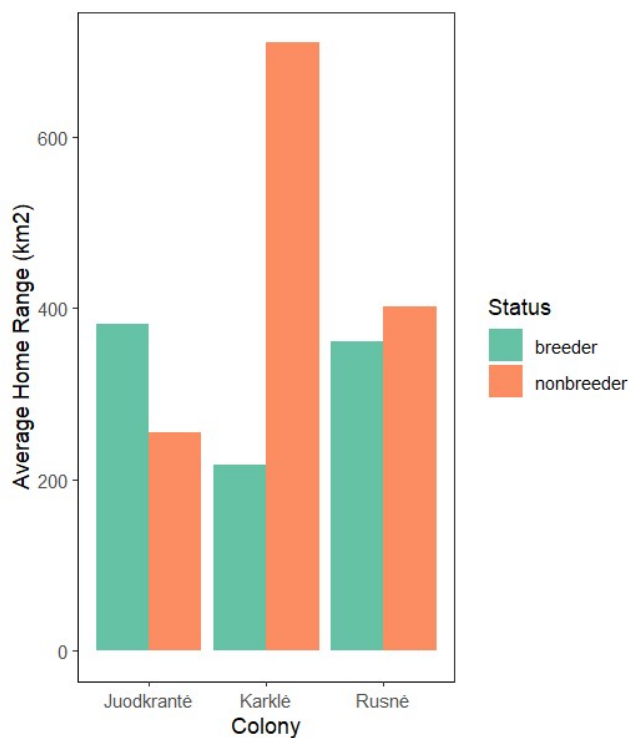


Figure 2. Average of Kernel Home Range (95 %) calculated on km², according to the colony and status.

Discussion. The Great Cormorant is widespread and forages all along the Lithuanian coastal area, either in the sea or in the Curonian Lagoon during the breeding period (Figure 1). However, the three colonies show different movement behaviour. Breeding Great cormorants exhibit colony-specific foraging strategies, resulting in a distinct sea-lagoon gradient in habitat use. Individuals from the Karklė colony forage exclusively in the marine habitat, whereas those from the Juodkrantė colony utilize both marine and lagoon environments. In contrast, individuals from the Rusnė colony focus their foraging activity on the Curonian Lagoon. Nonbreeding individuals display different and more variable spatial distributions, likely due to the absence of reproductive constraints. Their home ranges generally contain a higher number of core areas (50 %), predominantly concentrated around the roosting sites. Their spatial distribution suggests alternative foraging strategies compared to breeding individuals (Figure 1).

The high spatial fidelity within colonies suggests shared foraging strategies between breeders, whereas such patterns are less pronounced among nonbreeders. Spatial overlap is partial among colonies with two areas primarily identified: one at one roosting point at the mouth of Klaipėda Port, and the other one in the Curonian Lagoon located between Juodkrantė and Rusnė colonies. Spatial segregation is a common avoidance strategy from neighbouring breeding colonies, likely to avoid interspecific resource competition and inter-colony coexistence (Schoener 1974).

Conclusion. This study provides novel insights into the spatial behaviour of the Great Cormorant, revealing significant differences between breeders and nonbreeders. It emphasises the need to integrate different life stages when describing population spatial dynamics and potentially addressing marine spatial planning.

Acknowledgement. This project has received funding from the Research Council of Lithuania (LMTLT) under agreement No. S-MIP-24-87. We thank the Cormorants Oceanography Project at Oregon State University for their data contribution, as well as previous projects funded by LMTLT and the European Maritime, Fisheries and Aquaculture Fund.

References

- Beal, M., Oppel, S., Handley, J., Pearmain, E. J., Morera-Pujol, V., Carneiro, A. P. B., Davies, T. E., Phillips, R. A., Taylor, P. R., Miller, M. G. R., Franco, A. M. A., Catry, I., Patricio, A. R., Regalla, A., Staniland, I., Boyd, C., Catry, P., & Dias, M. P. (2021). track2KBA: An R package for identifying important sites for biodiversity from tracking data. *Methods in Ecology and Evolution*, 12(12), 2372–2378. doi: 10.1111/2041-210X.13713.
- Beal, M., Catry, P., Phillips, R. A., Oppel, S., Arnould, J. P. Y., Bogdanova, M. I., Bolton, M., Carneiro, A. P. B., Clatterbuck, C., Connors, M., Daunt, F., Delord, K., Elliott, K., Fromant, A., Granadeiro, J. P., Green, J. A., Halsey, L., Hamer, K. C., Ito, M., ... Dias, M. P. (2023). Quantifying annual spatial consistency in chick-rearing seabirds to inform important site identification. *Biological Conservation*, 281, 109994. doi: 10.1016/j.biocon.2023.109994.
- Calenge, C. (2011a). Analysis of animal movements in R: the adehabitatLT package. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- Calenge, C. (2011b). Home range estimation in R: the adehabitatHR package. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- Cleasby, I. R., Owen, E., Butler, A., Baer, J., Blackburn, J., Bogdanova, M. I., Coledale, T., Daunt, F., Dodd, S., Evans, J. C., Green, J. A., Guilford, T., Harris, M. P., Hughes, R., Newell, M. A., Newton, S. F., Robertson, G. S., Ruffino, L., Shoji, A., ... Bolton, M. (2024). Assessing the importance of individual- and colony-level variation when using seabird foraging ranges as impact assessment and conservation tools. *Ibis*, 166(3), 871–895. doi: 10.1111/ibi.13284.
- Hatch, J. J., K. M. Brown, G. G. Hogan, R. D. Morris, J. Orta, E. Garcia, F. Jutglar, G. M. Kirwan, and P. F. D. Boesman (2020). Great Cormorant (*Phalacrocorax carbo*), version 1.0. In *Birds of the World* (S. M. Billerman, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. doi: 10.2173/bow.grecor.01.
- Herrmann, C., Feige, K.-D., Otto, D., & Bregnballe, T. (2022). Natural Regulation of the Baltic Population of the Great Cormorant *Phalacrocorax carbo sinensis*: The Interplay between Winter Severity and Density Dependence. *Ardea*, 109(3). doi: 10.5253/arde.v109i2.a7.
- Ropert-Coudert, Y., Beaulieu, M., Hanuise, N., & Kato, A. (2009). Diving into the world of biologging. *Endangered Species Research*, 10, 21–27. doi: 10.3354/esr00188.
- R Core Team. (2024). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>.
- Schoener, T. W. (1974). Resource Partitioning in Ecological Communities: Research on how similar species divide resources helps reveal the natural regulation of species diversity. *Science*, 185(4145), 27-39.

REFERENCINĖS CHEMINĖS SUDĖTIES MEDŽIAGOS KAIP ĮRANKIS SKIRTINGA ĮRANGA IŠGAUNAMŲ ANALIČIŲ KIEKIAMS SUSIETI

Saulius Sarcevičius¹, Sergej Suzdalev², Ričardas Taraškevičius^{2,3}

¹Lietuvos istorijos institutas, Vilnius, ²Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas, Klaipėda, ³Valstybinis mokslinių tyrimų institutas Gamtos tyrimų centras, Vilnius
sausarii@gmail.com

Įvadas. Neretai cheminės sudėties analizės rezultatų naudotojai, tuos pačius bandinius pabandę pateikti kelioms laboratorijoms, būna nemaloniai nustebę, gavę skirtingų dominančių analičių kiekių išraiškas. Sutrinkama. Nurimus, išsikristalizuoja vienintelis klausimas: kuo pasitikėti, kokiais rezultatais naudotis? Šio tyrimo tikslas: pasinaudojant to paties gamintojo tos pačios bazinės rentgeno spindulių fluorescencijos (XRF) įrangos dviejų modifikacijų prietaisais palyginti jų teikiamus analizės rezultatus ir pasiūlyti metodologiją teikiams duomenims susieti.

Metodai. Tų pačių bandinių cheminės sudėties analizei panaudoti du to paties gamintojo tokiu pačiu baziniu pavadinimu „Spectro Xepos“ įvardinti EDXRF spektrometrijos prietaisai. Abiejų jų spektro skiriamoji geba < 130 eV (Mn K- α), sužadinimo (rentgeno) sistemos galia – iki 50 W, elektros srovė – iki 2 mA, abu aprūpinti cheminių elementų, nuo Na iki Cl, jautrio gerinimo sistema. Tačiau, jeigu vienas jų – Xepos C, gali pasiekti 50kV įtampą ir neturi juostos pralaidumo filtro Co K α sužadinti (CoK), tai kitas – Xepos HE, analičių fluorescencijai sužadinti gali pasitelkti 60 kV įtampą ir yra aprūpintas CoK sistema.

Bandoma medžiaga – vienuolika dirvožemio bandinių, ištirtų ne mažiau negu šešių jų sudėties testavimo periodų metu Vageningeno universiteto (Nyderlandai) rengiamoje tarptautinėje analizės rezultatų tarplaboratorių mainų (testavimo) programoje "International Soil-Exchange Programme (ISE)" (<https://www.wepal.nl/en/competency-tests/soil-2.htm>). Dirvožemio mėginių litologinė įvairovė plati.

Xepos C ir Xepos HE galimybių bandymams iš viso pasitelktos trisdešimt šešios analitės. Jų ISE pateikiamas (toliau - „given“) analičių medianinių reikšmių diapazonas, nuo mažiausios iki didžiausios („Min-Max“), yra apibūdintas 1 lentelėje.

1 lentelė. Medianinių reikšmių diapazonas bandomuose ISE programos dirvožemio mėginiuose. Oksidais išreikštų analičių kiekiai yra pateikiami %, kitų – mg kg⁻¹

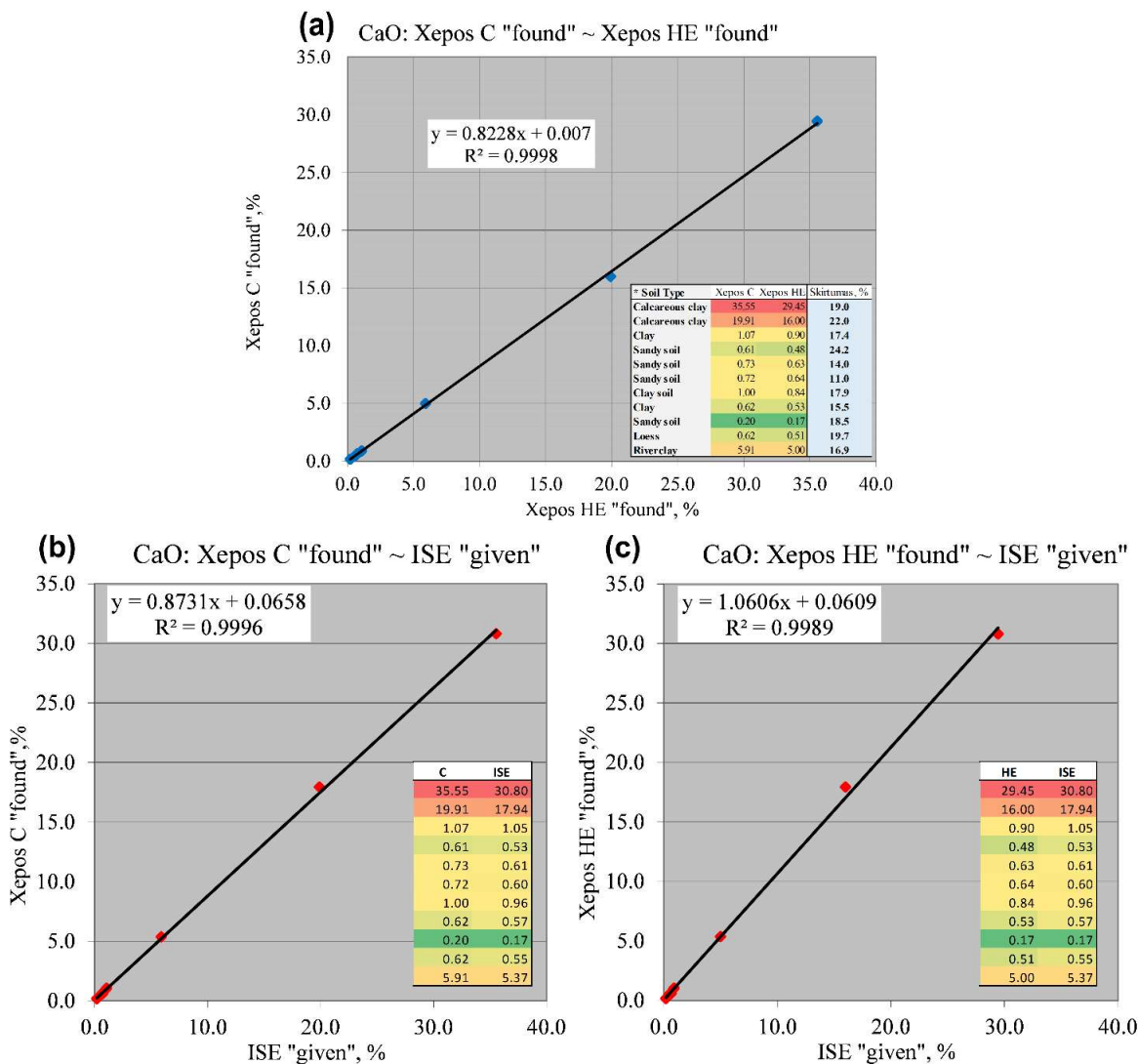
Analitė	Min-Max	Analitė	Min-Max	Analitė	Min-Max
Na ₂ O	0,187 – 0,954	Fe ₂ O ₃	0,30 – 8,69	Nb	2,6 – 20,9
MgO	0,10 – 2,41	Ni	2,2 – 62,1	Mo	0,50 – 2,65
Al ₂ O ₃	2,32 – 18,11	Cu	5,2 – 157,0	Cd	0,11 – 12,95
SiO ₂	36,4 – 91,4	Zn	17 – 1050	Sn	1,60 – 28,2
P ₂ O ₅	0,038 – 0,619	Ga	2,90 – 25,50	Sb	1,49 – 4,70
SO ₃	0,052 – 0,350	As	1,6 – 46,1	Ba	151 – 1050
K ₂ O	0,722 – 2,77	Se	0,84 – 2,23	La	15,6 – 63,9
CaO	0,17 – 30,80	Br	4,72 – 16,0	Ce	31 – 131
Ti	576 – 6177	Rb	25,1 – 198	Tl	0,18 – 1,66
V	11 – 151	Sr	29 – 587	Pb	7,5 – 299
Cr	11 – 260	Y	4,7 – 42,9	Th	2,4 – 19,2
MnO	0,0101 – 0,1950	Zr	138 – 582	U	0,85 – 4,36

Xepos C ir Xepos HE prietaisų nustatytas (toliau - „found“) reikšmės, o taip pat – kiekvieno jų „found“ ir ISE „given“ reikšmės susiejome tarpusavyje išreikšdami tiesinės regresijos formulėmis. Jų sąryšio tamprumą apibūdinome tiesinės regresijos R kvadrato reikšmėmis.

Rezultatai ir jų aptarimas. Skirtingais prietaisais aptiktų analičių kiekių susiejimo metodologinė seka pateikiama iliustracijoje (1 pav.). Palyginę („a“ panelė) Xepos C ir HE prietaisais aptiktų analičių kiekius matome, kad jų „found“ reikšmės vidutiniškai skiriasi 18 % (kinta intervale tarp 11,0 iki 24,2 %). Tačiau tiesinės regresijos R kvadrato reikšmė yra artima vienetui ($R^2 = 0,9998$). Tuo patvirtinama recalibracijos galimybė, pasinaudojant šiuos rezultatus siejančiomis formulėmis. Pateiktoji formulė („a“ panelė) įgalintų tyrėją,

disponuojantį Xepos C „found“ rezultatais, perskaičiuoti juos į palyginamus su išgautaisiais, naudojant Xepos HE įrangą.

Vis tik patogiau būtų, jeigu ir Xepos C įrangos naudotojas jo „found“ rezultatus būtų rekalibravęs pagal ISE „given“ duomenis („b“ panelė), pasinaudodamas juos siejančia regresijos formule. O analogišką veiksmą atliktų ir Xepos HE naudotojas („c“ panelė). Rekalibruotieji rezultatai taptų tiesiogiai palyginami. Tokią galimybę skatina aukštos R^2 reikšmės, atitinkamai, 0,9996 ir 0,9989.



1 pav. Xepos C ir Xepos HE „found“ ir ISE „given“ CaO kiekiai. Tarpusavio sąsajų ir sąryšio su ISE „given“ reikšmėmis apibūdinimas: (a) – Xepos C ir Xepos HE „found“ sąsajų išraiškos (* – dirvožemio tipas („Soil Type“) yra teikiamas pagal ISE apibūdinimą), (b) – Xepos C „found“ ir ISE „given“ sąsajų išraiškos, (c) – Xepos HE „found“ ir ISE „given“ sąsajų išraiškos.

Iliustracijai CaO pasirinktas neatsitiktinai. Jis yra pačioje pradžioje dvidešimt penkių analizių (CaO,, SiO₂) sekos, kurių R^2 reikšmės didesnės už 0,9900 (2 pav.).

Didesnė R^2 reikšmė rodo, kad modelis geriau prognozuoja priklausomą kintamąjį. Todėl net ir kitos (einančios sekoje žemiau SiO₂) devynios analitės (Cr, SO₃, V, Tl, Ce, P₂O₅, Mo, Na₂O ir U), pasižymėdamos R^2 reikšmėmis didesnėmis už 0,9200, leidžia tikėtis patikimos Xepos C ir HE prietaisais aptiktų analizių kiekių koreliacijos ir gali būti siejamos tiesiogiai po rekalibracijos pasinaudojus Vageningeno universiteto rengiamos tarptautinės analizės rezultatų tarplaboratorių mainų (testavimo) programos „International Soil-Exchange Programme (ISE)“ mėginių „given“ duomenimis. Su išlyga gali būti koreliuojami ir Sb ($R^2 = 0,891$) analizės rezultatai. Arba net ir La ($R^2 = 0,740$).

Analitė	R ²	C "found" ~ HE "found"	C "found" ~ ISE "given"	HE "found" ~ ISE "given"
CaO	0.9998	y = 0.8228x + 0.007	y = 0.8731x + 0.0658	y = 1.0606x + 0.0609
Zn	0.9998	y = 1.0322x + 0.01	y = 0.9388x + 0.0101	y = 0.9094x + 0.0193
Rb	0.9998	y = 0.9701x - 0.0502	y = 1.0037x - 0.7246	y = 1.0346x - 0.664
Cd	0.9998	y = 1.1295x - 1.5767	y = 0.9836x - 0.1867	y = 0.7996x + 2.0227
Fe ₂ O ₃	0.9995	y = 1.0435x - 0.0024	y = 0.9891x - 0.0391	y = 0.9477x - 0.0363
Sr	0.9994	y = 1.0963x - 1.4194	y = 0.95x + 2.0031	y = 0.8662x + 3.2869
Pb	0.9993	y = 1.0445x + 0.743	y = 0.9853x - 0.564	y = 0.9428x - 1.2287
MnO	0.9992	y = 0.9354x + 14.751	y = 0.9503x + 10.25	y = 1.0153x - 4.2984
Cu	0.9992	y = 1.1134x + 5.3798	y = 0.9928x - 0.3034	y = 0.8914x - 5.0861
Ba	0.9986	y = 1.0092x + 33.917	y = 1.0011x + 23.995	y = 0.9909x - 9.2104
As	0.9982	y = 0.955x + 0.2196	y = 0.787x + 0.1704	y = 0.8216x + 0.0263
Br	0.9980	y = 1.15x - 0.1935	y = 1.012x + 0.596	y = 0.8772x + 0.7873
Sn	0.9979	y = 1.0621x + 0.9519	y = 0.9238x - 0.2367	y = 0.8729x - 1.1422
Ga	0.9976	y = 1.0358x - 1.0951	y = 0.9379x + 0.1449	y = 0.9023x + 1.1705
K ₂ O	0.9972	y = 1.0113x + 0.0559	y = 1.0847x - 0.2174	y = 1.0339x - 0.1807
Y	0.9972	y = 1.0541x - 0.393	y = 1.1946x - 5.5831	y = 1.1268x - 4.9894
Nb	0.9970	y = 0.8825x - 0.8959	y = 0.8555x + 0.1891	y = 0.9668x + 1.0813
MgO	0.9962	y = 1.2422x - 0.0599	y = 0.8664x - 0.0793	y = 0.6998x - 0.0404
Al ₂ O ₃	0.9960	y = 1.001x - 0.0786	y = 0.9711x - 1.1945	y = 0.9699x - 1.1156
Ti	0.9934	y = 0.0002x + 0.0026	y = 0.9627x + 25.681	y = 5627x + 32.568
Ni	0.9931	y = 0.9628x + 11.34	y = 0.9397x - 0.5911	y = 0.9696x - 11.387
Zr	0.9931	y = 1.0621x + 4.9407	y = 1.0474x - 17.73	y = 0.9868x - 22.799
Th	0.9924	y = 0.9212x + 0.0839	y = 0.8834x + 1.2763	y = 0.9586x + 1.1795
Se	0.9923	y = 1.8788x - 0.0325	y = 0.5483x + 1.4374	y = 0.4478x + 1.0354
SiO ₂	0.9900	y = 1.0036x + 1.8765	y = 0.8334x + 13.366	y = 0.9124x + 5.5551
Cr	0.9841	y = 1.0929x - 10.056	y = 0.8613x - 1.3167	y = 0.7816x + 7.3343
SO ₃	0.9824	y = 0.7127x + 0.1011	y = 0.346x + 0.078	y = 0.4963x + 0.0209
V	0.9804	y = 0.7049x + 0.7252	y = 0.7864x + 3.4795	y = 1.0986x + 3.6312
Tl	0.9730	y = 1.1938x - 0.1847	y = 0.6543x - 0.1313	y = 0.5344x - 0.008
Ce	0.9600	y = 0.8853x - 1.5379	y = 0.8696x + 26.11	y = 1.1363x + 16.705
P ₂ O ₅	0.9574	y = 1.2247x - 0.0391	y = 0.9499x - 0.0212	y = 0.7291x + 0.0215
Mo	0.9339	y = 1.1233x - 0.5519	y = 0.3917x + 0.6906	y = 1.339x - 0.362
Na ₂ O	0.9268	y = 1.008x - 0.1308	y = 0.6209x + 0.144	y = 0.5086x + 0.2825
U	0.9204	y = 0.3932x + 0.6091	y = 2.9854x - 0.6041	y = 1.5022x + 0.0945
Sb	0.8910	y = 1.7575x - 2.1639	y = 1.9317x - 2.3657	y = 1.0622x + 0.5729
La	0.7400	y = 1.0469x + 2.246	y = 1.0469x + 2.246	y = 1.0469x + 2.246

2 pav. Xepos C ir Xepos HE „found“ kiekių sąsajas apibūdinančios R² reikšmės ir kintamuosius (kaip Xepos C ir Xepos HE tarpusavio „found“ kiekius, taip ir jų „found“ kiekius su ISE „given“ reikšmėmis) siejančios tiesinės regresijos lygtys.

Išvados. Pasiūlytos metodologinės veiksmų sekos pritaikymas įgalina bandyti susieti skirtingų laboratorijų teikiamus cheminės analizės rezultatus. Itin svarbi sąlyga, įgalinanti tiesioginius reikšmių palyginimus, yra tų pačių referencinių (standartinių) medžiagų/bandinių naudojimas. Nemažiau svarbūs veiksniai yra: i) bandinių medžiaginė (pvz. litologinė) įvairovė, įgalinanti aprėpti kuo didesnius analizių kiekių intervalus; ii) bandinių skaičius, iii) bandinių sudėties nustatymo bandymuose dalyvavusių laboratorijų skaičius. Tokias galimybes teikia dalyvavimas WEPAL-QUASIMEME Proficiency Tests programoje arba joje panaudotų mėginių išsigijimas ir naudojimas recalibracijai (<https://www.wepal.nl/en/wepalquasimeme/proficiency-tests.htm>).

Praktinė šio mūsų konkretaus tyrimo nauda yra žinojimas, kad ištikus „bėdai“ (bent laikinai sutrikus naudojamos XRF įrangos eksploatacijai), tyrėjai turės galimybę tęsti eksperimentus kitose laboratorijose ir didelio patikimumo lygmenyje sėkmingai susieti analizės rezultatus.

PAPRASTŲJŲ JŪRŲ KIAULIŲ (*PHOCOENA PHOCOENA*) APTINKAMUMAS LIETUVOS IEZ: IŽVALGOS IŠ PASYVAUS AKUSTINIO MONITORINGO JŪRINIUOSE VĖJO ELEKTRINIŲ PARKUOSE

Robertas Staponkus

Pajūrio tyrimų ir planavimo institutas, Klaipėda
robertas.staponkus@gmail.com

Ivadas. Paprastosios jūrų kiaulės (*Phocoena phocoena*) populiacija centrinėje Baltijos jūros dalyje yra kritiškai nykstanti (HELCOM, 2025), todėl šios rūšies apsaugai yra skiriamas ypatingas dėmesys.

Paprastųjų jūrų kiaulių apsaugą reglamentuoja daugybė Europos Sąjungos ir tarptautinių teisinių dokumentų. Paprastoji jūrų kiaulė 1992 m. gegužės 21 d. buvo įtraukta į Tarybos direktyvos 92/43/EEB dėl natūralių buveinių ir laukinės faunos bei floros apsaugos II ir IV priedus. Be to, ši rūšis įrašyta į Europos laukinės gamtos ir gamtinės aplinkos apsaugos konvencijos (Bernio konvencija) II priedą, migruojančių laukinių gyvūnų rūšių išsaugojimo konvencijos (Bonos konvencija) II ir IV priedus bei nykstančių laukinės faunos ir floros rūšių tarptautinės prekybos konvencijos (CITES) II priedą. Paprastoji jūrų kiaulė taip pat yra saugoma pagal tarptautinį susitarimą dėl mažųjų banginių apsaugos Baltijos ir Šiaurės jūrose (ASCOBANS), kuris numato papildomas priemones šios rūšies išsaugojimui regione.

Siekdama užtikrinti paprastųjų jūrų kiaulių apsaugą Lietuvos Baltijos jūros šelfe, LR Aplinkos ministerija inicijavo projektą „Retų rūšių apsaugos ir invazinių rūšių gausos reguliavimo priemonių įgyvendinimas“. Šio projekto metu buvo parengti 2012–2014 m. paprastųjų jūrų kiaulių apsaugos ir veiksmų planai, kurių tikslas – prisidėti prie tarptautinių pastangų saugant šią nykstančią rūšį bei užtikrinti jos išsaugojimą Lietuvos teritorinės jūros kontinentinio šelfo ir pajūrio juostoje. Šiais planais taip pat siekta prisidėti prie ASCOBANS susitarimo ir jo rėmuose parengto Jastarnijos plano įgyvendinimo. Abiejuose planuose nustatyti pagrindiniai uždaviniai sutampa: šviesti visuomenę apie paprastosios jūrų kiaulės apsaugos svarbą ir rūšies būklę bei rinkti duomenis apie paprastųjų jūrų kiaulių pasiskirstymą ir lankymąsi Baltijos jūros Lietuvos priekrantės vandenyse.

Apsaugos plane konstatuojama, kad Lietuvai priklausančiame Baltijos jūros šelfe nuolatinių paprastųjų jūrų kiaulių radaviečių nėra žinoma, todėl jų būklės įvertinimas neįmanomas. Patikimų duomenų, aptikimo metodų ir specializuotų kompetencijų trūkumas identifiкуotos kaip vienos didžiausių problemų, trukdančių užtikrinti efektyvią šios rūšies apsaugą Baltijos jūroje. Šis iššūkis atsispindi ir parengtame veiksmų plane. Nors dokumente deklaruojama, kad pagrindinis tikslas yra paprastųjų jūrų kiaulių išsaugojimas Lietuvos teritorinės jūros kontinentiniame šelfe, numatytos priemonės apsiriboja tik duomenų rinkimu Baltijos jūros priekrantės vandenyse. Nors toks sprendimas gali būti laikomas pragmatišku, nes ši teritorija gali būti stebima nuo kranto arba registruojami jūrų kiaulių priegaudos atvejai priekrantės žvejyboje, dėl itin reto šių gyvūnų aptikimo tokie duomenys yra nepakankami. Dėl to nesurenkama arba surenkama tik fragmentiška informacija apie jūrų kiaulių apsilankymus Lietuvos jūros rajone, o tai apsunkina bet kokių apsaugos priemonių kūrimą ir įgyvendinimą.

Siekis parengti paprastosios jūrų kiaulės apsaugos veiksmų planą yra numatytas Lietuvos Respublikos prioritetinių veiksmų programos projekte, pateiktame Europos Komisijai. Todėl bet kokie patikimi duomenys apie šios rūšies buvimą ir aptikimą Lietuvos Baltijos jūros šelfe, ypač susiję su pasyviu akustiniu stebėjimu (PAM), yra itin svarbūs, siekiant ateityje parengti ir įgyvendinti efektyvų apsaugos veiksmų planą.

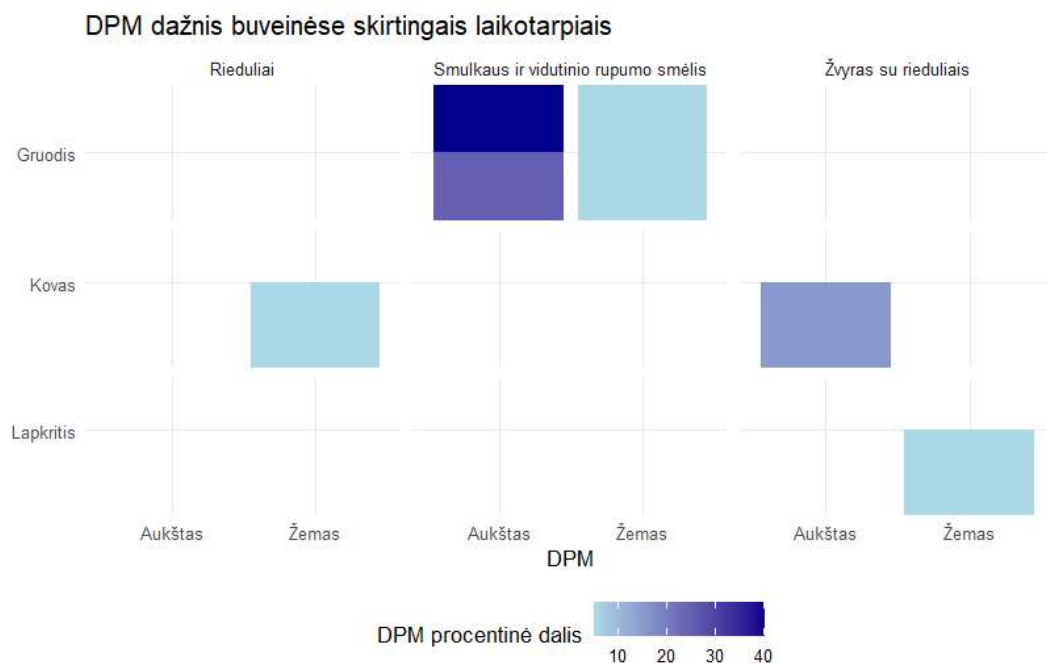
Metodai. Jūrų kiaulės beveik be perstojo skleidžia akustinius signalus (Wisniewska *et al.*, 2016), todėl jų stebėseną prasmingiausia vykdyti pasyviosios akustinės stebėsenos priemonėmis (Kyhn, 2010). Toks pasyvus akustinis monitoringas (PAM) jūrų kiaulėms buvo vykdomas poveikio aplinkai vertinimo metu planuojamuose II-jame ir Curonian Nord vėjo jėgainių parkuose nuo 2022 m. gegužės 1 d. iki 2025 m. vasario 6 d. PAM buvo atliktas naudojant F-POD akustinius registratorius (Chelonia Ltd., Didžioji Britanija). Pagal gamintojo specifikaciją, F-POD registratoriai geba registruoti jūrų kiaulių aukšto dažnio akustinius signalus iki 400 metrų atstumu. Aukšto dažnio jūrų kiaulių signalų detekcija buvo vykdoma automatizuotais algoritmais, įdiegtais F-POD registratoriuose.

Abiejuose teritorijose PAM buvo vykdoma aštuoniose stotyse. Analogiški jūrų kiaulių tyrimai Kattegatt Syd vėjo elektrinių parke ir Danijos Natura 2000 teritorijose rodo, kad penkių PAM stočių pakanka, norint statistiškai lyginti skirtingų metų duomenis (Kyhn & van Beest, 2022). Atsižvelgiant į abiejų teritorijų dydį, tyrimų intensyvumas planuojamuose vėjo jėgainių parkuose buvo 2–2,5 karto didesnis lyginant su kitais analogiškais tyrimais Baltijos jūroje. Bendras prietaisų vandenyje praleistas laikas sudarė 3 435 dienas.

FPOD Povandeninių garsų įrašų analizė atlikta gamintojo teikiama programine įranga FPOD.exe v 2.06 (Chelonia Ltd., 2023 m. kovo 17 d.). Programinėje įrangoje įdiegtą KERNO-F 1.0 klasifikatorių (nepublikuotas

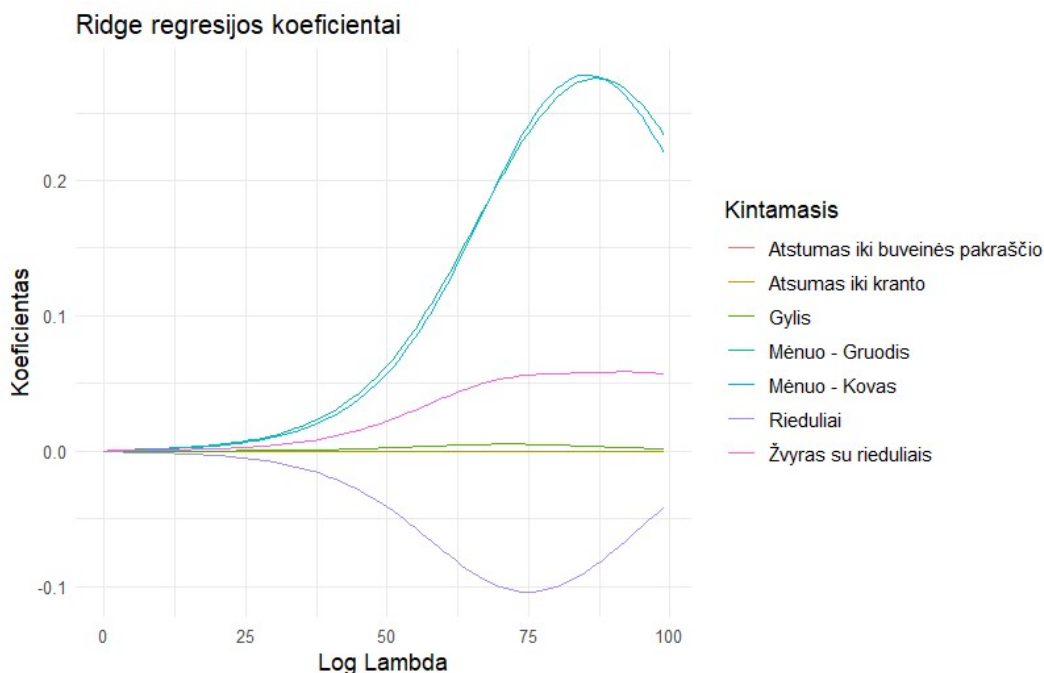
algoritmas), buvo išskirtos siaurajuosčio aukšto dažnio signalų sekos, kurios išsaugotos FP3 formatu. Akustinės signalų sekos buvo priskirtos tokiems šaltiniams, kaip jūrų kiaulės, delfinai ar laivų sonarai. Kiekvienoje kategorijoje signalų serijos buvo klasifikuotos pagal identifikavimo patikimumą į aukštos, vidutinės arba žemos tikimybės signalų sekas. Analizei naudotas jūrų kiaulių aukštos ir vidutinės tikimybės signalų sekos. Žemos tikimybės sekos buvo atrenkamos papildomos įrašų analizės metu. Duomenų statistinei analizei naudota R 4.4.1. Siekiant nustatyti apsilankymų priklausomybę nuo tokių kintamųjų kaip gylis, bentosinės buveinės tipas (Daunys *et al.* 2015), atstumas iki kranto, atstumas iki bentosinės buveinės pakraščio, aptikimo mėnuo, panaudotas *glmnet* analitinis paketas, o duomenų vizualizacijai – *ggplot2* ir *ggrepel* paketai.

Rezultatai. Tyrimų metu iš viso buvo užfiksuoti 16 jūrų kiaulių apsilankymų (*angl.* encounters), o įrašuose registruota 20 teigiamų detekcijų minučių (*angl.* Detection Positive Minutes, DPM). Apsilankymai buvo registruojami 2022 ir 2024 metais, iš jų atitinkamai 10 apsilankymų buvo užfiksuoti 2022 m. ir 6 – 2024 m. Dažniausiai apsilankymai buvo fiksuojami gruodžio mėnesį (68,8 %), mažiau kovą (25 %), lapkritį užfiksuotas vos vienas apsilankymas (6,2 %). F-POD registratoriai buvo įrengti trijuose skirtinguose buveinių tipuose: žvyro ir riedulių nuogulose su retomis epibentinėmis bendrijomis, riedulių nuogulose su dominuojančia *Mytilus sp.* ir *Balanus improvisus* epifauna bei smulkiuose ir vidutinio rupumo smėliuose su dominuojančiais dvigeldžiais moliuskais *Macoma balthica* ir *Spionidae* kirmėlėmis. Dažniausi apsilankymai buvo fiksuojami smulkaus ir vidutinio rupumo smėlio buveinėse (68,8 %), žvyro ir riedulių buveinėse (25 %), gerokai rečiau – riedulių buveinėse (6,2 %).



1 pav. Jūrų kiaulių teigiamos detekcijos minutės skirtingose buveinėse.

Siekiant įvertinti jūrų kiaulių aptikimo priklausomybę nuo aplinkos kintamųjų, buvo sudarytas ridge regresijos modelis. Didžiausias modelio determinacijos koeficientas ($R^2 = 0,86$) nustatytas, kai modelio nuobaudos rodiklis $\lambda = 0,17$. Naudojant šį nuobaudos stiprumą buvo nustatyta silpna koreliacija tarp jūrų kiaulių aptikimo tikimybės ir konkretaus mėnesio. Gruodžio ir kovo mėnesiais koreliacijos koeficientas buvo vienodas ir siekė $R = 0,28$. Taip pat buvo nustatyta teigiama koreliacija ($R = 0,06$) tarp jūrų kiaulių aptikimo ir smulkaus bei vidutinio rupumo smėlio buveinių su dominuojančiais dvigeldžiais moliuskais *Macoma balthica* ir *Spionidae* kirmėlėmis. Neigiama koreliacija ($R = -0,09$) riedulių buveinėje su retomis epibentinėmis bendrijomis. Kiti faktoriai ir kintamieji, tokie kaip gylis, atstumas iki kranto ir atstumas iki buveinės pakraščio, buvo nereikšmingi.



2 pav. Ridge regresijos modelio koeficientai skirtingiems faktoriams ir kintamiesiems, taikant kintantį nuobaudos stiprumą $\log(\lambda)$.

Rezultatų aptarimas. Planuojamuose vėjo jėginių parkuose atlikti tyrimai leidžia įvertinti jūrų kiaulių apsilankymų dažnumą ir sezoniškumą Klaipėdos-Ventspilio plynaukštės akvatorijoje. Tyrimų rezultatai rodo, kad šie jūros žinduoliai, nors ir negausiai, bet reguliariai aptinkami Lietuvos išskirtinėje ekonominėje zonoje (IEZ) nuo lapkričio iki kovo mėnesio. Šie stebėjimų duomenys sutampa su prieš daugiau nei dešimtmetį atlikto LIFE SAMBAH (*angl.* Static Acoustic Monitoring of the Baltic Sea Harbour Porpoise) projekto rezultatais, kurie rodo, kad jūrų kiaulės pasklinda po Baltijos jūrą nuo lapkričio iki balandžio (Carlén *et al.*, 2018). SAMBAH projekto metu Lietuvos IEZ jūrų kiaulės buvo registruotos tik lapkričio ir vasario mėnesiais (Amudin *et al.*, 2022), o didžiausia tikimybė aptikti jūrų kiaules buvo vasarį (Carlén *et al.*, 2018). Pasyvaus akustinio monitoringo rezultatai vėjo jėginių parkuose rodo, kad jūrų kiaulės daugiausia aptinkamos gruodžio ir kovo mėnesiais, o retesni aptikimai registruojami ir anksčiau – lapkritį.

Sudarytame ridge regresijos modelyje didžiausią įtaką jūrų kiaulių aptikimams turi sezoniškumas, t. y. aptikimo tikimybė gruodžio ir kovo mėnesiais, kas pabrėžia sezonišką jūrų kiaulių lankymąsi Lietuvos IEZ. Dėl vis dar riboto duomenų kiekio sunku tiksliai įvertinti jūrų kiaulių buvimo pobūdį teritorijoje. Tačiau remiantis 2022 metų duomenimis, visi apsilankymai buvo užfiksuoti 11 dienų laikotarpyje, o 2024 metų duomenimis – didžioji dalis apsilankymų buvo užfiksuoti vienos valandos laikotarpyje. Tai leidžia daryti prielaidą apie du galimus lankymosi pobūdžius: jūrų kiaulės migruoja pro teritoriją, aktyviai ieškomos maisto objektų ir neužsilaiko joje, arba, jei randa palankias maitinimosi sąlygas Klaipėdos-Ventspilio plynaukštėje, jose gali išbūti kelias savaites. Taip pat verta paminėti, kad apsilankymo tikimybė dalinai priklauso ir nuo bentosinės buveinės tipo. Nors ir silpna, tačiau teigiama koreliacija nustatyta tarp jūrų kiaulių aptikimo bei žvyro ir riedulių nuogulų buveinės su retomis epibentinėmis bendrijomis. Gana netikėtai neigiama koreliacija ($R = -0,09$) nustatyta riedulių buveinėje su dominuojančia *Mytilus sp.* ir *Balanus improvisus* epifauna. Remiantis nepublikuotais verslinės žvejybos duomenimis, šiose buveinėse dominuoja atlantinė menkė. Mokslinių tralavimų metu nustatyta, kad čia vyrauja nedidelės (20–30 cm ilgio) menkės, kurios yra vienos pagrindinių jūrų kiaulių mitybos objektų (Andreasen *et al.*, 2017). Skirtingos krypties priklausomybės gali būti atsitiktinumas, tačiau taip pat gali rodyti, kad tarpinės buveinės, kurių heterogeniškumas didesnis, taip pat traukia jaunas žuvis, o jas sugauti lengviau dėl ribotos galimybės rasti priedangą.

Išvados. Jūriniuose vėjo jėginių parkuose surinkti PAM duomenys papildė ankstesnius tyrimus (Amudin *et al.*, 2022) ir leidžia geriau įvertinti jūrų kiaulių apsilankymo sezoniškumą, taip pat prisideda prie geresnio šių jūros žinduolių ištirtumo Baltijos jūroje Lietuvos kontinentiniame šelfe. Pagal PAM duomenis, jūrų kiaulės negausiai, tačiau reguliariai lankosi Lietuvos ekonominėje zonoje šaltuoju metų laiku. Surinktų duomenų reikšmė neapsiriboja tik jūrų kiaulių migracijos ir elgsenos geresniu supratimu, jie taip pat yra

reikšmingi kuriant veiksmingas apsaugos priemonės ar planus. Pastaruoju metu Baltijos jūroje vykstanti intensyvi jūrinės vėjo energetikos plėtra gali turėti įtakos jūrų kiaulių buveinėms ir migracijos maršrutams, todėl išsamūs duomenys leidžia tiksliau įvertinti, kaip šie gyvūnai naudoja planuojamų vėjo jėgainių teritorijas. Tai suteikia galimybę priimti pagrįstus sprendimus ir taikyti atitinkamas apsaugos priemones siekiant sumažinti galimą neigiamą poveikį šiai jautriai rūšiai vėjo energetikos plėtros metu.

Literatūra

- Amundin, M., Carlström, J., Thomas, L., Carlén, I., Koblit, J., Teilmann, J., ... & Benke, H. (2022). Estimating the abundance of the critically endangered Baltic Proper harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) population using passive acoustic monitoring. *Ecology and Evolution*, 12(2), e8554.
- Andreasen, H., Ross, S. D., Siebert, U., Andersen, N. G., Ronnenberg, K., & Gilles, A. (2017). Diet composition and food consumption rate of harbor porpoises (*Phocoena phocoena*) in the western Baltic Sea. *Marine Mammal Science*, 33(4), 1053-1079.
- Carlén, I., Thomas, L., Carlström, J., Amundin, M., Teilmann, J., Tregenza, N., ... & Acevedo-Gutiérrez, A. (2018). Basin-scale distribution of harbour porpoises in the Baltic Sea provides basis for effective conservation actions. *Biological Conservation*, 226, 42-53.
- HELCOM. (2025). HELCOM Red List of species and habitats in the Baltic Sea: 2025 update. Baltic Marine Environment Protection Commission. <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/HELCOM-Red-List-Phocoena-phocoena.pdf>
- Daunys, D., Šaškov, A., Šiaulys, A., Bagdanavičiūtė, I., Dainys, J., Ložys, L., ... & Žydelis, R. (2015). Evaluation of diversity and distribution of habitats, fishes and birds in the Lithuanian exclusive economic zone for development of NATURA 2000 network. LIFE+ DENOFLIT Technical Report.
- Kyhn, L. 2010. Passive acoustic monitoring of toothed whales with implications for mitigation, management and biology. In National Environmental research Institute. Vol. Ph.D. Aarhus University, Aarhus. 166.
- van Beest, F. M., Dietz, R., Galatius, A., Kyhn, L. A., Sveegaard, S., & Teilmann, J. (2022). Forecasting shifts in habitat suitability of three marine predators suggests a rapid decline in inter-specific overlap under future climate change. *Ecology and Evolution*, 12(7), e9083.
- Wisniewska, D. M., Johnson, M., Teilmann, J., Rojano-Donate, L., Shearer, J., Sveegaard, S., ... & Madsen, P. T. (2016). Ultra-high foraging rates of harbor porpoises make them vulnerable to anthropogenic disturbance. *Current Biology*, 26(11), 1441-1446.

TVARUS APLINKOS IR PASTATŲ KŪRIMAS IR KURŠIŲ NERIJOS EKOSISTEMA

Gintaras Stauskis

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius
gintaras.stauskis@vilniustech.lt

Ivadas. Šiandieną viešojoje, mokslo ir politikos erdvėje daug kalbame apie tvarius aplinkos tvarkymo sprendimus, kurie iš esmės reiškia mažesnį statybos ir kitais tvarkymo darbais paliekamą pėdsaką aplinkoje. Šis projektavimo ir statybos principas yra ypač aktualus gamtiniu, kultūriniu ir urbanistiniu požiūriu vertingose vietovėse, kur žmogaus veiklos keliama visų rūšių tarša yra ypač nepageidautina ir kenksminga tiek aplinkai, tiek ir žmonėms.

Projektavimo ir statybos procesą reglamentuojantys teisės aktai nustato minimalius kokybės standartus (statybos techniniai reglamentai), iš vienos pusės, ir didžiausias leistinas taršos reikšmės (higienos normos), iš kitos. Akivaizdu, kad pagal minimalius standartus negalima sukurti tvarumo požiūriu gerų ir labai gerų pastatų ir kraštovaizdžio sprendimų, pavyzdžiui, siekiant minimalaus ekologinio pėdsako aplinkoje. Tokius sprendimus galima kurti ir tai sėkmingai daroma, kai projektai rengiami vadovaujantis tvarios aplinkos kūrimo principais ir metodais, pasitelkiant šiuolaikines projektavimo ir statybos technologijas.

Konceptualūs sprendimai. Tvarių pastatų ir aplinkos kūrimas vadovaujamas *gamta grįstų sprendimų* paradigma, apibrėžta Europos Sąjungos dokumentuose¹: tai yra „gamtos įkvėpti ir palaikomi sprendimai, kurie yra ekonomiškai, tuo pat metu teigiamai veikia aplinką, teikia socialinę ir ekonominę naudą bei padeda ugdyti atsparumą. Tokie sprendimai į miestus, kraštovaizdį ir jūras atneša daugiau ir įvairesnių gamtos ir gamtinių ypatybių bei procesų, naudojant vietoje pritaikytas, efektyviai išteklius naudojančias sisteminės intervencijas. Todėl gamta pagrįsti sprendimai turi būti naudingi biologinei įvairovei ir remti įvairių ekosistemų paslaugų teikimą“.

Gamtoje vykę ir tebevykstantys procesai suformavo visą mūsų gamtinę aplinką – Kuršių nerijos nacionalinį parką (KNNP) ir kitas saugomas ir vertingas teritorijas, todėl šių gamtos veikimo principų taikymas žmogaus veiklai šiose teritorijose reguliuoti yra logiškas, pageidautinas ir daug žadantis. Kalbant konkrečiau, tvarios aplinkos kūrimas apima skirtingas projekto sritis: nuo sklypo tvarkymo, judumo, naudojamų medžiagų ir kitų išteklių vertinimo iki sukeliamos taršos ir generuojamų atliekų ir kitų kriterijų grupių, kiekvienoje iš jų išskiriant dar po keletą objektyviai pamatuojamų rodiklių (1 lentelė).

1 lentelė. Tvarių statinių kūrimo kriterijai ir rodikliai. Sudaryta autoriaus

Tvarumo kriterijai		Tvarumo kriterijų rodikliai	
Tvarus planavimas ir sklypo pasirinkimas	Plotas tvarios vandentvarkos elementams	Anksčiau užstatyta teritorija	Želdinių, vandens telkinių apsauga
Darnus judumas	Pėsčiųjų prioritetas	Automobilių srautų mažinimas	Automatizuotos valdymo sistemos
Poveikio aplinkai mažinimas	Aplinkos pH, ozono sluoksnis, aplinkos erozija	Sunkieji metalai, vandens eutrofija, sintetinės medžiagos	Aplinkos smogas, toksiškumas aplinkai ir žmogui, šiltnamio efektas
Taršos kontrolė	LOJ kontrolė ir mažinimas	Matavimai realiu laiku	Raudonasis sąrašas (nenaudotinos medžiagos)
Tvarus medžiagų naudojimas ir atliekų kiekio mažinimas	Vietinės medžiagos	Išardomi, perdirbami sprendimai	Perdirbtų medžiagų įtraukimas
Patalpų mikroklimato kokybė	Natūralus vėdinimas	Klimato rodiklių užtikrinimas	Varstomi langai
Energijos naudojimas	Atsinaujinančios energijos panaudojimas	Pastatų valdymo sistemos BMS	Energijos sąnaudų kontrolė
Projekto valdymas ir vadyba	Tvarių pastatų specialisto dalyvavimas	Procesų organizavimo metodai	Suinteresuotų šalių įtrauktis

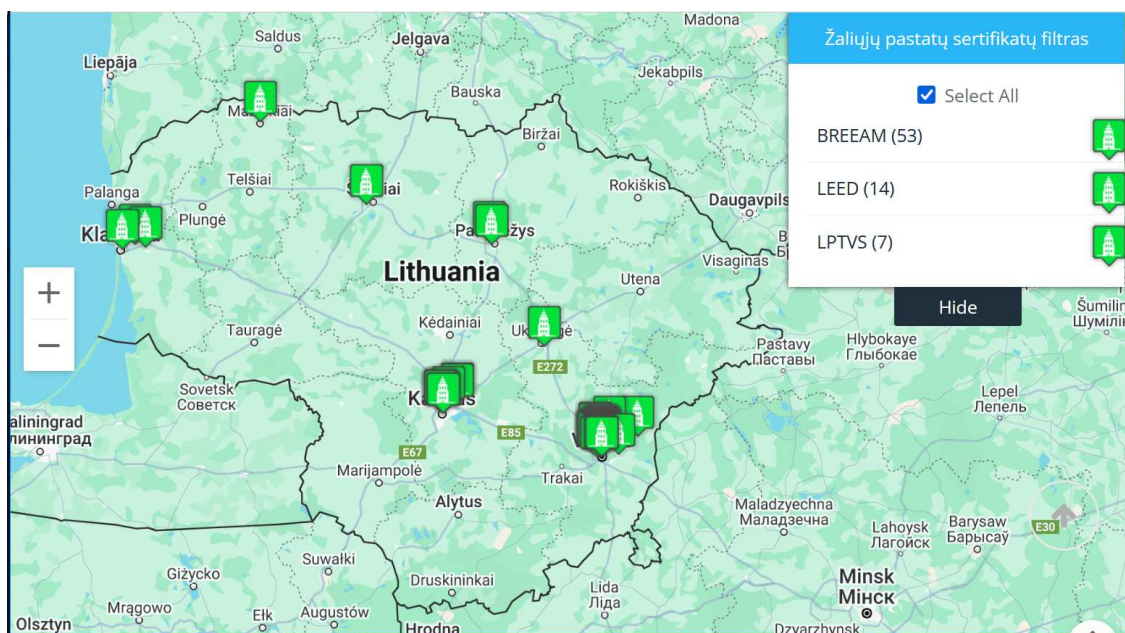
Šių projekto kūrimo proceso aspektų visuma sudaro pastatų tvarumo rodiklių visumą, pagal kurią sudaromos tvarumo vertinimo sistemos. Jas pasirenka naudoti aukštesnės nei apibrėžia statybos techniniai reglamentai kokybės siekiančios projektų komandos. Kodėl? Iš esmės, dėl akivaizdžios verslo logikos, kai

¹ Nature Based Solutions https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/environment/nature-based-solutions_en

aukštesnė pastatų kokybė kuriama su tokios kokybės siekiančiais užsakovais, kurie sukuria aukštesnę objekto rinkos vertę, augina verslo prestižą, o galų gale tokie gamtos veikimo principais grįsti sprendimai reiškia mažesnį tokios statybos poveikį aplinkai. Aplinkai, kuri saugomose teritorijose yra ypač saugotina. Šių praktikų laikosi geriausi mūsų šalies ir užsienio vystytojai, sėkmingiausios statybos įmonės, subūrusios geriausios architektų, inžinierių, kraštovaizdžio architektų komandas.

Kokią gi naudą gauna tokių pagal tvarumo principus kuriamų ir sukurtų objektų (pastatų, skverų, parkų ir kitų) savininkai ar naudotojai? Pirmiausia, tai mažesnės eksploataavimo sąnaudos, ilgesnis konstrukcijų, apdailos, inžinerinių sistemų eksploataavimo iki kapitalinio remonto laikas, palankesnis poveikis gyventojų ar naudotojų sveikatai (matuojamas ligos dienų per metus skaičiumi), ir iš to išplaukiančios išvestinės naudos: aukštesnė tokių objektų rinkos vertė ir iš to sekantis didesnis patrauklumas tarp savininkų ar nuomininkų, sutinkančių už tai mokėti net aukštesnę įsigijimo ar nuomos kainą.

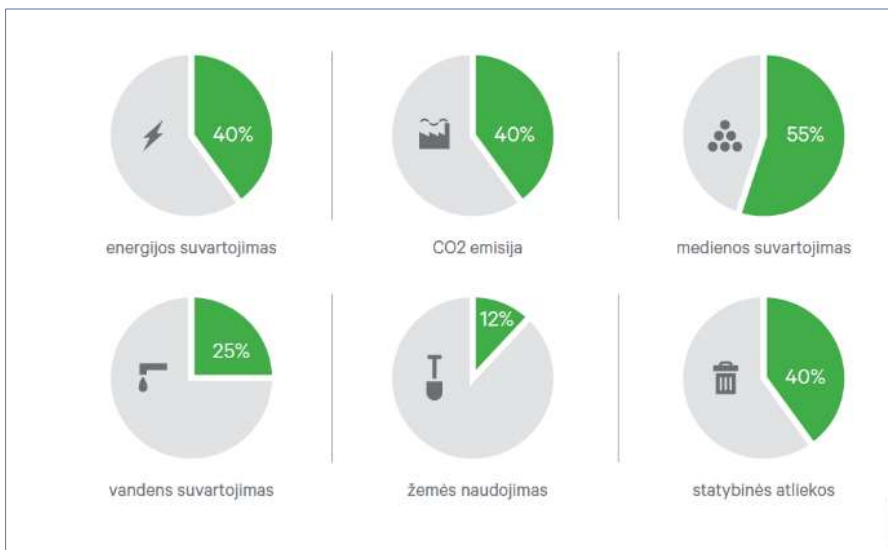
Kad būsto ieškanti šeima ar biuro ieškanti įmonė galėtų palyginti skirtingų rinkoje siūlomų objektų kokybę, naudojamos skirtingų asociacijų, bendrijų sukurtos tvarumo vertinimo sistemos, pagal kurias nustatomas objekto tvarumo lygis ir ta apibendrinta informacija pateikiama klientams. Žinomi globaliai naudojamų tvarumo vertinimo sistemų vardai: BREEAM, LEED, DGNB ir keletas kitų. Greta globalių šalyse paprastai siūlomos ir nacionalinės tvarumo vertinimo sistemos, džiugu, kad turime tokią ir Lietuvoje, tai Lietuvos pastatų tvarumo vertinimo sistema LPTVS. Ją sukūrusios ir administruojančios Lietuvos žaliųjų pastatų tarybos duomenimis šalyje pagal globalias ar tautinę tvarumo sistemą įvertinti iš viso 74 objektai. Deja, saugomose šalies teritorijose ir Lietuvos kurortuose (Palangoje, Nidoje, Druskininkuose, Birštone) – nė vieno tokio objekto (1 pav.). Arčiausiai Kuršių nerijos yra trys sertifikuoti objektai Klaipėdoje: Klaipėdos prekybos centras Akropolis (BREEAM geras), SBA logistikos ir gamybos centras (BREEAM labai geras) ir Mars gamykla (LEED sidabrinis)².



1 pav. Pagal LPTVS 2020:1, BREEAM ir LEED tvarumo vertinimo sistemas įvertintų pastatų kiekis ir išsidėstymas Lietuvoje (pagal www.lzpt.lt).

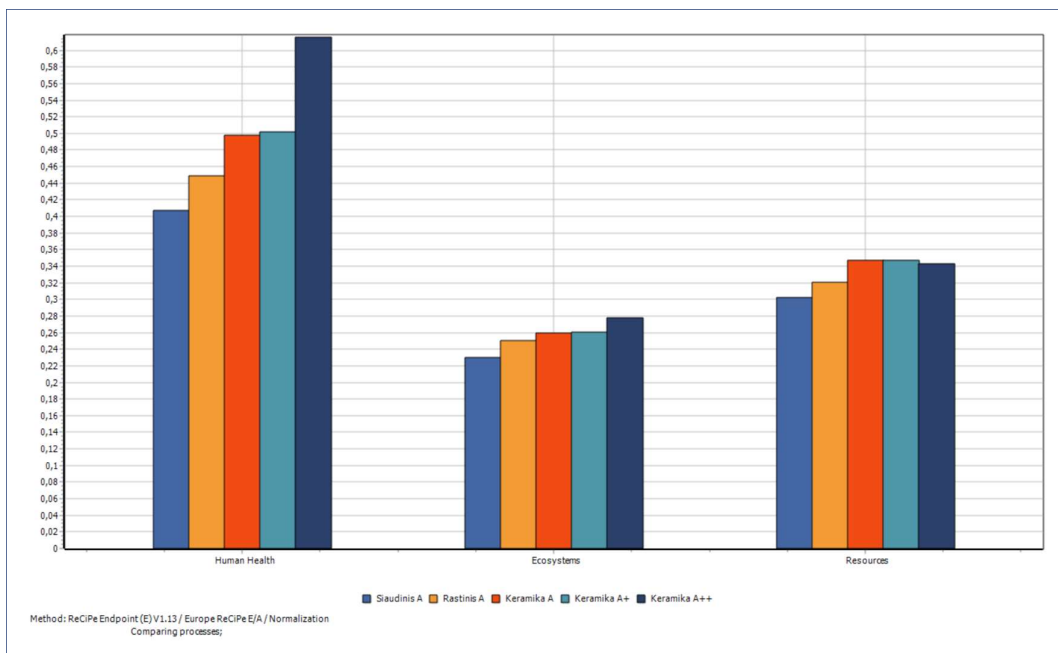
Klimatas, tvarumas ir statyba. Statybos sektorius daro didelę įtaką šiltnamio efekto intensyvumui, o tvarumo principais kuriami pastatai tą poveikį gali ryškiai sumažinti (2 pav.). Siekdami išsaugoti KNP kaip kompleksinės gamtinių kompleksų ir urbanizuotų struktūrų teritorijos ekologinę kokybę, mažinti urbanizacijos ekologinį pėdsaką ar bent jį stabilizuoti, tarptautinių ar vietinės tvarumo sistemų taikymas turėtų būti norma visiems leidžiamiems įgyvendinti statybų projektams. Tokį reikalavimą tiek KNP, tiek ir Neringos savivaldybė galėtų taikyti visiems naujos statybos, rekonstruojamų, kapitaliai remontuojamų pastatų projektams. Tai leistų kelti aplinkos kokybę, mažinti poveikį šiai vertingai ir trapiai aplinkai, atvestų į šias teritorijas geriausios statybos įmones ir pasirėmusius į kokybę investuoti užsakovus. LPTVS ypač tiktų vidutinio dydžio ir mažesniems objektams.

² Lietuvos žaliųjų pastatų taryba. <https://www.lzpt.lt/>



2 pav. Tvarių pastatų sąnaudų ir emisijų skirtumas nuo įprastais statybos metodais statomų pastatų³.

Šiandien statomų pastatų pagrindinė statybos medžiaga ir konstrukcija yra įvairi, tačiau didesniems pastatams dominuoja betono blokų, gelžbetonio karkaso, sutapdinto stogo ir nelaikančios konstrukcijos fasadų sistema. Palyginimui, tautinė tradicija buvo kitokia – dominavo medienos lentomis apkaltų laikančių rąstų sienų (tuo atveju nereikia vidaus kolonų) ir medinių stogo konstrukcijų (vietinė statybos medžiaga) gyvenamieji namai. Didesni mūriniai pastatai buvo statomi iš molio plytų, o visos gyvenvietės ir dvarų sodybos buvo kuriamos šalia tekančio vandens telkinio ir molio klodų.



3 pav. Skirtingos konstrukcijos gyvenamųjų namų suminio poveikio aplinkai žalos palyginimas (Kaupienė, 2018).

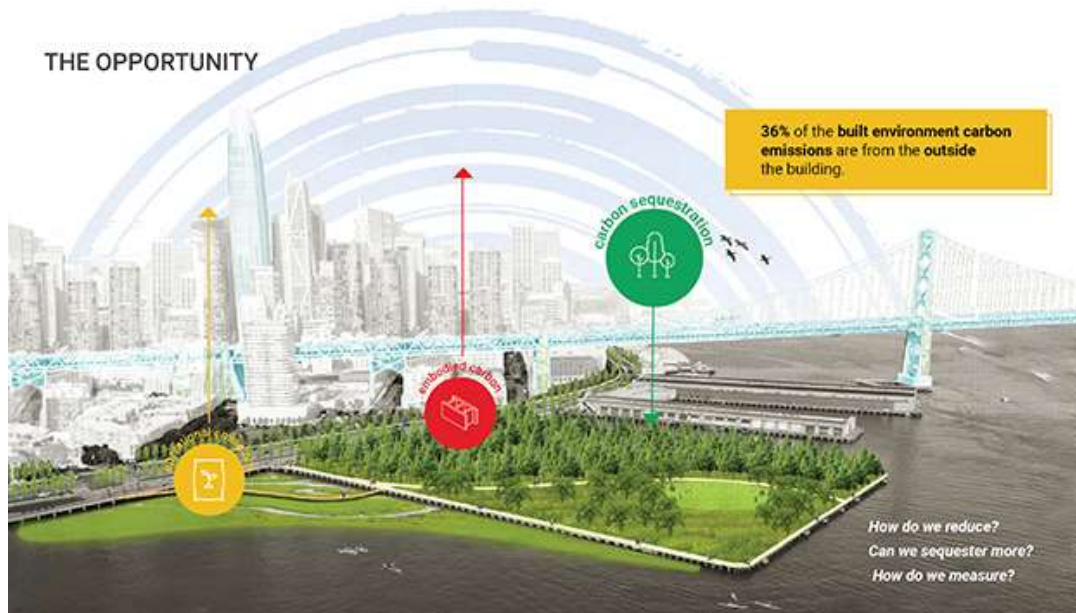
Pagal statybos techninius reglamentus Lietuvoje itin sureikšmintas pastatų energinis efektyvumas, kuris yra svarbus, bet tik vienas iš daugelio tvarumo kriterijų (žr. 1 lentelę). Problema kyla tada, jei nereglamentuojamos kitos tvarumo sritys, neapibrėžiami jų kriterijai, pavyzdžiui, poveikis ekosistemai, žmonių sveikatai, sunaudojamų išteklių poreikis bei sukuriama atliekų kiekis, kiekvienas susidedantis dar iš keleto objektyviai nustatomų rodiklių. Pastatų ir kitų statinių tvarumo vertinimas vykdomas kvalifikuotų specialistų, vadovaujantis gyvavimo būvio vertinimo metodu (angl. *Life Cycle Assessment*, LCA), panaudojant

³ Apibendrinti duomenys pagal www.lzpt.lt

automatizuotus LCA apskaitos įrankius, pavyzdžiui, One Click LCA, pagal kurį vertinamas suminės projektų sprendiniuose įkūnytos CO₂ emisijos⁴.

Lietuvoje pastatytų ir eksploatuojamų gyvenamųjų namų tyrimai rodo, kad A⁺⁺ energinio efektyvumo mūrinės ir karkasinės konstrukcijos namų suminis viso gyvavimo ciklo poveikis aplinkai yra gerokai didesnis visose trijose kategorijose (poveikio žmonių sveikatai, poveikio ekosistemai ir išteklių sąnaudų bei atliekų generavimo) nei medinių ir šiaudų blokų sienų gyvenamųjų namų, tai yra jų suminis tvarumo lygis yra mažiausias, skaičiuojant vienam statybinio ploto (tūrio) vienetui, nors jų energinis efektyvumas yra didžiausias, žiūr. 3 pav.

Tvarūs kraštovaizdžio tvarkymo projektai. Pagal tvarumo vertinimo sistemas galima vertinti ir kraštovaizdžio tvarkymo sprendimus. Juose visada sprendžiami lietaus vandens tvarkymo, darnaus ar ne judumo, medžiagų pasirinkimo, želdinių tinkamumo ir priežiūros sąnaudų klausimai. Užsienio šalyse kraštovaizdžio architektai parkams, skverams ir kitiems kraštovaizdžio objektams projektuoti jau senokai naudoja nulinės CO₂ emisijos projektavimo metodus ir automatizuotus įrankius, pavyzdžiui *Pathfinder*⁵. Taivano (Kinijos Respublika) mokslininkai sukūrė metodiką, pagal kurią galima nustatyti kuriamo parko projekto klimato neutralumo lygį, apimant įkūnyto CO₂ nustatymą ir atsparumą klimato kaitai (Shengyung et al. 2024). Tyrimai rodo, kad net pastatų statybos projektuose kraštovaizdžio architektūros sprendimai net 30 – 36 % įtakoja galutinį viso objekto tvarumo rezultatą (4 pav.).



4 pav. Kraštovaizdžio architektūros sprendimų įtaka viso objekto tvarumo lygiui⁶.

Skirtingi projekto sprendimai gali lemti, kaip greitai projektas pasiektų nulinio poveikio aplinkai (angl. *Net-zero impact*) lygį. Pavyzdžiui, sumažinus betono ir plastiko gaminių kiekį, šis laikas trumpėtų, kaip ir naudojant poveikio aplinkai mažinimo sprendimus (5 pav.). Užstatant žemės ūkio ar kitas anksčiau neurbanizuotas teritorijas, taip pat plečiant automobilių infrastruktūrą, augtų poveikis aplinkai ir šis laikas ilgėtų.

Tvarumo vertinimo sistemos taikomos nuo pat projekto kūrimo pradžios, vertinant patį sumanymą, pirmuosius projektinius pasiūlymus, pilną techninį projektą ir po to pastatytą statinį. Geriausių rezultatų pasiekama, kai tvarumo reikalavimai yra žinomi ir taikomi visuose projekto kūrimo etapuose, o ne tik vertinant jau pastatytą statinį.

⁴ Projektų ir pastatų CO₂ emisijų apskaitos programinė platforma <https://oneclicklca.com/resources/planetary>

⁵ Climate Positive Design <https://climatepositivedesign.org/>

⁶ Pagal <https://dirt.asla.org/2022/02/05/landscape-architects-design-with-carbon/>



5 pav. Skirtingų kraštovaizdžio architektūros sprendimų įtaka jų nulinio poveikio pasiekimo laikui⁷.

Kol subalansuoto bent esminių pastatų tvarumo sričių reguliavimo nesulaukėme iš Aplinkos ministerijos, iniciatyvų imasi pačios savivaldybės. Pavyzdžiui, Vilniaus miesto naujajame bendrajame plane (2021) nustatyta, kad miesto centrinėje dalyje statomi didesnio nei 5000 m² ploto pastatai turi būti sertifikuojami pagal pasirinktą tarptautinę ar Lietuvos tvarumo vertinimo sistemą. Manau, tai yra sėkmingas pavyzdys KNNP, kur antropogeninio poveikio aplinkai mažinimas yra toks pat svarbus, kaip ir tiesioginė ekosistemos apsauga.

Rimti dalykai. Europos Sąjungos viešųjų pirkimų direktyva Nr. 2014/24/ES ir Lietuvos viešųjų pirkimų įstatymas⁸ net 13 punktų pateikia nurodymus gyvavimo ciklo vertinimui viešųjų pirkimų procedūrose. Todėl šis objektų ilgalaikę kokybę ir racionalų lėšų naudojimą lemiantis aspektas galėtų palaipsniui būti integruotas į KNNP ir Neringos savivaldybės viešųjų pirkimų procedūras. Pradžiai galima būtų atlikti pilotinį kurio nors KNNP teritorijoje planuojamo objekto statybos projektavimo proceso tvarumo vertinimą. Suprantama, kad tokiu atveju pirkimo procedūrose turėtų dalyvauti tvarių pastatų ekspertai, kurių Lietuvoje tikrai turime.

Šiuo metu taikomi pastatų projektavimo ir statybos reguliavimo bei ribojimo mechanizmai siekia pristabdyti menkaverčių pastatų invaziją į vertingą gamtinę aplinką. Dažniausiai apsiribojama išorinių parametru ir pastato išvaizdos reguliavimu. Žinia, kad nykstant tradicinei meistrystei paprasčiau ir pigiau yra statyti taip, kaip daro visi. Tačiau įvedus siektino tvarumo lygio reikalavimus naujiems ir pertvarkomiems objektams, daugiau erdvės įgautų tradicinėmis technologijomis ir vietos medžiagomis statomi pastatai, kurie savaime labiau derėtų kraštovaizdyje. Šių metodikų taikymas taip pat leistų pasirinkti tinkamesnius siūlymus projektų konkursuose, kai būtų vertinama ne tik trūkumus maskuojanti kosmetika, bet ir visa pastato sveikata bei poveikis gamtinei bei urbanistinei aplinkai. Ilgalaičius įsipareigojimus prižiūrėti mokyklų, darželių, poliklinikų, socialinio būsto ir kitus viešojo sektoriaus pastatus turinti savivaldybė iš to laimėtų daugiausiai, nes tvarių pastatų nauda išryškėja per ilgesnį laiką.

Išvados. Remiantis analizuota tarptautine patirtimi rekomenduojama taikyti tarptautines ar Lietuvos tvarumo vertinimo sistemą visiems KNNP ir Neringos savivaldybės teritorijoje statomų ar pertvarkomų pastatų ir infrastruktūros objektų projektams.

Rekomenduojama tvarumo vertinimo sistemas taikyti visiems kraštovaizdžio tvarkymo projektams, juos vertinant pagal nulinio poveikio aplinkai pasiekimo laiką.

Statinių tvarumo reikalavimai turėtų būti integruoti į viešųjų pirkimų procedūras, vadovaujantis ES ir šalies teisės aktais.

Būtų naudinga rengti mokymus viešojo sektoriaus ir privačių projektavimo įmonių, su kuriomis dažniausiai dirbama, specialistams apie tvarių pastatų ir kitų objektų kūrimo procesą.

⁷ <https://dirt.asla.org/2022/02/05/landscape-architects-design-with-carbon/#jp-carousel-41164>

⁸ <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.30614/asr>

Literatūra

- American Association of Landscape Architects ASLA. Designing with Carbon. Jared Green. Prieiga 2025-3-28. <https://dirt.asla.org/2022/02/05/landscape-architects-design-with-carbon/>
- American Association of Landscape Architects ASLA. Climate Positive Design case study. Pamela Conrad. Prieiga 2025-3-28. <https://dirt.asla.org/2022/02/05/landscape-architects-design-with-carbon/#ip-carousel-41164>
- Climate Positive Design. Prieiga 2025-3-28.
- Kaupienė J. 2018. Skirtingo energinio naudingumo gyvenamųjų namų būvio ciklo vertinimas. Magistro baigiamasis darbas, Kaunas.
- Lietuvos Respublikos viešųjų pirkimų įstatymas, Žin. 1996, Nr. 84-2000. Nr. XIII-327, 2017-05-02, paskelbta TAR 2017-05-04, i. k. 2017-07550. Prieiga 2025-3-28. <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.30614/asr>
- Lietuvos žaliųjų pastatų taryba. Prieiga 2025-3-28. www.lzpt.lt
- Nature Based Solutions [Gamta grįsti sprendimai]. Prieiga 2025-3-28. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/environment/nature-based-solutions_en
- Planetary — a Free Embodied Carbon Measurement Tool. Prieiga 2025-3-28. <https://oneclicklca.com/resources/planetary>
- Shengjung, Ou. Yuchen, Ch. Cheyu, H. Fuer, N. Haozhang P. 2024. The Ideal Strategy of Carbon-Neutral for Park Landscape Design: A Proposal for a Rapid Detection Method. Applied Sciences. 2024, 14, 8128. <https://doi.org/10.3390/app14188128>
- Vilniaus miesto bendrasis planas iki 2030. Prieiga 2025-3-28. <https://vilnius.lt/savivaldybe/miesto-pletra/vilniaus-miesto-bendrasis-planas>

KIEK PATIKIMA LIETUVOS VANDENS POLITIKOS VALDYSENA?

Eglė Stonkė

Klaipėdos Universitetas, Klaipėda
egle.stonke@ku.lt

Įvadas. Globalių polikrizių ir augančio politinio ekstremizmo akivaizdoje vis labiau aktualizuojasi pasitikėjimo svarba. Pasitikėjimas valstybe ir jos institucijomis, jų gebėjimu skatinti tvarų socialinio ir ekonominio kapitalo augimą, yra svarbus valstybės įrankis, įgalinantis spręsti kylančius iššūkius ir rizikas nestabilumo situacijose. Diskusijas apie pasitikėjimo kūrimą ir stiprinimą viešajame valdyne skatina ir daugelyje demokratijų stebimos pasitikėjimo viešuoju valdymu mažėjimo tendencijos, kai kur jau siekiančios ir istorines žemumas (Robinson et al., 2021). Viešojo valdymo kontekste, pasitikėjimas apibrėžiamas kaip esamos valdysenos rezultatas, kuris leidžia įvertinti kodėl ir kaip žmonės pasitiki valdžia. Nors mokslinėje literatūroje randama daug duomenų ir analizės apie generalizuotą visuomenės pasitikėjimą valdžia ar atskiromis jos institucijomis, tačiau stokojama vertinimo kaip pasitikėjimas yra formuojamas pačios valstybės ir kaip pasitikėjimo nuostatos atspindimos svarbiausiuose valstybės dokumentuose ir teisės aktuose.

Viešojo valdymo diskurse pasitikėjimas dažnai pristatomas kaip „magiška koncepcija“, kurią bandoma įprasminti viešojo sektoriaus formatuose. Šios koncepcijos išsiskiria dideliu abstrakcijos laipsniu, kuris, nepaisant jų lankstumo ir adaptyvumo, kelia riziką greitai prarasti konkretumą ir aiškumą (Pollit et al., 2011). Koncepcijos „magija“ pasireiškia kaip pozityvus, vertybinis patrauklumas, apimantis įvairias sritis ir sprendžiantis sudėtingas jų dilemas. Jos yra pakankamai atviros, kad skirtingiems žmonėms suteiktų skirtingą prasmę, tačiau ir pakankamai konkrečios, kad įkvėptų juos imtis veiksmų, pritaikant konkrečiam kontekstui (Bentzen et al., 2024).

Koncepcijos populiarumas, vis didėjanti pasitikėjimo svarba visuomenei bei atskiroms valdysenos procesams, paskatino ir didesnę mokslinį susidomėjimą bei diskusijas apie pasitikėjimą, kaip vertybiniu pamatu grindžiamą valdysenos koncepciją, kurios centrine vertybine ašimi tampa būtent pasitikėjimas. Tokia koncepcija atliepia šių dienų valdysenos poreikius bei įgalina kalbėti apie didesnę valdžios decentralizaciją, aktyvų skirtingų visuomenės grupių dalyvavimą ir bendradarbiavimą sprendimų priėmimo procese. Bendradarbiaujantys santykiai reikalauja pasitikėjimo, o tvariam pasitikėjimui reikalinga sistema, t. y. palaikanti terpė, kurioje jis gali būti kuriamas (Järvinen, Branders, 2020, Vento, 2023).

Pasitikėjimu grįsta valdysena (toliau tekste – PGV) mokslo literatūroje pristatoma kaip viešojo valdymo inovacija, kilusi iš poreikio transformuoti bei tobulinti naujosios viešosios vadybos (toliau – NVV) principus ir praktikas. Nors NVV paradigma vis dar dominuoja daugelyje Vakarų demokratijų, tačiau nepaisant teigiamo poveikio biudžetinei drausmei ir efektyvumui siekiant administracinių tikslų, NVV dažnai kritikuojama dėl veiklos valdymo principų mažinančių pasitikėjimą, skatinančių tikslų perkėlinėjimą ir tik dalinį veiklos optimizavimą (Funck, Karlsson, 2020, Torfing et al., 2020). Daugiausia kritikos grindžiama nuostata, kad perkelti privataus sektoriaus principai viešojoje valdysenoje neveikia (Liu, 2022). Šiandien vis dar stokojama vieningo ir konkretaus PGV conceptualizavimo ir operacionalizavimo. Dažnai koncepcija analizuojama kaip atskiros organizacinės praktikos ir priemonės, apjungtos bendra vertybine filosofija, kas sąlygojama ir paties pasitikėjimo, kaip universalios ir multidimensinio reiškinių, vieningos definicijos stokos (Stonkė, 2023). PGV logikoje pasitikėjimas padeda valstybės tarnautojui naviguoti per įvairias sudėtingas situacijas, įveikti profesinius iššūkius bei atliepti visuomenės lūkesčius. Pasitikėjimą formuoja ir pati institucinė sistema, reglamentuojanti tarnautojų profesinę veiklą, pagrindines jos nuostatas ir principus, įtvirtinti palaikančią organizacinę kultūrą (Smith et al., 2016). Persiorientuojama į tikslų siekimą, viešajame sektoriuje skatinantį daugiau bendravimo ir bendradarbiavimo, stiprinant tarpusavio pasitikėjimą, gebėjimus ir motyvaciją (Schillemans, 2013, Torfing et al., 2020). Mayer, Davis ir Schoorman (1995) įrodė, kad viešojoje valdysenoje pasitikėjimo kūrimuisi ir stiprinimui reikalingi trys baziniai sudėtiniai elementai – gebėjimai, geranoriškumas ir sąžiningumas (Hasche et al., 2019).

Metodai. Siekiant įvertinti esamas mokslines apie pasitikėjimą grįsta valdyseną ir jos diegimo skirtinguose kontekstuose galimybes, pirminiu žingsniu atlikta sisteminė literatūros apžvalga, kurią sudarė penki baziniai žingsniai: tyrimo klausimo formulavimas, tyrimų paieška, tyrimų atranka ir vertinimas, turinio analizė ir sintezė bei rezultatų pateikimas (Denyer, Tranfield, 2009). Pagrindinis argumentas metodo pasirinkimui – galimybė apibendrinti naujausių tyrimų žinias ir išvagas, aktualias PGV conceptualizavimui bei įvertinti platų spektrą sričių, susijusių su pasitikėjimo svarba ir reikšme valdysenos procesuose (Dacombe, 2018). Visi literatūros apžvalgai atrinkti straipsniai yra susiję su pasitikėjimu grįsta valdysena ar atskirais jos

apsektais. Į apžvalgą įtraukti tik tie straipsniai, kuriuose pasitikėjimas aptariamas kaip sudėtinė valdymo procesų dalis ar tiriamų procesų sąveikos rezultatas.

Apžvalgoje analizuojami tiek teorinio, tiek ir empirinio pobūdžio tyrimai, leidžiantys palyginti skirtingų tyrimų dizainų išvadas. Dominuoja empirinio pobūdžio tyrimai, apimantys platų spektrą tyrimų metodų (apklausos, eksperimentai, atvejų analizės, interviu). Toks pasirinkimas grindžiamas nuostata, kad empiriniai darbai suteikia įrodymais pagrįstą reiškinį ir procesų supratimą apie PGV pridėtinę vertę (Green, 2005). Visi analizuoti straipsniai publikuoti žurnaluose įtrauktose į Web of Science duomenų bazę. Pasirinktas laikotarpis nuo 2020 iki 2025 metų, siekiant įvertinti PGV tematikos analizės apimtį naujausiuose tyrimuose. Atsižvelgiant į pirminį analizės tikslą – įvertinti esamas mokslines žinias apie pasitikėjimu grįstos valdysenos koncepciją, kaip inovatyvų viešojo valdymo metodą, paieškoje buvo įtrauktas raktažodis „*public*“. Įvertinus paieškos rezultatus ir atmetus kriterijų neatitikusius pasiūlymus, gauta galutinė analizuojamų publikacijų imtis – 23 straipsniai.

Remiantis literatūros analizėje identifikuotais PGV sudėtiniais elementais, antruoju tyrimo žingsniu atlikta svarbiausių šalies strateginių dokumentų (reglamentuojančių aplinkosaugos ir vandentvarkos sritis) turinio analizė. Šio žingsnio tikslas – įvertinti kaip pasitikėjimas ir skirtingi PVG aspektai atspindimi šalies strateginio valdymo sistemoje bei identifikuoti randamus su pasitikėjimo kūrimu susijusius priemones, principus ar nuostatas. Taip pat analizuoti dokumentai vertinti sisteminiu požiūriu – kaip pasitikėjimo kūrimo nuostatos kaskaduojamos nuo aukščiausio rango dokumentų (valstybės pažangos strategijos) iki žemiausio (savivaldybės veiklos planai).

Rezultatai. Atlikta literatūros analizė atskleidė dvi pagrindines pasitikėjimo (tuo pačiu ir PGV) viešojoje valdysenoje raiškos kryptis: (a) pasitikėjimą sąlygotą išorinės aplinkos ir (b) pasitikėjimą sąlygotą vidinės valdysenos. Nors literatūroje analizuojami atskirai, vidinis ir išorinis pasitikėjimas yra tarpiai tarpusavyje susiję ir sukuria vieningą pasitikėjimo kilpą (*angl. trust loop*), kurioje asmeninės pasitikėjimo nuostatos, sąlygoja pasitikėjimo puoselėjimą organizacijos lygmenyje, kuris vėliau transformuojasi į tarpragazinį ir sisteminį lygmenį, o galiausiai tampa generalizuotu pasitikėjimu, kuris kaskaduojasi ir vėl sugrįžta į asmeninį lygmenį (Hasche et al., 2021, Farnese et al., 2022).

Straipsnių, nagrinėjančių vidinio organizacijų pasitikėjimo formavimą, nuostatas geriausiai apibendrina Bentzen (2022) panaudota „trikojės kėdės“ analogija. Šiame modelyje pasitikėjimas organizacijoje yra palaikomas „trijų „kojų“ – individualaus, komandinio ir organizacijos lygmens pasitikėjimo. Jas jungia ir stabiliai laiko tarpasmeninės ir institucinės organizacijos narių sąveikos. Šios „konstrukcijos“ jungiamoji grandis – pasitikėjimu grindžiama lyderystė, sukurianti pagrindą pasitikėjimo kūrimo procesams organizacijoje (Mishra, Mishra 2013, Betzen et al. 2024). Vadovai yra pasitikėjimo organizacijoje architektai, užduodantys toną ir nustatantys taisykles, kaip pasitikėjimas bus integruojamas į bendrą organizacinę kultūrą ir veiklos procesus. Organizacijoje „šlubuojant vienai kojai“, dingsta visos struktūros stabilumas ir efektyvumas. Trikojo modelis įtvirtina dinamišką, daugiapakopį pasitikėjimo formavimo organizacijose supratimą. Analizuojant pasitikėjimą organizacijose dažniausiai tiriama kaip pavaldiniai pasitiki savo vadovais, tačiau PGV atveju, svarbiausiu indikatoriumi tampa lyderystės poveikis pavaldiniams ir organizacijai (Hasche et al., 2021). Individualiame lygmenyje jis pasireiškia kaip subjektyvi pavaldinio būsena, kad juo darbe yra pasitikima (*angl. felt trust*). Organizacijos lygmenyje, vadovo transliuojamas pasitikėjimas sukuria pasitikėjimo klimatą (*angl. trust climate*) – daugumos organizacijos narių bendrą suvokimą, kad visi atlieka tam tikrus organizacijai būtinus veiksmus ir taip pripažįsta bei saugo organizacijoje esančių narių teises ir interesus

Mokslinėje literatūroje išryškėjo ir išorinės aplinkos sąlygojami pasitikėjimo elementai. Ryškiausias jų – santykio kūrimas ir bendradarbiavimas. Pastarąjį dešimtmetį viešajame administravime itin daug kalbama apie pasitikėjimo kūrimą ir stiprinimą per įvairias bendradarbiavimo formas. Daugumoje analizuotų straipsnių daug dėmesio skiriama pasitikėjimo institucijomis kūrimui per visuomenės įtrauktį ir dalyvavimą valdysenos procesuose (Torfing et al., 2019, Acar et al., 2023, Cheng et al., 2023, Liu et al., 2023). Naujausiuose straipsniuose itin daug dėmesio skiriama visuomenės įsitraukimui į bendrakūrybos procesą, kuris kyla iš nuostatos, kad šiuolaikinėje diversifikuotoje visuomenėje viešasis interesas privalo būti grindžiamas ne apibendrintais individualiais interesais, o atvira, įtraukia ir informuota diskusija apie visuotines vertybes (Christensen, 2018). Bendrakūrybos procesas išgrynina ir aktualizuoja visuomenėje dominuojančias viešąsias vertybes, kurios palaikomos bendradarbiavimo procesų metu. Viešosios vertybės apibrėžiamos kaip normatyvinės vertybės, susijusios su piliečių teisėmis ir nauda, jų įsipareigojimais visuomenei, valstybei ir vienas kitam, taip pat kaip abipusis susitarimas, kuriuo grindžiamas valdymas ir politikos formavimas (Nabatchi, 2017). Įgyvendinant bendrakūrybos procesus kuriama ir stiprinama „iš apačios į viršų“ formuojama viešoji politika, grindžiama įvairių suinteresuotų pusių sąveika, įtvirtinanti viešosios valdysenos hibridiškumą – daugiapakopį požiūrį ir orientaciją į vietos poreikius (Kinder et al., 2020). Dalis mokslininkų toki

besiformuojantį valdysenos modelį prilygina ekosistemos prieigai, kuri skatina personalizuotą, tarpdisciplininių viešųjų paslaugų konfigūraciją, atliepiančią būtent vietos vartotojų poreikius. Akcentuotina tai, kad viešojo sektoriaus valdysenos kontekste, kaip ir organizaciniame lygmenyje, augantis pasitikėjimas skatina savarankiškumą ir, šiuo atveju, viešosios politikos decentralizaciją. Išsiskiriantys visuomenės pasitikėjimo skirtingais valdžios lygmenimis rodikliai, veikia kaip indikatorius stiprinti tam tikro lygmens valdžios teisėtumą ir įtvirtinti visuomenės suteikiamą mandatą specifinių politikos krypčių ir lūkesčių įgyvendinimui (Leland et al., 2020). Visuomenės lūkesčius ir bendrą pasitikėjimą viešuoju sektoriumi stipriai įtakoja įvairūs komunikaciniai procesai, kurie tampa galingu įrankiu, padedančiu (at)kurti, stiprinti arba, priešingai, sugriauti pasitikėjimą. Komunikacija funkcionuoja kaip jungiamoji grandis, mažinanti atskirtį tarp visuomenės ir valdžios, tuo pačiu užtikrinti pastarosios skaidrumą ir atskaitomybę. (Liu, Duarte, 2023).

Remiantis mokslinėje literatūroje identifikuotais pagrindiniais pasitikėjimo kūrimo ir diegimo valdysenoje elementais, atlikta valstybės strateginių ir programinių dokumentų, pridedančių prie efektyvios ir tvarios klimato politikos formavimo ir įgyvendinimo Lietuvoje, turinio analizė. Jos metu analizuoti ir vertinti dokumentuose sutinkami pasitikėjimą formuojantys bei skatinantys aspektai. Analizei pasirinkti dokumentai reglamentuojantys Lietuvos vandens politiką – *Nacionalinis pažangos planas, Nacionalinis prisitaikymo prie klimato kaitos planas 2024–2030, 2022–2030 m. Aplinkos apsaugos ir klimato kaitos valdymo plėtros programa, Nacionalinis vandenų srities 2022–2027 m. planas*. Taip pat regioninio ir vietos lygmens strateginiai dokumentai – *Klaipėdos regiono plėtros planas, Klaipėdos ir Neringos miestų, Klaipėdos ir Šilutės rajonų strateginiai plėtros planai*. Papildomai analizuota viešai prieinama informacinė medžiaga apie pasirinktų dokumentų svarstymą bei konsultacijas ir pristatymus visuomenei.

Analizės rezultatai atskleidė santūrų pasitikėjimo grįstos valdysenos aspektų įtvirtinimą svarbiuose šalies dokumentuose. Ryškiausias dokumentų analizės elementas – skatinamas sektorinių ministerijų bendravimas ir bendradarbiavimas, atspindintis ir valstybės strateginio planavimo nuostatas. Paradoksalu, kad daugelyje analizuotų dokumentų tarpinstitucinio bendradarbiavimo stoka yra dažniausiai minimas iššūkis ar esamos politikos silpnybė. Taip pat nemažai dokumentų minėtas poreikis (ir numatytos priemonės) stiprinti esamas sektoriaus kompetencijas ir gebėjimus. PGV kontekste, gebėjimai ir kompetencijos yra vienas iš trijų kertinių elementų, reikalingų instituciniam pasitikėjimui atsirasti. Pažymėtina, kad dokumentuose daugiausia skatinamas bendradarbiavimas tarp nacionalinio ir tarptautinio lygmens institucijų, tuo tarpu vietos lygmens (savivaldybių) dalyvavimas ir įtrauktis yra sąlyginai retai minimas bei pasireiškia kaip tikslų ir uždavinių kaskadavimas, o ne lygiavertis bendradarbiavimas. Visuomenės, vietos bendruomenių, kaip viešosios valdysenos dalyvių, įvardijamas dokumentuose irgi sąlyginai mažas. Daugiau akcentuojamas visuomenės informavimas ir švietimas. Neidentifikuota realaus bendradarbio ar bendrakūrybos apraiškų formuojant ar įgyvendinant sprendimus.

Apibendrinant galima teigti, kad pasitikėjimo (pasitikėjimu grindžiamos valdysenos) kūrimą ir(ar) bendradarbiavimą skatinantys aspektai analizuotose strateginiuose ir programiniuose valstybės dokumentuose yra gan santūrūs, išreiškiami per neįpareigojančius ir abstrakčius veiksmazodžius (pvz. skatinti, stiprinti, siekti ir pan.). Visuomenės ar įvairių suinteresuotų grupių įtrauktis beveik neminama dokumentų planų priemonių ir rodiklių lygmenyje. Santykio su visuomene kūrimą ir įtrauktį skatinantys valdysenos principai dar neįsitvirtino šalies viešajame valdyme.

Rezultatų aptarimas. Šis straipsnis yra pirmasis bandymas įvertinti pasitikėjimu grindžiamos valdysenos elementų egzistavimą ir vertinimą Lietuvos strateginiuose dokumentuose. Svarbu pažymėti, kad šiame straipsnyje atlikta analizė yra ribota, vertinanti tiek tiesiogiai dokumentuose įrašytas nuostatas ir jų žodines išraiškas, eliminuojant bendrą visos viešosios valdysenos principų ir sistemos vertinimą. Siekiant išanalizuoti visapusišką sistemos situaciją, bei įvertinti pasitikėjimu grindžiamos valdysenos elementų egzistavimą ir apimtį Lietuvos valdysenoje, reikalingas gilesnis ir išsamesnis kokybinis tyrimas. Toks tyrimas apimtų ekspertinius interviu su valdysenos sistemos dalyviais, platesnę antrinių duomenų ir informacijos šaltinių analizę. Tyrime taip pat tikslinga analizuoti esamų dokumentų nuostatų praktinį įgyvendinimą ir realų diegimą kasdienėje minimų institucijų veikloje.

Pasirinktų dokumentų analizė neatskleidė vidinio pasitikėjimo kūrimo elementų, kurie reiškiasi per organizacinę kultūrą, konkrečias organizacijos valdysenos praktikas. Nors strateginiuose ir programiniuose dokumentuose rasti organizacijų pasitikėjimo aspektų sudėtinga, tačiau atskirti organizacijų pasitikėjimo elementai kaip lyderystė, pasitikėjimo klimato kūrimas, institucinės pasitikėjimo formos, galėtų būti taikomos ir diegiamos programinių dokumentų uždavinių, priemonių (ir rodiklių) dalyse.

Išvados. Pasitikėjimas tiek moksliniame diskurse, tiek ir viešojoje retorikoje dažnai įvardijama kaip abstrakcija ar „magiška“ koncepcija, besikeičianti globali situacija ir didėjantis nestabilumas stiprina

pasitikėjimo poreikį ir įprasminimą viešajame gyvenime. Pasitikėjimu grįsta valdysena (PVG) – naujosios viešosios valdysenos atšaka, iškilusi kaip atsvara verslo principais grindžiamam viešojo sektoriaus valdymui. PVG formuoja ir naują institucinę logiką, diegiant nuostatas, kad visi viešojo sektoriaus darbuotojai yra patikimi ir nori veikti valstybės gerovės labui. Pasitikėjimas padeda valstybės tarnautojui naviguoti per įvairias sudėtingas situacijas, įveikti profesinius iššūkius bei atliepti visuomenės lūkesčius. Pasitikėjimą formuoja institucinė sistema, kuri reglamentuoja tarnautojų profesinę veiklą, apibrėžia pagrindines jos nuostatas ir normas, įtvirtina palaikančią organizacinę kultūrą (Smith et al., 2016).

Atlikta Lietuvos strateginių ir programinių dokumentų analizė atskleidė pirmąsias PGV užuomazgas Lietuvos viešosios valdysenos sistemoje. Nors šalyje vyrauja sąlyginai žemas pasitikėjimas (aukštas nepasitikėjimas) ir centralizuota hierarchinė institucinė sistema, tiek mokslinėje literatūroje, tiek ir šalies viešojo sektoriaus strateginiuose siekiuose pamažu įsitvirtina nuostata dėl esamos sistemos transformacijos poreikio, leidžianti daryti prielaidas, kad besiformuojanti motyvacija keisti esamą valdymo tradiciją ir procesus, galėtų aktyvuoti pasitikėjimu grindžiamos valdysenos poreikį. PGV galėtų tapti būti keliamu strateginiu tikslu ir siekiamybe, įkvepiančia esamos viešojo administravimo ir politikos sistemos pokyčiams, orientuotiems į kryptingą sektoriaus transformaciją, diegiant pasitikėjimu grįsta viešojo sektoriaus kultūrą (atliepiančią patvirtintą nacionalinės pažangos strategijos viziją).

Literatūra

- Acar, L., Steen, T., & Verschuere, B. (2023). Public values? A systematic literature review into the outcomes of public service co-creation. *Public Management Review*. <https://doi.org/10.1080/14719037.2023.2288248>
- Bentzen, T. Ø., Siverbo, S., & Winsvold, M. (2024). Keeping the magic alive: The multiple functions of magic concepts. *Public Administration Review*. <https://doi.org/10.1111/puar.13814>
- Bentzen, T. Ø. (2022). The tripod of trust: A multilevel approach to trust-based leadership in public organizations. *Public Management Review*, 25(2), 1–23. <https://doi.org/10.1080/14719037.2022.2132279>
- Cheng, Y. D., & Sandfort, J. (2023). Trust, power, and organizational routines: Exploring government's intentional tactics to renew relationships with nonprofits serving historically marginalized communities. *Public Administration Review*, 83(3), 570–586. <https://doi.org/10.1111/puar.13596>
- Christensen, H. S. (2018). Knowing and distrusting: How political trust and knowledge shape direct-democratic participation. *European Societies*, 20(4), 572–594. <https://doi.org/10.1080/14616696.2017.1402124>
- Dacombe, R. (2018). Systematic reviews in political science: What can the approach contribute to political research? *Political Studies Review*, 16(2), 148–157. <https://doi.org/10.1177/1478929916680641>
- Denyer, D., & Tranfield, T. (2009). Producing a systematic review. In D. Buchanan & A. Bryman (Eds.), *The SAGE handbook of organizational research methods* (pp. 671–689). Sage.
- Farnese, M. L., Benevene, P., & Barbieri, B. (2022). Learning to trust in social enterprises: The contribution of organisational culture to trust dynamics. *Journal of Trust Research*, 12(2), 153–178. <https://doi.org/10.1080/21515581.2022.2125399>
- Funck, E. K., & Karlsson, T. S. (2020). Twenty-five years of studying new public management in public administration: Accomplishments and limitations. *Financial Accountability & Management*, 36(4), 347–375. <https://doi.org/10.1111/faam.12214>
- Green, D. P. (2005). On evidence-based political science. *Daedalus*, 134(3), 96–100. <https://www.jstor.org/stable/20028006>
- Hasche, N., Höglund, L., & Mårtensson, M. (2020). Intra-organizational trust in public organizations – the study of interpersonal trust in both vertical and horizontal relationships from a bidirectional perspective. *Public Management Review*, 23, 1–21. <https://doi.org/10.1080/14719037.2020.1764081>
- Järvinen, M., & Branders, M. (2020). Contracts as trust builders. *Journal of Trust Research*, 10(1), 46–65. <https://doi.org/10.1080/21515581.2019.1705844>
- Kinder, T., Six, F., Stenvall, J., & Memon, A. (2020). Governance-as-legitimacy: Are ecosystems replacing networks? *Public Management Review*, 24(1), 8–33. <https://doi.org/10.1080/14719037.2020.1786149>
- Leland, S., Chattopadhyay, J., Maestas, C., & Piatak, J. (2020). Policy venue preference and relative trust in government in federal systems. *Governance*, 34(3). <https://doi.org/10.1111/gove.12501>
- Liu, B., Lin, S., He, S., & Zhang, X. (2023). Encourage or impede? The relationship between trust in government and coproduction. *Public Management Review*. <https://doi.org/10.1080/14719037.2023.2220002>
- Liu, Y. X. (2022). Public trust and collaborative governance: An instrumental variable approach. *Public Management Review*. <https://doi.org/10.1080/14719037.2022.2095003>
- Liu, Y., & Duarte, H. (2023). Repairing public trust through communication in health crises: A systematic review of the literature. *Public Management Review*. <https://doi.org/10.1080/14719037.2023.2284224>
- Mayer, R. C., Davis, J. H., & Schoorman, F. D. (1995). An integrative model of organizational trust. *Academy of Management Review*, 20(3), 709–734. <https://doi.org/10.2307/258792>
- Mishra, A. K., & Mishra, K. (2013). The research on trust in leadership: The need for context. *Journal of Trust Research*, 3(1), 59–69. <https://doi.org/10.1080/21515581.2013.771507>

- Nabatchi, T. (2017). Public values frames in administration and governance. *Perspectives on Public Management and Governance*, 1(1), 59–72. <https://doi.org/10.1093/ppmgov/gvx009>
- Pollitt, C., & Hupe, P. (2011). Talking about government: The role of magic concepts. *Public Management Review*, 13(5), 641–658.
- Robinson, S. E., Ripberger, J. T., Gupta, K., Ross, J. A., Fox, A. S., Jenkins-Smith, H. C., & Silva, C. L. (2021). The relevance and operations of political trust in the COVID-19 pandemic. *Public Administration Review*, 81(6), 1110–1119. <https://doi.org/10.1111/puar.13333>
- Schillemans, T. (2013). Moving beyond the clash of interests. *Public Management Review*, 15(4), 541–562. <https://doi.org/10.1080/14719037.2012.691008>
- Smith, L. G. E., Gillespie, N., Callan, V. J., Fitzsimmons, T. W., & Paulsen, N. (2016). Injunctive and descriptive logics during newcomer socialization: The impact on organizational identification, trustworthiness, and self-efficacy. *Journal of Organizational Behavior*, 38, 487–511. <https://doi.org/10.1002/job.2131>
- Stonkė, E. (2023). Pasitikėjimu grįstas viešasis valdymas: Skandinavijos regiono modelio dekonstrukcija. *Regional Formation and Development Studies*, 40(2), 146–156. <https://doi.org/10.15181/rfds.v40i2.2538>
- Torfing, J., Andersen, L. B., Greve, C., & Klausen, K. K. (2020). *Public governance paradigms: Competing and co-existing*. Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781788971225>
- Torfing, J., Sørensen, E., & Røiseland, A. (2019). Transforming the public sector into an arena for co-creation: Barriers, drivers, benefits, and ways forward. *Administration & Society*, 51(5), 795–825. <https://doi.org/10.1177/0095399716680057>
- Vento, I. (2023). Trust, collaboration, and participation in governance: A Nordic perspective on public administrators' perceptions of citizen involvement. *Public Administration Review*. <https://doi.org/10.1111/puar.13833>

NEURONINIŲ TINKLŲ MODELIS LAIVO VARIKLIO NOMINALIŲ APSUKŲ NUSTATYMU: TAIKYMAS EMEP EMISIJŲ METODIKOJE

Lukas Šaparnis, Karolina Dukanauskaitė, Austėja Lileikytė, Paulius Rapalis

Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas, Klaipėda

lukas.saparnis@ku.lt

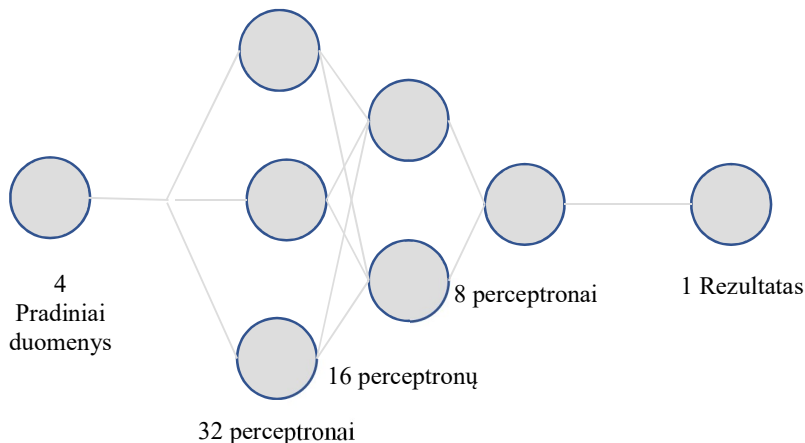
Ivadas. Laivyba yra didžiausias transporto sektorius, gabenantis iki 3.4 milijardų t. krovinių (*Maritime Transport of Goods - Annual Data - Statistics Explained*, n.d.) ir iki 395 milijonų keleivių ES mastu (Eurostat, 2025). Taip pat tai yra vienas didžiausių iškastinio kuro naudotojų, kuris per metus sudegina iki 43 mln. t. dyzelino ES (Eu Monitor, 2024) ir yra vienas didžiausių CO₂ ir oro taršalų šaltinių, atsakingas už 128,2 mln. t. CO₂ per metus ES mastu (Statista, 2024). Vienas iš ES „Fit for 55“ ir TJO programų tikslų yra siekis sumažinti kenksmingų teršalų išmetimus iš laivyno. Svarbus etapas, norint sumažinti laivyno išmetimus, yra galimybė tiksliai įvertinti teršalų išmetimus. Probleminis aspektas vertinimui dažnai yra tinkamų techninių duomenų surinkimas. Viena iš populiarių metodikų – EMEP emisijų inventorizacijos vadovas, skirtas įvertinti laivybos emisijas iš laivų jūroje ir uostuose. Ši metodika, ypač jos trečias skyrius, pasižymi geromis savybėmis, kai įvertinami laivo individualūs techniniai aspektai (laivo tipas, variklio galia, variklio greitaigiškumas), tačiau nėra pernelyg sudėtinga ir gali būti plačiai pritaikoma. Tačiau šiai metodikai reikalingi variklio eigos galios bei greitaigiškumo parametrai. Tai neretai gali sudaryti problemas, kadangi variklių greitaigiškumą gauti yra gana sunku. Tačiau naudojant dirbtinį neuroninių tinklų modelį, galima nuspėti variklių greitaigiškumą. Šio tyrimo metu buvo naudota neuroninių tinklų programa „Neural Designer“. Neuroninių tinklų apmokymui buvo panaudota duomenų bazė, sudaryta iš 89 939 eilučių, kuriose pateikti duomenys apie variklio suminę galią, bendrąjį tonažą, laivų tipus ir variklių skaičių. Modelio patikrinimui buvo parinkti 80 laivų, kurių nebuvo duomenų bazėje (8 skirtingi laivų tipai, iš kurių kiekvieno tipo po 10 laivų).

Metodai. Laivo variklių greitaigiškumo nustatymo modelio parengimui panaudota laivų techninių duomenų bazė, sudaryta iš laivo tipo, bendrojo tonažo, variklių suminės galios ir variklių skaičiaus. Duomenų bazę sudarė 89 939 eilutės. Šio tyrimo metu buvo naudota neuroninių tinklų programa „Neural Designer“. Duomenų paskirstymas dirbtinių neuroninių tinklų mokymui (toliau DNT) pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Duomenų pasiskirstymas

DNT mokymo skyrius	Duomenų bazės dalis
DNT mokymui	60%
DNT koregavimui	20%
DNT testavimui	20%

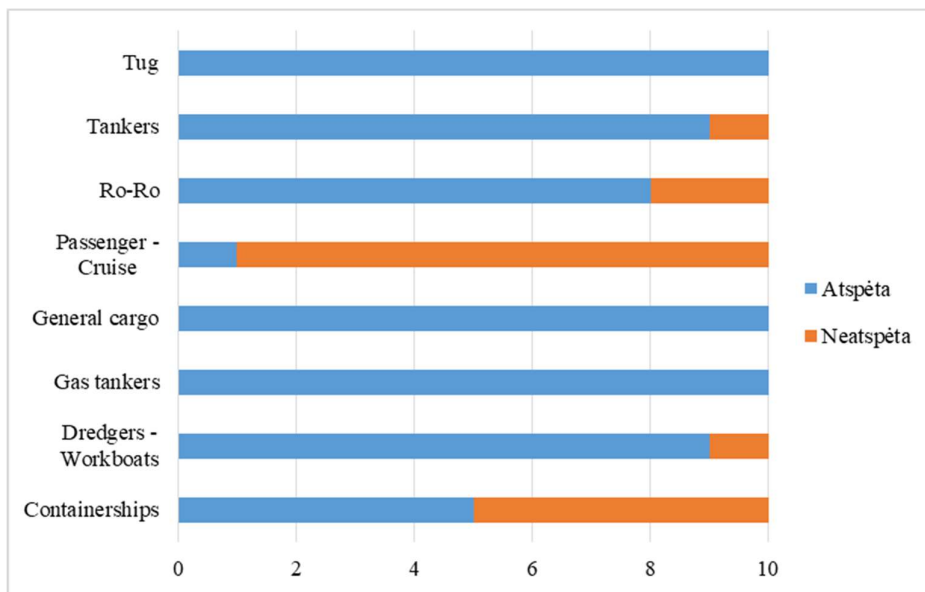
Neuroninio tinklo testavimui panaudoti 8 skirtingų laivų tipų (80 laivų), kurie nebuvo naudoti DNT apmokymo ar testavimo procese. Parengtas neuroninis tinklas, sudarytas iš trijų perceptronų sluoksnių, DNT struktūra pateikta 1 pav.



1 pav. DNT struktūra.

Laivų variklių greitaigiškumas buvo suskirstytas į tris kategorijas: lėtus (< 300 aps/min.), vidutinio greitaigiškumo (300 iki 900 aps/min.) ir aukštų apsuksų (> 900 aps/min.) variklius, kaip tai numatyta EMEP metodikoje.

Rezultatai. Iš testuotų laivų sėkmingai nuspėtos eigos variklių apsuksos buvo 62 atvejai iš 80. Sėkmingiausias, t.y. 100 % atspėjamumas buvo trejose laivų kategorijose: *Tug*, *General cargo* ir *Gas tankers*. Šiek tiek mažesnis – 90–80 % atspėjamumas buvo *Tankers*, *Ro-Ro* ir *Dredgers – Workboats* kategorijose. 50 % laivų atspėta *Containerships* kategorijoje. Mažiausias nuspėjamumas buvo keleivinių laivų kategorijoje (angl. *Passenger – Cruise*), kur atspėta tik 10 % laivų.



2 pav. Rezultatų palyginimas.

Išvados. Tyrimas parodė, kad naudojant dirbtinį neuroninių tinklų modelį laivų greitaigiškumo nuspėjimai yra galimi. Geriausias nuspėjamumas gautas *Tug*, *General Cargo* bei *Gas tankers* laivų tipuose.

Kadangi keltų, kruizinių ir keleivinių laivų kategorijoje (*PassFerry*) laivų skaičius duomenų bazėje yra gana mažas (4 932 iš 85 007 laivų) ir po šia kategorija yra daugiau skirtingų laivo tipų, šių laivų išsibarstymas pagal jėgaines komplektaciją yra didesnis, todėl greitaigiškumo nuspėjamumas yra mažesnis.

Tug tipo laivai, kurių eigos varikliai dažniausiai būna aukštų apsuksų, esant skirtingiems laivų modeliams, o eigos variklio apsuksos šio tipo laivams dažniausiai būna aukštos (900 aps/min ir daugiau), todėl šių laivų greitaigiškumo nuspėjimas yra labai geras. Tyrimo atveju teisingai nuspėta 10 iš 10 šios klasės laivų.

Literatūra

- Eu Monitor. (2024). Legal provisions of COM(2024)151 - 2023 Report from the European Commission on CO2 Emissions from Maritime Transport. https://www.eumonitor.eu/9353000/1/j4nvhdsc8bljza_j9vvik7m1c3gyxp/vmc95hcxe9xd
- Eurostat. (2025). Key figures on european transport 2024 edition. <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/15216629/20875401/KS-01-24-021-EN-N.pdf/57b33b96-c376-0e03-f7e1-11ac0f902eba?version=3.0&t=1737466616960>
- Fontelle, J.-P., Fridell, E., Grigoriadis, A., Hill, N., Kilde, N., Lavender, K., Mamarikas, S., Reynolds, G., Rypdal, K., Thomas, R., Webster, A., & Winther, M. (n.d.). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 1 Category Title NFR 1.A International maritime and inland navigation, national navigation, national fishing, recreational boats International maritime navigation, international inland navigation, national navigation (shipping), national fishing EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023.
- Maritime transport of goods - annual data - Statistics Explained. (n.d.). Retrieved February 11, 2025, from https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Maritime_transport_of_goods_-_annual_data
- Statista. (2024). Shipping emissions in Europe. <https://www.statista.com/topics/11344/shipping-emissions-in-europe/>

NAUJOS ARCHITEKTŪROS PASAULIO PAVELDO VIETOVĖJE –KURŠIŲ NERIJOJE, ESTETINIAI IR PAVELDOSAUGINIAI DISONANSAI IR KAITOS KRYPTYS

Dalia Traškinaitė

Vilniaus Gedimino technikos universiteto Architektūros institutas
dalia.traskinaite@vilniustech.lt

Ivadas. UNESCO pasaulio kultūros paveldo kultūrinis kraštovaizdis, iš kitų saugomų nacionaliniu mastu, išsiskiriančių savo išskirtine visuotine verte, grįstu sistemingu saugojimu, užtikrinamu kasdienėmis ir ilgalaikėmis priemonėmis, numatytuose saugomų vietovių valdymo planuose. Nors nuo Kuršių nerijos įrašymo į Pasaulio paveldo sąrašą praėjo jau keli dešimtmečiai, o jos valdymo planas rengimo stadijoje, o tai – efektyvus vietovės apsaugos ir gyvybingumo užtikrinimo plano nebuvimas – gali paskatinti išbraukti vietovę iš sąrašo ir sukelti kitus teisinius bei verčių išsaugojimo konfliktus. Požiūris į naujus ar rekonstruotus pastatus tokiose saugomose vietovėse atspindi ir tarptautiniuose dokumentuose, chartijose bei konvencijose (Naros autentiškumo dokumentas, 1994; Faro konvencija, 2005; Rekomendacija istoriniam urbanistiniam kraštovaizdžiui (HUL), 2011; Paryžiaus deklaracija dėl paveldo kaip vystymosi variklio, 2011; Enanės chartija, 2008; Valetos principai, 2011; Darnaus vystymosi perspektyvos integravimo į Pasaulio paveldo konvencijos procesus politika, 2015), bet nebūtinai siekiamybė atneša norimų maksimalių rezultatų. Holistinis požiūris bei tvarių sprendimų taikymas tiek paveldo puoselėjime bei saugojime, tiek šiuolaikinės architektūros kūrime, yra neatsiejamas ir tuo pačiu rodantis bendrą paveldo apsaugos vystymosi kryptį. Kiekvienas naujas architektūros objektas, atsirandantis saugojamuose kultūriniuose kraštovaizdžiuose, turi jiems poveikį bei jų estetinę reikšmę papildo tokių vietovių identitetą. Lietuvoje neretai atsiranda nemenka takoskyra tarp su UNESCO vietovėmis susijusio teisinio reguliavimo ir aktų ar reglamentų vykdymo bei naudojimo ir jau realizuotos architektūros, objektyvių ir argumentuotų sprendimų, raiškos formavimo.

Komplikuotas, painus teisinis reguliavimas, tarptautinių paveldo apsaugos dokumentų bei vyraujančių bendrų urbanistinių tendencijų neįveiklinimas kelia tiriamoje teritorijoje naujus pastatus ar rekonstravimo darbus planuojantiems ir realizuojantiems iššūkių. Todėl daugėjant skandalingų atvejų svarbu identifikuoti bendras susiklosčiusios situacijos priežastis, tendencijas bei disonansus, pasiūlant platesnį šiuolaikinės architektūros istorinėje aplinkoje vertinimo kriterijų spektrą. Straipsnyje nagrinėjami Kuršių nerijos naujų ir pritaikytų (rekonstruotų) pastatų (nuo įtraukimo į Pasaulio paveldo sąrašą 2001 m. iki 2022 m.) – architektūrinė raiška, tarptautinių ir nacionalinių paveldo apsaugos dokumentų reikalavimai naujai, pritaikomai ir atstatomai architektūrai, jos raiškai. Tyrimu siekiama remiantis charakteringais tiriamos vietovės architektūros pavyzdžiais, ištirti UNESCO pasaulio paveldo vietovės teisinių ir estetinių kriterijų nulemtą naujos ir rekonstruotos (perstatytos) architektūros raišką ir pateikti įžvalgų apie tolimesnės jų kaitos galimybes.

Metodai. Išsiaiškinus galimas kultūrinių kraštovaizdžių dermės kūrimo strategijas bei naujų pastatų juose genezės priežastingumą, ištirti paveldosauginiai kriterijai, tikslingai formuojantys pokyčių UNESCO saugomose vietovėse sąlygas. Atlikta kokybinė teminė analizė ir tokiu būdu išnagrinėti tarptautiniai ir nacionaliniai teisiniai paveldo apsaugos dokumentai, išgryninant bendras nuostatas bei naujų, pritaikomų ir atkuriamų pastatų Kuršių nerijoje kriterijus, be to, lyginamosios analizės būdu palyginti Lietuvos ir tarptautinių dokumentų kriterijai. Susisteminti kriterijai papildomi estetinio vertinimo kriterijais, kurie išskiriami taikant literatūros šaltinių sisteminės analizės metodą ir tokiu būdu ištiriant architektūros estetikos srityje atliktus tyrimus. Naudojant istorinės analizės metodą, išskiriami analizuojamos vietovės urbanistinės raidos dėsningumai, dėmesį sutelkiant į tam tikro pasirinkto laikotarpio naujus ir rekonstruotus pastatus bei jų ypatumus, susijusius su kelių būdingiausių naujos architektūros tendencijų (regionalizmo, etniškumo apraiškų, modernizmo bei postmodernizmo įtakos) raiška. Visi tiriami Kuršių nerijos objektai pateikiami grafinėje schemoje. Remiantis teisinių dokumentų analize, papildyta estetinės raiškos analizės rezultatais, išgrynintais kriterijais, analizuojami Kuršių nerijos charakteringiausi skirtingų tipologinių grupių (nauji, pritaikyti (rekonstruoti), atstatyti) objektai.

Rezultatai ir jų aptarimas. Atsižvelgiant į teisinių dokumentų analizę ir iškirtus kriterijus galima daryti apibendrintas Kuršių nerijos kaitos tendencijų priežastis. Šios UNESCO Pasaulio paveldo vietovės urbanistinė, sociokultūrinė, istorinė raida nulėmė jos susiklosčiusį kultūrinį kraštovaizdį, kurį valstybė įsipareigojo saugoti viso pasaulio bendruomenės dabartiniais ir ateities poreikiams. Tiek istoriniuose miesto centruose, tiek naujausiose miesto teritorijose tvarumo principas, atsižvelgiant į ankstesnę, istorinę projektavimo praktiką, pastatų pavyzdžius šiose teritorijose bei tarptautinius paveldosauginius reikalavimus, reikšmingiausias ir tiesiogiai koreliuoja su estetiniais klausimais (su estetinė kokybe).

Nors Kuršių nerijos nacionalinio parko reglamente (dabar – nuostatuose, 2023) rekomenduotina sekti neprofesionaliosios, tikimasi, tvaresnės architektūros pavyzdžiu, joje esanti profesionaliosios architektūros vilų architektūra taip pat skatina inspiracijas ir yra naujos architektūros detalių šaltinis. Atstatymo atvejų galimybė ir klausimas šioje teritorijoje taip pat keliamas, faktiškai tai – nauja architektūra, tik pagrįsta buvusio pastato ikonografinė medžiaga ir turinti ankstesnio laiko formą. Naros autentiškumo dokumentas (1994) (jo punktai – oficialūs kriterijai, atrenkant UNESCO Pasaulio paveldo sąrašo objektus (World Heritage Center, 2005) paveldo apsaugoje – vienas kertinių lūžių, rodančių, kad autentiškumas egzistuoja ne tik per fizinį, materialų faktiškumą ir kad tai nėra vienintelė samprata, autentiškumas gali pasireikšti per formą, medžiagas, turinį, funkciją bei panaudojimą, tradiciją ir techniką, vietą, planinį išdėstymą, dvasiaį, jausmus ir kitą. Tai platus sampratų laukas, kuriame atstatymas kaip istorinio vaizdo atkūrimas taip pat turi pagrindą, o jei konkretus atvejis būtų paremtas šaltiniais, vadinasi, būtų autentiškas ir paveldas. Tokio požiūrio, kuris įkūnija atstatymo galimybę, patvirtintą tarptautiniais paveldosauginiais teisės aktais, pasirinkimą turi lemti ne tik ekspertai, specialistai, bet ir su paveldu susijusi bendruomenė. Atstatymo pagrįstumas šaltiniais yra būtinybė, o atstatyto paveldo autentiškumo samprata yra labiau siekiama (Kulevičius, 2016).

Bet kokia miesto plėtra privalo būti pagrįsta ir numatyta tvariais principais, o Istorinio urbanistinio kraštovaizdžio rekomendacijoje (2015) nurodomi punktai – akstinas atsigręžti į saugomose teritorijose nefunkcionuojantį, nenaudojamą paveldą. Paveldo potencialo panaudojimas tampa esminiu išsaugojimo principu ir yra viena iš galimų tiriamų Pasaulio paveldo vietovių galimos kaitos kryptių. Remiantis šia pasauline paveldo tendencija bei teisiniais saugomo Kuršių nerijos kultūrinio kraštovaizdžio nacionaliniais dokumentais, pagrindinė statybos rūšis – rekonstrukcijos (kapitalinis remontas, priestatai, pritaikymai rekonstruojant), mažesnioji – nauja architektūra. Dažnos ir XX a. II p. pastatų rekonstrukcijos, todėl neišvengiamai tarp šių pastatų yra unikalių ir vertingų laikmečio objektų nesaugomų nacionaliniu mastu ir požiūris į galimas jų rekonstrukcijas gali būti taip pat liberališkesnis. Nors naujuose Kuršių nerijos nacionalinio parko nuostatuose (2023) XX a. 7 – 9 deš. poilsio namų architektūra išskiriama kaip saugotina, nemaža dalis šių sovietmečiu statytų pastatų jau patyrė vieną ar kelias rekonstrukcijas, pakeitusias jų architektūrinę raišką. Tai sveikintinas pripažinimas šiai vietai, kad tai visgi yra vienas iš jos tapatybės elementų, užkertančių kelią keisti ją į vienalytę žvejų kaimelio distopiją, kuri jau iš esmės savo architektūrine įvairove yra pakitusi, o funkciškai dažnas gyventojas užsiima poilsio vietų nuoma, žvejybos amato palaikymu.

Atsižvelgus į Kuršių nerijoje galiojančius teisės aktus, nacionalinio parko tvarkymo planą, tikimasi, kad didžioji dalis pastatų bus panašios architektūrinės raiškos kaip neprofesionaliosios architektūros pavyzdys ir prototipas – žvejo sodyba. Svarbu, kad kitos nei gyvenamosios paskirties pastatai – mažo mastelio objektai, remdamiesi regionalistinėmis gairėmis bei etninio namo prototipu (jis gali būti inspiracija), nevirstų tokios pačios išraiškos kaip pastarieji, klaidindami savo forma esamą funkciją. Skirtingų paskirčių pastatų architektūrinės raiškos niveliavimas į vieną nėra išmintingiausias sprendimas, užtikrinantis visų laikmečių architektūros įvairovę. Dėl didelių pokyčių sovietmečiu plėtros Kuršių nerijoje gausu profesionaliosios, autorinės architektūros, kuri pakeitė anksčiau vyrausią mastelį. Nelaikant šių pastatų vertingais (nors Kuršių nerija priimta į Pasaulio paveldo sąrašą su visa šia pastatų įvairove), jie yra rekonstruojami ar planuojami rekonstruoti. Be žvejo sodybos kaip inspiracijos, Kuršių nerijos nacionalinio parko tvarkymo plane siūloma vilų architektūra, o tai laisvo planavimo atspindžiai su savo aprūpinimo infrastruktūra.

Išvados. Kiekviena UNESCO Pasaulio paveldo sąrašė esanti vietovė dėl naujos architektūros didelio masto ir koncentracijos gali prarasti išskirtinę visuotinę vertę ar jai pakenkti, padaryti nepataisomų padarinių, patirti vizualinę bei fizinę žalą. Ne tik dėl ginkluotų konfliktų, silpnos ekonomikos, stichinių nelaimių, bet ir dėl neatsakingų valstybių ar atskirų žmonių veiklos, tokių kaip neatsakingi, moksliniais tyrimais nepagrįsti sprendimai planuojant būsimus pastatus Pasaulio paveldo vietovėje ir jos buferinės zonoje, galintys kelti rimtą pavojų jau susiklosčiusioms vertyboms istorinėje aplinkoje. Nuolat kintant paveldo apsaugos minčiai, pagrįstai teisiniais dokumentais, kinta ir požiūris į naujos architektūros atsiradimo sąlygas, estetinę išraišką. Pačiam paveldui nebesant tik objektyviais paminklais kartu su juos supančia aplinka, naujų pastatų saugomose teritorijose planavimas išsiplečia į daugiasluoksnių kriterijų kompleksą, dėmesį skiriant pačiam paveldo apsaugos ir naujos plėtros planavimo procesui, nulemtam įvairių kultūrinių, socialinių veiksmų bei visuomenės įsitraukimo į procesus. Prie šiuolaikinės paveldosaugos krypties pokyčio prisidėjęs Istorinio urbanistinio kraštovaizdžio (HUL) 2011 m. metodas, įtvirtinęs integralumo ir tarpdiscipliniškumo saugomose vietovėse daromų sprendimų būtinybę, o šiuolaikinės architektūros kokybės užtvirtinimas Davoso deklaracijos (2018), Naujojo Europos Bauhauzo principuose žymi taip pat postūmį, nukreiptą į platų kriterijų lauką.

Architektūra kaip meno rūšis estetiniu požiūriu negali būti tiriama tik išimtinai meninės išraiškos, formos ypatumų požiūriais, ji neatsiejama nuo funkcijos ir esamo aplinkinio konteksto. Tarptautinių ir nacionalinių paveldosaugos dokumentų tyrimu išgryninti kriterijai, kur vienas iš esminių kriterijų – naujo,

pritaikomo (rekonstruojamo) pastato harmoningas įsiterpimas, pagerinant vietos gyvenimo kokybę, – stokoja nematerialių, etinių, jausminių, emocinio patyrimo, psichologinio poveikio kriterijų architektūros estetinio vertinimo procese. Vietos dvasios įveiklinimas – vienas tarptautiniuose paveldo dokumentuose keliamų kriterijų, kuris formuojamas daugiasluoksniais faktorių formantais, įvertinus ne tik fizinius (gamtinius, architektūrinius, erdvinės kompozicijos formantus, medžiaginius ir kt.), bet ir kiek plačiau: geoklimatinį teritorijos pobūdį, istoriškai toje aplinkoje vyraujančią ūkinės veiklos pobūdį, tokius kultūrinius faktorius kaip gyventojų tautinis charakteris, pasaulėjauta ir gyvenamosios ypatumai, religinė konfesinė priklausomybė ar geopolitinė ir sociokultūrinė raida, visuomeninės sąmonės santykiai su kultūros paveldu ir etnine tradicija. Tik visus šiuos (ir kai kuriuos kitus čia neišvardytus) faktorius įtraukus į naujos architektūros projektavimo procesą, galima tikėtis darnaus bei kontekstualaus galutinio estetinio rezultato.

Kuršių nerijoje, kurioje naujos (rekonstruojamos) architektūros statyba leistina, bet įvairiais reikalavimais apribota, susiduriama su teisniais, planavimo bei reglamentavimo iššūkiais, o apsaugos teisinių dokumentų gausa bei kaita demonstruoja sudėtingą esamų teisinių dokumentų keitimą – juos paprasčiau papildyti atskirais, papildomais dokumentais, leidžiančiais aprėpti pilniau visus apsaugos, tvarkybos klausimus, dažnai reaguojant į atskirus atvejais susidariusius precedentes. Tikintis, kad naujas Pasaulio paveldo vietovės valdymo planas padės sistemingiau vykdyti teritorijos stebėseną, atlieps šiuolaikinės paveldosaugos gerąją praktiką, sustiprins išskirtinės visuotinės vertės užtikrinimą ir iš esmės bus tikslingas įrankis, planuojant ir vykstant įvairius planavimo, saugomos vietovės kaitos procesus, kuo mažiau darant žalos šioms Pasaulio paveldo vertybėms, nesukeliant joms grėsmės patekti į Pavojuje esančių pasaulio paveldo vertybių sąrašą.

Literatūra

- Ename Charter for the Interpretation of Cultural Heritage Sites.* (2008). Ratified by the 16th General Assembly of ICOMOS, Québec (Canada), on 4 October 2008. https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/interpretation_e.pdf
- Europos Tarybos Kultūros paveldo vertės visuomenei konvencija.* (2005). Europos Taryba. Europos Tarybos sutarčių serija Nr. 199. 2005 m. spalio 27 d. Faras. Autentiškas vertimas, patvirtintas LR Vyriausybės kanceliarijos skyriaus 2018 04 25. <https://vkpk.lt/wp-content/uploads/2018/05/tekstas.pdf>
- Kulevičius, S. (2017). Kultūros paveldo autentiškumo beiėškant. In Pažangi architektūros paveldo apsauga: misija (ne)įmanoma. Mokslinė-praktinė konferencija (pp. 15–26). Valstybinė kultūros paveldo komisija.
- Kuršių nerijos nacionalinio parko tvarkymo planas.* (2012). Patvirtinta Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2012 m. birželio 6 d. nutarimu Nr. 702. (Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2019 m. spalio 30 d. nutarimo Nr. 1080 redakcija). <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.428043>
- Paris Declaration. On the Heritage as a driver of development.* (2011). Unesco headquarters. https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/GA2011_Declaration_de_Paris_EN_20120109.pdf
- Policy Document for the Integration of a Sustainable Development Perspective into the Processes of the World Heritage Convention.* (2015). General Assembly of States Parties to the World Heritage Convention at its 20th session. <https://whc.unesco.org/docu-ment/139747>
- https://www.icomos.org/Paris2011/GA2011_CIVVIH_text_EN_FR_final_20120110.pdf
- Recommendation on the Historic Urban Landscape.* (2011). UNESCO Paris, 10 November 2011. <https://whc.unesco.org/uploads/activities/documents/activity-638-98.pdf>
- The Davos Baukultur Quality System, Eight criteria for a high-quality Baukultur – the whole story.* (2018). Swiss Confederation. <https://davosdeclaration2018.ch/media/DBQS-en.pdf>
- The NARA document on authenticity.* (1994). ICOMOS Japan, from 1–6 November 1994. <https://www.icomos.org/en/charters-and-texts/179-articles-en-francais/ressources/charters-and-standards/386-the-nara-document-on-authenticity-1994>
- Valetta Principles for the Safeguarding and Management of Historic Cities, Towns and Urban Areas.* (2011). Adopted by the 17th ICOMOS General Assembly on 28 November 2011.

SUDĖTINIŲ POTVYNIŲ RIZIKA KLAIPĖDOS MIESTUI

Erika Vasiliauskienė, Inga Dailidienė

Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas, Klaipėda,
erika.vasiliauskiene@ku.lt

Įvadas. Darbe analizuojama ilgalaikio jūros lygio kilimo ir ekstremalaus vandens lygio Klaipėdos sąsiauryje poveikis Danės upės žemupio sudėtinių potvynių rizikai Klaipėdos mieste. Klimato kaitos poveikis pakrančių miestams dažnai pasireiškia potvynių rizikos didėjimu. Fiksuojamas ilgalaikis jūros lygio kilimas didina trumpalaikių ekstremalių vandens lygių pavojų (Kirezci et al., 2020; Rutgersson et al., 2021). Tai sudaro sąlygas pakrančių miestams patirti grėsmę dėl ekstremalių hidrometeorologinių reiškinių dažnėjimo (Ghanbari et al., 2021; Bermúdez et al., 2021; Khanam et al., 2021; Hsiao et al., 2021). Dėl to urbanizuotoms teritorijoms yra itin svarbu turėti ilgalaikes strategijas, kuriose apibrėžtos prisitaikymo prie klimato kaitos ir jos sušvelninimo priemonės. Ilgalaikėje perspektyvoje, toks pasirengimas padės išvengti ar bent jau sušvelninti galimus socialinius ir ekonominius nuostolius.

Dažnu atveju vietovės esančios prie vandens telkinių yra laikomos, kaip prestižinės gyvenamos vietos. Miestuose šias teritorijas stengiamasi pritaikyti visuomeniniams, rekreaciniams poreikiams, o tai dar labiau didina jų patrauklumą naujų gyvenamųjų teritorijų plėtrai. Tačiau tolimesnė tokių vietų plėtra, neatsižvelgiant į klimato kaitos padarinius, gali padidinti pažeidžiamumą dėl potvynių rizikos. Todėl potvynių rizikos ir grėsmės vertinimas tampa itin svarbus. Ne mažiau svarbu modeliavimus atlikti ne tik su istoriniais duomenimis, bet ir parengti galimus ateities scenarijus, atsižvelgiant į klimato kaitos poveikį.

Klaipėda yra pajūrio miestas, kuriame pasireiškia sudėtiniai Danės upės potvyniai (Čepienė et al., 2022). Prognozuojama, kad sudėtinių potvynių tikimybė skirtingose Baltijos jūros pakrantėse didės (Ganguli ir Merz, 2019; Bevacqua et al., 2019). Tai nulemia tai, kad sudėtinius potvynius veikia keli veiksniai, kurie sustiprina bendrą jų poveikį (Couasnon et al., 2020; Zscheischler 2020; Čepienė et al., 2022). Danės upės atveju, pagrindiniai veiksniai didinantys didesnių potvynių susidarymo tikimybę – tai Kuršių marių vandens lygio svyravimai ir jūros vandens patvanka vyraujant stipresniems vakarų vėjams cikloninės pernašos metu bei Danės upės debitas, kurį veikia krituliai iškrentantys į baseiną. Sudėtiniai potvyniai gali padaryti didelę žalą Klaipėdos uostamiesčio infrastruktūrai, nes Danės upės ekstremalius potvynius gali veikti papildomai pakilęs dėl klimato kaitos Baltijos jūros vandens lygis. Kylant vidutiniam jūros ir Klaipėdos sąsiaurio vandens lygiui Danės upės žiotyse susidaro mažesni nuolydžiai natūraliai stabdantys vandens srauto tekėjimo greičius upės vagoje ir taip formuojantys ilgiau nei įprastai susidarantis patvankas bei potvynius semiančius gyvenvietę ir infrastuktūrą esančią upės slėnyje.

Tyrimo tikslas – nustatyti ekstremalių jūros lygio reiškinių pasikartojimą ir jų įtaką sudėtiniam potvyniams Danės upėje 1961–2024 m. Įvertinti ilgalaikį vandens lygio kilimą ir poveikį sudėtiniam potvyniams.

Metodai. Danės upės potvynių, ekstremalių jūros lygio reiškinių bei jų poveikio analizei buvo naudojami Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos hidrologiniai ir meteorologiniai duomenys. Tyrime analizuoti Klaipėdos sąsiaurio hidrologinės stoties 1961–2022 m. duomenys. Ilgalaikių vandens lygio tendencijų nustatymui taikyta trendų analizė, panaudojant tiesinės regresijos metodą. Naudojant HEC-RAS modelį sudaryti Danės upės vandens lygio scenarijai įtraukiant klimato kaitos faktorių ir darant prielaidą, kad vandens lygis Baltijos jūroje ir Kuršių mariose gali pakilti dėl klimato kaitos 1 metru. Atsižvelgiant į istorinius ir prognozuojamus duomenis įvertintos potvynių susidarymo tikimybės. Taikant ArcGIS Pro įrankius ekstremalių potvynių rizikos zonos Klaipėdos mieste įvertintos pagal maksimalių potvynių scenarijus, atsižvelgiant į užliejamų pastatų ir gyventojų skaičių.

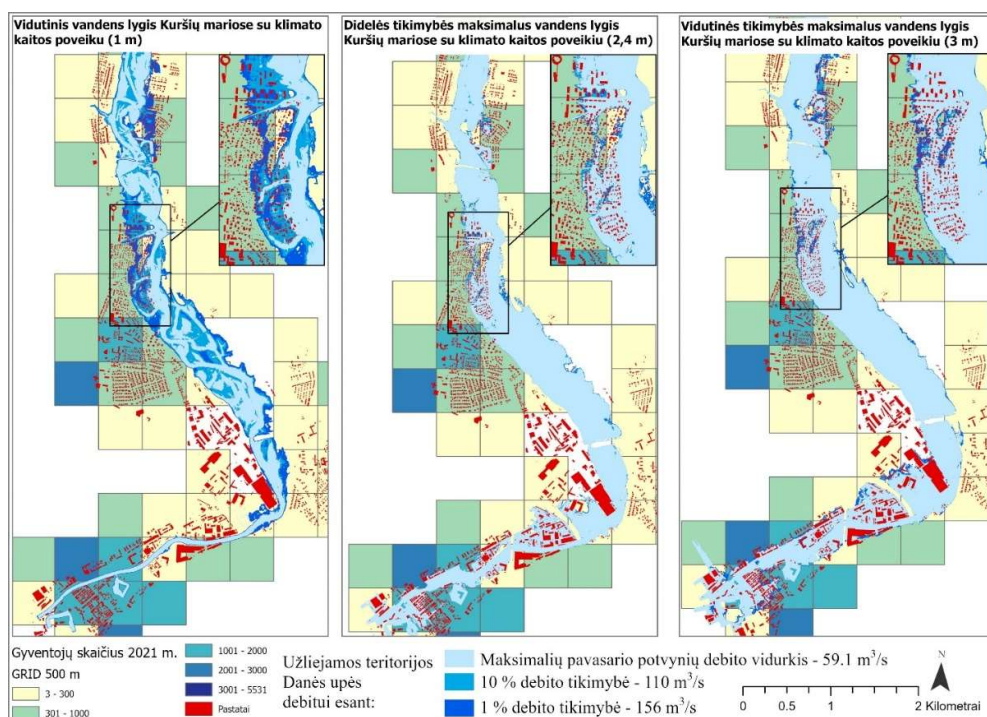
Rezultatai. Klaipėdos sąsiauryje vidutinis metinis vandens lygis 1961–2022 m. laikotarpiu kilo $3,9 \pm 0,05$ mm per metus (iš viso 24 cm). Per tiriamąjį laikotarpį maksimalus vidutinis metinis vandens lygis kilo 4,3 mm per metus, kai tuo tarpu minimalus vidutinis metinis vandens lygis kilo 4,8 mm per metus. 1960–2022 m. užfiksuoti 48 atvejai, kai vandens lygis pasiekė 100 cm (BS) ribą, iš jų 34 atvejai 2000–2022 m. Užfiksuoti 5 atvejai, kai vandens lygis viršijo 150 cm (BS). 38 įvykiai, kai vandens lygis pakilo daugiau kaip 100 cm (BS), buvo žiemą, iš jų 6 – gruodžio mėnesį, 21 – sausio mėnesį ir 11 – vasario mėnesį. Tai sudaro apie 80 % visų įvykių. 23 atvejų metu vyravo vakarų vėjo kryptis; 17 atvejų metu vyravo pietvakarių vėjai.

Ekstremalių potvynių tikimybių vertinimas tikslesnis, taikant sudėtinių potvynių vertinimo metodiką. Sudėtiniai potvyniai įvertinami įtraukiant klimato kaitos dedamąją, kuri padeda geriau įvertinti potvynių rizikas kylant ilgalaikiam vandens lygiui pajūrio gyvenvietėse. Pavyzdžiui, šiaurinėje Klaipėdos miesto dalyje

sudėtiniais potvyniams didesnę įtaką daro Danės upės nuotėkis, o centrinėje miesto dalyje didesnė rizika kyla dėl klimatinio vandens lygio pakilimo Klaipėdos sąsiauryje (Čepienė ir kt., 2022). Šiaurinėje miesto dalyje, palei Danės upę, yra privačių gyvenamųjų namų, patenkančių į potvynių rizikos zonas. Šioje teritorijoje upės krantas išlieka natūralus – čia nėra apsauginių krantinų ar kitų pakrantės įtvirtinimų, galinčių apsaugoti nuo stichinių potvynių.

Sudėtinio potvynio metu, kai Klaipėdos sąsiaurio vandens lygis atitinka 10 % tikimybę ir sutampa su didžiausiu metiniu Danės upės debitu, 1 403 513 m² miesto teritorijos būtų paveikta potvynio (iš jų daugiau nei 150 000 m² užstatytos teritorijos) (1 pav.). Tai sudaro beveik 1,5 % viso miesto ploto. Atsižvelgiant į klimato kaitos poveikį ir vandens lygio pakilimą 1 metru, tokio scenarijaus metu būtų paveikta 2 412 144 m² (iš jų daugiau nei 710 000 m² užstatytos teritorijos), arba beveik 2,5 % miesto ploto.

Didėjantis užliejamų teritorijų plotas kelia vis didesnę grėsmę gyventojų turtui. Remiantis istoriniais duomenimis priklausomai nuo skirtingų sudėtinų potvynių scenarijų potvyniai gali užlieti nuo 60 iki 700 pastatų. Įvirinus atsižvelgiant į klimato kaitos dedamąją, keičiasi ekstremalių potvynių ribos ir užliejamų pastatų skaičius išauga bei pagal skirtingas tikimybės kinta nuo 84 iki 940 pastatų (1 pav.). Tai patvirtina poreikį kylant Klaipėdos sąsiaurio vandens lygiui ir augant ekstremalių potvynių tikimybei imtis veiksmingų prisitaikymo priemonių, siekiant sumažinti galimą žalą ir apsaugoti gyventojų turtą.



1 pav. Gyventojų skaičius (2021 m. duomenys) ir pastatai patenkantys į potvynių rizikos zonas įtraukiant klimato kaitos faktorius.

Rezultatų aptarimas. Vandens lygio kilimui Klaipėdos sąsiauryje įtakos turi klimato kaita, todėl didėja maksimalių potvynių tikimybė. Baltijos jūros pietrytinėje pakrantėje 1961–2022 m. didėjo tiek vidutinio metinio vandens lygio maksimumas, tiek vidutinio metinio vandens lygio minimumas. Pastaraisiais dešimtmečiais taip pat padažnėjo hidrometeorologinių reiškinių, formuojančių dažnesnių potvynių susidarymą.

Dažnesnių ekstremalių potvynių tikimybės didėjimą Danės upės žemupyje ir sudėtinų potvynių Klaipėdoje atsiradimą galima būtų sieti su kylančiu dėl klimato kaitos vandens lygiu Klaipėdos sąsiauryje ir vyraujančiais intensyviais vakarinių krypties vėjais, kuriuos lemia cikloninė cirkuliacija (Dailidienė et al., 2012). 1961–2022 m. tiriamuoju laikotarpiu iš viso užregistruoti 48 atvejai, kai vandens lygis pasiekė ir viršijo 100 cm BS vandens lygio ribą. Iš visų ekstremalių vandens lygio pakilimų apie 71 % (34 atvejai) įvyko 2000–2022 m. Nuo XXI a. pradžios ekstremalių vandens lygių skaičius padidėjo.

Modeliuojant potvynių scenarijus, skirtus sušvelninti infrastruktūros ir gyvenamųjų rajonų socialinę bei ekonominę riziką, būtina įtraukti klimato kaitos faktorius. Taip pat į vertinimą svarbu įtraukti krantų sutvirtinimo ir hidrotechninių įrenginių vaidmenį mažinant ekstremalių hidrometeorologinių reiškinių poveikį gyvenvietėms. Ekstremalus hidrometeorologiniai įvykiai gali smarkiai pažeisti krantines, o tai itin svarbu pakrantės gyvenvietėms, kurios dažnai orientuotos į vietos gyventojų poreikius bei rekreacinę veiklą. Danės upė nėra

išimtis – jos pakrantėje įrengti pėsčiųjų ir dviračių takai, laisvalaikio zonos, žaidimų aikštelės bei kita infrastruktūra. Todėl planuojant tolesnę infrastruktūros plėtrą būtina atsižvelgti į galimus pakrančių erozijos procesus, kuriuos gali sukelti ekstremalūs hidrometeorologiniai veiksniai. Pavyzdžiui, 2022 m. sausio–vasario mėnesiais siautusi audra apgadino Danės upės krantus šiaurinėje Klaipėdos miesto dalyje, netoli Klaipėdos universiteto Botanikos sodo, sukeldamos grėsmę esamai infrastruktūrai.

Išvados. Klaipėdos uostamiestyje pagrindiniai Danės upės potvynių riziką didinantys veiksniai yra Kuršių marių vandens lygio svyravimai bei jūros vandens patvanka, susidaranti esant stipriems vakarų vėjams cikloninės pernašos metu.

Rezultatai rodo, kad 1961–2024 m. laikotarpiu vidutinis metinis, vidutinis metinis maksimalus ir vidutinis metinis minimalus vandens lygis Klaipėdos sąsiauryje didėjo. Taip pat didėjo ekstremalių hidrometeorologinių įvykių, kai dėl susidariusios audros bangos vandens lygis Klaipėdos sąsiauryje viršijo ≥ 100 cm Baltijos aukščio sistemoje, skaičius. Dėl šių reiškinių didėja sudėtinių potvynių rizika Danės upėje.

Danės upės didesnių potvynių riziką Klaipėdos uostamiestyje lemia sudėtinių potvynių susidarymas dėl klimato kaitos kylant pietryčių Baltijos jūros vandens lygiui Klaipėdos sąsiauryje. Todėl rekomenduojame atnaujinti potvynių rizikos vertinimo metodikas ir šį klimato kaitos komponentą įtraukti į potvynių rizikos vertinimus.

Siekiant sumažinti klimato kaitos poveikį ir geriau prisitaikyti prie vykstančių pokyčių, būtina atsižvelgti į ilgalaikius klimato kaitos scenarijus. Tai padėtų išvengti galimų ekonominių ir socialinių nuostolių kryptingai plėtojant miesto infrastruktūrą ir pertvarkant teritorijas, kurios patenka į potvynio rizikos zonas.

Literatūra

- Bermúdez, M., Farfán, J. F., Willems, P., & Cea, L. (2021). Assessing the effects of climate change on compound flooding in coastal river areas. *Water Resources Research*, 57(10), e2020WR029321.
- Bevacqua, E., Maraun, D., Voudoukas, M. I., Voukouvalas, E., Vrac, M., Mentaschi, L., and Widmann, M. (2019). Higher probability of compound flooding from precipitation and storm surge in Europe under anthropogenic climate change. *Science advances*, 5(9), eaaw5531. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaw5531>
- Couasnon, A., Eilander, D., Muis, S., Veldkamp, T. I., Haigh, I. D., Wahl, T., ... & Ward, P. J. (2020). Measuring compound flood potential from river discharge and storm surge extremes at the global scale. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 20(2), 489-504.
- Čepienė, E., Dailidytė, L., Stonevičius, E., Dailidienė, I. (2022). Sea level rise impact on compound coastal river flood risk in Klaipėda city (Baltic Coast, Lithuania). *Water*, 14(3), 414. <https://doi.org/10.3390/w14030414>
- 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*. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-10-00077.1>
- Ganguli, P., and Merz, B. (2019). Trends in compound flooding in northwestern Europe during 1901–2014. *Geophysical Research Letters*, 46(19), 10810-10820.
- Ghanbari, M., Arabi, M., Kao, S. C., Obeysekera, J., & Sweet, W. (2021). Climate change and changes in compound coastal-riverine flooding hazard along the US coasts. *Earth's Future*, 9(5), e2021EF002055.
- Hsiao, S. C., Chiang, W. S., Jang, J. H., Wu, H. L., Lu, W. S., Chen, W. B., & Wu, Y. T. (2021). Flood risk influenced by the compound effect of storm surge and rainfall under climate change for low-lying coastal areas. *Science of the total environment*, 764, 144439.
- Khanam, M., Sofia, G., Koukoulas, M., Lazin, R., Nikolopoulos, E. I., Shen, X., & Anagnostou, E. N. (2021). Impact of compound flood event on coastal critical infrastructures considering current and future climate. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 21(2), 587-605.
- Kirezci, E., Young, I. R., Ranasinghe, R., Muis, S., Nicholls, R. J., Lincke, D., Hinkel, J. (2020). Projections of global-scale extreme sea levels and resulting episodic coastal flooding over the 21st Century. *Scientific reports*, 10(1), 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67736-6>
- Rutgersson, A., Kjellström, E., Haapala, J., Stendel, M., Danilovich, I., Drews, M., Jylhä, K., Kujala, P., Larsén, X. G., Halsnæs, K., Lehtonen, I., Luomaranta, A., Nilsson, E., Olsson, T., Särkkä, J., Tuomi, L., and Wasmund, N. (2022). Natural hazards and extreme events in the Baltic Sea region, *Earth Syst. Dynam.*, 13, 251–301, <https://doi.org/10.5194/esd-13-251-2022>
- Zscheischler, J., Martius, O., Westra, S., Bevacqua, E., Raymond, C., Horton, R. M., ... & Vignotto, E. (2020). A typology of compound weather and climate events. *Nature reviews earth & environment*, 1(7), 333-347.

SKIRTINGŲ GYVENIMO CIKLO STADIJŲ ŽIOBRIŲ (*VIMBA VIMBA*) PARAZITŲ ĮVAIROVĖ

Margarita Venslovaitė¹, Patrick Fabian Unger², Nerijus Nika¹

¹Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas, Klaipėda, ²Rostoko universitetas, Rostokas, Vokietija
margarita.venslovaite@ku.lt

Įvadas. Migracijos yra sudėtingas gamtos reiškinys, kuomet ilgų kelionių metu gyvūnai susiduria su besikeičiančia aplinka ir daugybe išgyvenimo iššūkių. Diadrominės žuvis, tokios kaip lašišos, upiniai unguriai, eršketai ir kitos, skirtingais gyvenimo etapais sezoniskai migruoja tarp gėlo vandens ir jūrinių sistemų, ir šių migracijų metu susiduria su įvairiais aplinkos veiksniais bei žmogaus sukurtomis kliūtimis, kurios gali didinti jų pažeidžiamumą plėšrūnams, ligoms, parazitams (NOAA, 2024). Migruojančios žuvis visame pasaulyje turi labai didelę ekonominę reikšmę, taip pat ir Lietuvoje, kur lašišos, žiobriai, stintos, perpelės, upinės nėgės ir kai kurios kitos yra svarbios pajūrio žuvininkystės sektoriui. Ligos ir parazitai eikvoja šeimininko energijos atsargas, gali sutrikdyti mitybą, aplinkos jutimą, net sukelti žuvies morfologinius pokyčius, kurie veikia plėšrūnų vengimo efektyvumą (Barber et al., 2000), ir visa tai neigiamai veikia vertingų žuvų išteklis. Iš kitos pusės, anadrominės žuvis, migruodamos iš gėlų vandenų į Baltijos jūrą ir vėliau suaugusios grįždamos neršti į upes, gali apsikrėsti didesne įvairove parazitų bei juos pernešti tarp skirtingų sistemų. Visgi, Lietuvoje pastaruoju metu trūksta išsamių tyrimų apie žuvų parazitologinę situaciją, ypač apie migruojančių žuvų parazitų įvairovę skirtingose vandens ekosistemose.

Šio tyrimo tikslas – nustatyti žiobrio (*Vimba vimba*) parazitų įvairovės ir bendrųjų struktūros ypatumus skirtinguose migracijos etapuose, siekiant geriau suprasti žuvų užsikrėtimo parazitais tendencijas besikeičiančiose ekosistemose.

Žiobriai neršia ir jaunikliai kelis metus gyvena upėse, pvz., Minijos baseine, po to per Nemuną ir Kuršių marias migruoja į jūrą maitintis. Jūroje pasiekę 4⁺ – 5⁺ metų amžių (dažniausiai 5⁺ – 8⁺ metų amžiaus) jie rudenį ir pavasarį per marias grįžta į upes neršti, o išneršę, pavasarį ir vasaros pradžioje vėl grįžta į jūrą.

Metodai. Žuvis buvo pagautos gaudyklėmis Kuršių mariose šiauriau Juodkrantės (n = 30), statomaisiais tinklais – Baltijos jūros priekrantėje ties Nida (n = 30) ir elektrožūklės metodu – Salanto upėje ties Salantais (n = 13), ir užšaldytos vėlesniam tyrimui. Prieš parazitologinį tyrimą, žuvis buvo atšildomos, užfiksuojami jų morfologiniai duomenys. Apžiūrėta žuvų išorė dėl galimų deformacijų ar išorinių parazitų ir tik tuomet žuvis buvo skrodžiama. Akys, žiaunos ir kiekvienas vidaus organas buvo atskiriami į skirtingas Petri lėkštutes su 0,9 % NaCl tirpalu. Kiekvienas organas buvo preparuojamas ir peržiūrimas po binokuliaru. Kiekvienas rastas parazitas iki tolesnio morfologinio ar genetinio tyrimo buvo fiksuojamas 70 % arba 99 % etanolyje, atitinkamai.

Morfologinio tyrimo metu karmino dažais arba glicerinu buvo išryškinami rūšiai būdingi organai. Taip preparuoti parazitų mėginiai fiksuoti ant objektinių stiklelių, tuomet fotografuoti, išmatuoti identifikavimui svarbūs parazitų organai ir pagal specifinius požymius buvo ieškoma atitikmenų naudojantis atviraisiais šaltiniais (duomenų bazėmis ir moksliniais straipsniais).

Tam tikriems apvaliųjų kirmėlių ir digeninių siurbikių atstovams buvo taikyti genetiniai rūšies identifikavimo metodai. Genetinis tyrimas padeda identifikuoti parazitų rūšis, kurias morfologiškai neįmanoma arba sudėtinga atskirti. Genetinis tyrimas buvo atliekamas Rostoko universitete Žemės ūkio ir aplinkos mokslų fakulteto laboratorijoje. Parazitų mėginių DNR buvo išskirta naudojantis DNeasy Blood & Tissue (Qiagen) rinkiniais. DNR buvo padauginta PGR reakcijų metu. Padaugintas DNR su specialiais, šeimai pritaikytais pradmenimis buvo išsiųstas sekvenavimui į Microsynth SeqLab laboratoriją Göttingene. Gautos nusekvenuotos sekos buvo lyginamos su sekų pavyzdžiais, esančiais NCBI duomenų bazėje, kad nustatyti rūšį.

Tyrimo duomenys bus išsamiai išanalizuoti, o žemiau yra pateikiama apibendrinta informacija apie aptiktų parazitų įvairovę ir jų paplitimą (P, %) tarp tirtų žuvų.

Rezultatai ir jų aptarimas. Iš viso parazitologiškai buvo ištirtos 72 žuvis. Žiobrių vidutinis ilgis ($\pm$ SN) upėje, mariose ir jūroje buvo $31,0 \pm 2,2$ cm, $25,9 \pm 2,5$ cm ir $11,8 \pm 1,9$ cm, o svoris – $334,3 \pm 73,1$ g, $182,0 \pm 60,4$ g ir $14,7 \pm 7,2$ g, atitinkamai. Iš viso aptikta ir morfologiniais bei genetiniais metodais identifikuota 14 parazitų rūšių.

Žiobriuose iš Salanto upės iš viso buvo rastos 5 skirtingos parazitų rūšys iš trijų skirtingų sisteminių grupių, apibūdintų iki žemiausio taksono: *Paradiplozoon* sp. (P = 16,7%), *Diplostomum mergi*, *D. pseudopathaceum* (P_{Diplostomum} = 41,7 %), *Tylodelphys clavata* (P = 25 %) ir *Tetracotyle* sp. (P = 8,3 %).

Kuršių mariose sugautuose žiobriuose iš viso buvo rasta 11 skirtingų parazitų rūšių iš šešių skirtingų sistematinių grupių, apibūdintų iki žemiausio taksono: *Paradiplozoon sp.* (P = 70 %), *Acanthocephala sp.* (P = 6,7 %), *Diplostomum mergi*, *D. pseudospathaceum* (P_{Diplostomum} = 20 %), *Posthodiplostomum cuticola* (P = 13,3 %), *Tylodelphys clavata* (P = 66,7 %), *Digenea sp.* (P = 40%), *Paradilepis scolecina* (P = 43,3 %), *Contracecum rudolphi* (P = 26,7 %), *Ergasilus sieboldi* (P = 13,3 %) ir *Tetracotyle sp.* (P = 40 %).

Baltijos jūros priekrantėje sugautuose žiobriuose iš viso buvo rasta 12 skirtingų parazitų rūšių iš penkių skirtingų sistematinių grupių, apibūdintų iki žemiausio taksono: *Monopisthocotylea sp.* (P = 6,7 %), *Paradiplozoon sp.* (P = 63,3 %), *Diplostomum spathaceum*, *D. pseudospathaceum* (P_{Diplostomum} = 63,3 %), *Posthodiplostomum cuticola* (P = 40 %), *Tylodelphys clavata* (P = 76,7 %), *Digenea sp.* (P = 33,3 %), *Paradilepis scolecina* (P = 30 %), *Nematode sp.* (P = 10 %), *Contracecum rudolphi* (P = 20 %), *Ergasilus sieboldi* (P = 16,7 %) ir *Tetracotyle sp.* (P = 56,7 %).

Migracijos metu žiobriai sistemoje intakai-Nemunas-marios-jūra susiduria su skirtingomis parazitų bendrijomis. Žiobrių jauniklių iš upės parazitų įvairovė buvo dvigubai, o apsikrėtimas – iki kelių kartų mažesnis nei vėlesnėse gyvenimo ciklo stadijose, kuomet migruodami per Nemuną ir Kuršių marias iki jūros žiobriai susiduria ir apsikrėčia naujomis parazitų rūšimis ir net grupėmis. Kelios parazitų rūšys: *Tylodelphys clavata*, *Diplostomum pseudospathaceum*, *Tetracotyle sp.*, *Paradiplozoon sp.*, sutinkamos visose žiobrio gyvenimo stadijose, jomis užsikrečiant jau augimo buveinėse upėse, tačiau *Diplostomum spathaceum*, *Nematode sp.*, *Monopisthocotylea sp.* rūšimis žiobriai užsikrečia tik pasiekę jūrinius vandenius. Tai galima sieti su didesniu tarpinių šeimininkų kiekiu bei didesniu sąlyčių su kitomis žuvimis migruojant per Miniją, Nemuną, marias. Vandens ekosistemų aplinkos kokybė taip pat gali turėti reikšmingos įtakos žuvų parazitologinei būklei. Šio tyrimo duomenys bus panaudoti ir iki šiol Lietuvos vandenims netaikytų parazitologinių aplinkos kokybės indeksų apskaičiavimui ir aplinkos būklės vertinimui.

Padėka. Dalis tyrimo, kuriame taikytas genetinis parazitų identifikavimas, buvo atliktas Rostoko universitete mokslinės stažuotės metu pagal „Conexus Research Mobility“ programos finansavimą. Nuoširdžiai dėkoju Rostoko universiteto Žemės ūkio ir aplinkos mokslų fakulteto profesoriui dr. Harry Palm, dr. Patrick Unger, dr. Stefan Theisen už šiltą priėmimą, prieigą prie laboratorijos, suteiktus praktinius parazitologinių tyrimų mokymus ir žinias bei visokeriopą pagalbą.

Literatūra

- Barber, I., Hoare, D., & Krause, J., 2000. Effects of parasites on fish behaviour: A review and evolutionary perspective. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 10(2), 131–165. doi:10.1023/a:1016658224470
- NOAA, 2024. Barriers to Fish Migration. (Prieiga internetu: <https://www.fisheries.noaa.gov/insight/barriers-fish-migration>)

MAKROFITŲ VERTINIMAS SKIRTINGO TROFIŠKUMO VANDENS TELKINIuose

Adolfina Zaidė, Martynas Bučas, Diana Vaičiūtė

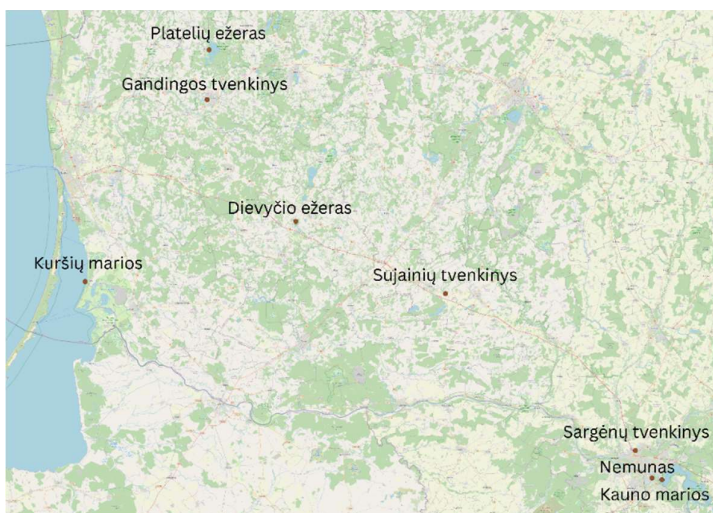
¹Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas, Klaipėda
adolfina.zaide@edu.ku.lt

Įvadas. Vandens ekosistemose makrofitai yra svarbūs pirminiai producentai, taip pat jie mažina nuosėdų resuspensiją ir maistinių medžiagų kiekį, o tai riboja mikrodumblių žydėjimą (Kolada, 2010), gerina vandens kokybę ir suteikia prieglobstį įvairiems vandens organizmams (O'Hare et al., 2017). Dėl žmogaus veiklos blogėjančios trofinės sąlygos ežeruose nulėmė reikšmingą makrofitų gausos sumažėjimą pasauliniu mastu (Strayer, Dudgeon, 2010).

Lietuvoje iš viso skaičiuojama apie 6 tūkst. ežerų, tačiau kasmet Aplinkos apsaugos agentūros (toliau AAA) atliekamas ežerų būklės vertinimas apima daugiausiai 335 ežerus (AAA, 2023). Be to, makrofitai Lietuvoje vertinami nenuosekliai: jų būklės vertinimas ežeruose pradėtas tik 2013 m., tačiau 2016 ir 2017 m. makrofitai nebuvo įtraukti į ežerų ekologinės būklės vertinimą, o 2018–2022 m. vertintas tik fitobentosas. 2023 m. makrofitai buvo vertinami 217 ežerų. Pagal 2023 m. AAA ataskaitą, net 67 % vertintų ežerų ir tvenkinių neatitiko geros ekologinės būklės pagal makrofitų ekologinį indeksą.

Šio darbo tikslas – palyginti skirtingo trofiškumo vandens telkinių makrofitus ir nustatyti priklausomybę tarp vandens trofiškumo ir makrofitų padengimo bei rūšinio pasiskirstymo.

Metodai. Buvo tirti aštuoni vandens telkiniai: Kuršių marios, Kauno marios, Gandingos tvenkinys, Nemuno upė ties vidurupiu, Platelių ežeras, Dievyčio ežeras, Sargėnų tvenkinys ir Sujainių tvenkinys (1 pav.).



1 pav. Tirti vandens telkiniai.

Ežerų trofiškumas buvo vertinamas pagal Secchi disko ir chlorofilo „a“ duomenis (Pantoja et al, 2021). Augalijai vertinti naudotas transektų (juostų) metodas. Tyrimui buvo pasirinkta viena ar kelios transektos, išdėstytos statmenai ežero pakrantės linijai, apimančios visą makrofitų augimo gylio diapazoną. Draguojant dugną dvipusiu grėbliu buvo vertinamas procentinis kiekvienos nustatytos rūšies padengimas skirtinguose transektos gyliuose bei maksimalus makrofitų kolonizuojamas gylis transekte. Kiekviena transekta apėmė apie 20 m pločio tyrimo juostą. Makrofitų rūšys (ar gentys) buvo nustatytos laboratorijoje, naudojantis vadovu (Snarskis, 1968), ir priskirtos atitinkamai morfologinei-ekologinei grupei: helofitams, lemnidams, nimfeidams, limneidams, potameidams, epifitams/epilitams (LR AM, 2013). Makrofitų rūšys, siejamos su tam tikros ekologinės būklės telkiniais, vadinamos indikatorinėmis ir skirstomos į jautrias, indiferentiškas ir tolerantiškas vandens kokybei (LR AM, 2013). Vandens skaidrumas matuotas Secchi disku. Vandens mėginiai chlorofilo „a“ matavimui buvo filtruojami per stiklo pluošto GF/F filtrus (porų dydis 0,7 µm) ir 24 val. ekstrahuojami 90 % acetone, esant 4 °C temperatūrai. Chlorofilas „a“ buvo matuojamas spektrofotometrijos metodu. Ryšys tarp makrofitų padengimo ir aplinkos veiksnių, vandens temperatūros, gylio, fotosintetinės aktyvios radiacijos (FAS) ir Secchi disko gylio, buvo nustatytas atlikus daugialypę regresinę analizę naudojant paketą „R commander v.

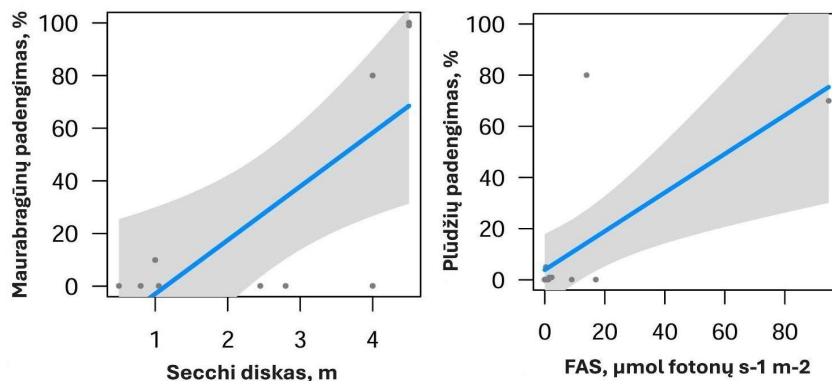
4.4.2“ (Fox et al., 2025) „R“ programoje (R Core Team, 2024). Maksimalus makrofitų kolonizacijos gylis ($K_{\max}$) ir procentinis padengimas tarp ežerų buvo palygintas naudojant Kruskal-Wallis testą.

Rezultatai. Trofiškumo vertinimas parodė, kad Kauno marios, Sujainių tvenkinys ir Dievyčio ežeras buvo hipereutrofiniai, Gandingos tvenkinys ir Kuršių marios buvo eutrofiniai, o Nemuno upė ir Sargėnų tvenkinys – mezotrofiniai vandens telkiniai. Platelių ežeras atitiko oligotrofinio vandens telkinio reikšmės (1 lent.). Tyrimo metu iš viso identifiikuotos 22 makrofitų rūšys ir 4 gentys. Daugiausia rūšių (12) aptikta Platelių ežere, iš kurių 10 indikatorinės. Mažiausiai (po 3 rūšis) aptikta Sargėnų ir Sujainių tvenkiniuose bei Dievyčio ežere. Dažniausiai pasitaikiusios rūšys, rastos keturiuose vandens telkiniuose buvo *Potamogeton perfoliatus* ir *Ceratophyllum demersum*.

1 lentelė. Tirtų vandens telkinių parametrai, naudoti vertinant trofiškumą

Telkinys	Chlorofilas „a“ ($\mu\text{g/l}$)	Secchi diskas (m)
Kuršių marios	22,3	1
Kauno marios	$88,9 \pm 32,2$	$0,7 \pm 0,2$
Nemuno upė	12,4	2,5
Sargėnų tv.	$9,4 \pm 0,8$	$2,7 \pm 0,1$
Sujainių tv.	$138,6 \pm 41,6$	$0,6 \pm 0,1$
Platelių ež.	$2,7 \pm 0,9$	$4,3 \pm 0,3$
Gandingos tv.	$35,4 \pm 3,43$	$1 \pm 0,05$
Dievyčio ež.	$80,39 \pm 20,2$	$0,5 \pm 0,1$

Kruskal-Wallis testas ($\chi^2 = 17,15$, $df = 3$, $p = 0,00066$) parodė, kad $K_{\max}$ tarp vandens telkinių statistiškai reikšmingai skiriasi, o didžiausios reikšmės nustatytos Platelių ežere. Makrofitų procentinis padengimas ($\chi^2 = 1,33$, $df = 3$, $p = 0,72$), rūšių skaičius ($\chi^2 = 3,35$, $df = 3$, $p > 0,34$), morfologinių grupių gausa ($\chi^2 = 2,05$, $df = 3$, $p > 0,57$) ir indikatorinių rūšių gausa ($\chi^2 = 2,01$, $df = 3$, $p > 0,57$) tarp vandens telkinių skyrėsi nereikšmingai.



2 pav. Maurabragūnų padengimo priklausomybė nuo Secchi disko gylio ir plūdžių padengimo priklausomybė nuo FAS.

Maurabragūnų (*Chara* spp., *Nitellopsis* sp., *Nitella* sp.) regresinės analizės duomenys parodė, kad jų padengimui statistiškai reikšmingas veiksnys buvo Secchi disko gylis ($r_{\text{adj}}^2 = 0,49$, $F = 9,864$, $p < 0,05$). Maurabragūnų padengimas reikšmingai didėjo didėjant Secchi disko gyliui (2 pav.), kai Secchi disko gylis buvo < 2 m, padengimas sudarė < 20 %, o esant didesniai nei 4 m gyliui padengimas buvo > 60 %.

Plūdžių (*Potamogeton* spp.) regresinės analizės duomenys parodė, kad jų padengimui reikšmingas buvo FAS ($r_{\text{adj}}^2 = 0,43$, $F = 10,305$, $p < 0,01$). Plūdžių padengimas reikšmingai didėjo didėjant FAS kiekiui (2 pav.). Kai FAS buvo $20 \mu\text{mol fotonų s}^{-1} \text{m}^{-2}$, padengimas buvo $< 20\%$, o esant didesniai nei $80 \mu\text{mol fotonų s}^{-1} \text{m}^{-2}$ FAS, padengimas buvo > 60 %. Statistiškai reikšmingo ryšio tarp kitų makrofitų ekologinių-morfologinių grupių padengimo ir aplinkos parametrų nepavyko nustatyti.

Rezultatų aptarimas. Sujainių tvenkinio ir Dievyčio ežero hipereutrofiškumą galėjo nulemti mažas vidutinis gylis, kuris Sujainių tvenkinyje siekia 2,9 m, o Dievyčio ežere – 2 m. Taip pat aplink šiuos telkinius 200 m spinduliu didžiąją dalį žemėnaudos sudarė žemės ūkio paskirties laukai. Kauno marių hipereutrofiškumas

galėjo būti nulemtas didelio maistmedžiagių kiekio, atnešamo su Nemuno upės vandeniu (Gudas, 2020). Gandingos tvenkinio eutrofiškumui galėjo daryti įtaką aplink įsikūrusios gyvenvietės, kurios 200 m spinduliu aplink tvenkinį sudaro 38%. Taip pat įtakos galėjo turėti Bebrungo upės atnešamas maistmedžiagių perteklius. Nemunas dažniausiai atitinka eutrofinio vandens telkinio reikšmės dėl nuotėkio nuo žemės ūkio paskirties laukų bei komunalinės bei pramoninės taršos iš miestų, per kuriuos teka. Nemuno mezotrofiškumas tyrimų metu gali būti susijęs su mažu kritulių kiekiu vasaros laikotarpiu. Sargėnų tvenkinio mezotrofiškumas tikriausiai susijęs su dideliu vidutiniu gyliu. Platelių ežero oligotrofiškumas galėjo būti nulemtas didelio miškingumo: 500 m spinduliu aplink ežerą miškai sudaro 66 % žemėnaudos. Taip pat šis ežeras gilus – vidutinis gylis siekia 11,4 m, o giliausioje vietoje gylis siekia 46 m, todėl vanduo geba atsinaujinti. Regresinė analizė parodė, kad daugiausiai įtakos maurabragūnų padengimui tirtuose vandens telkiniuose turėjo Secchi disko gylis. Tokiam rezultatui įtakos galėjo turėti maurabragūnų jautrumas vandens kokybei – visos aptiktos rūšys priskiriamos indikatorinėms. Plūdžių padengimui daugiausiai įtakos turėjo FAS. Tokį rezultatą galėjo nulemti plūdžių jautrumas sumažėjusiam povandeninio apšvietimo kiekiui.

Išvados. Atlikus tyrimą paaiškėjo, kad vandens telkinių trofiškumas daro įtaką maksimaliam makrofitų kolonizacijos gyliui. Vandens skaidrumas daro įtaką maurabragūnų padengimui, o FAS daro įtaką plūdžių padengimui. Ryšys tarp trofiškumo ir kitų vandens augalijos grupių nebuvo aptiktas. Oligotrofinis Platelių ežeras pasižymėjo didžiausiu makrofitų kolonizacijos gyliu ir rūšine įvairove, o hipertrofiniai telkiniai (Kauno marios, Dievyčio ežeras ir Sujainių tvenkinys) pasižymėjo mažesne rūšine įvairove ir maksimaliu kolonizacijos gyliu.

Tolimesniuose tyrimuose taip pat planuojama naudoti QGIS programą siekiant išanalizuoti žemėnaudos tipų pasiskirstymą palei vandens telkinių krantus bei jų sąsajas su vandens trofiškumu. Ši analizė bus pagrįsta geoinformatiniais metodais, įskaitant žemėnaudos klasifikavimą.

Šio darbo rengimo metu autorė naudojo dirbtinio intelekto įrankių „Perplexity.ai“, kad greičiau rastų reikiamus mokslinius šaltinius. Pasinaudojusi šiuo įrankiu, autorė peržiūrėjo ir redagavo turinį pagal poreikį ir prisiima visišką atsakomybę už paskelbto straipsnio turinį.

Literatūra

- AAA. 2023. *Upių, ežerų ir tvenkinių III UBR valdymo ciklo ekologinė ir cheminė būklė*. [žiūrėta 2024-03-26]. Prieiga per internetą: <https://aaa.lrv.lt/lt/veiklos-sritys/vanduo/upes-ezerai-ir-tvenkiniai/upiu-ezeru-ir-tvenkiniu-bukle/upiu-ezeru-ir-tvenkiniu-iii-ubr-valdymo-ciklo-ekologine-ir-chemine-bukle/>
- Fox J., Bouchet-Valat M. 2025. *Rcmdr: R Commander*. R package version 2.9-5.
- Kolada A. 2010. The use of aquatic vegetation in lake assessment: testing the sensitivity of macrophyte metrics to anthropogenic pressures and water quality. *Hydrobiologia*, vol. 656, p. 133–147.
- Lietuvos Respublikos Aplinkos ministerija (LR AM). 2013. Dėl makrofitų tyrimų ežeruose ir tvenkiniuose metodikos patvirtinimo. 2013 m. gruodžio 16 d. Nr. D1-934.
- Gudas M. 2020. Nemuno ir Kauno marių vandens kokybė ir jos kaita pagal fizikinius-cheminius kokybės elementus. Prieiga per internetą: <https://old.gamta.lt/files/Nemuno%20b%C5%ABkl%C4%97s%20ataskaita.pdf>.
- O'Hare M. T., Aguiar C. F., Asaeda T. et al. 2017. Plants in aquatic ecosystems: current trends and future directions. *Hydrobiologia*, vol. 812(1), p. 1–11.
- Pantoja D. A., Vega-Alvarez N. A., Gasca-Ortiz T. 2021. Trophic state in a tropical lake based on Chlorophyll-a profiler data and Sentinel-2 images: The onset of an algal bloom event. *Water Environment Research*, vol. 93 (10), p. 2185–2197.
- R Core Team. 2024. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Snarskis P. 1968. *Vadovas Lietuvos TSR augalams apibūdinti*. Vilnius.
- Strayer D. L., Dudgeon D. 2010. Freshwater biodiversity conservation: recent progress and future challenges. *Journal of the North American Benthological Society*, vol. 29(1), p. 344–358.

KURŠIŲ NERIJOS KRANTŲ IR KRAŠTOVAIZDŽIO TYRIMAI 1950-1980 M.

Rimas Žaromskis¹, Giedrė Godienė²

¹Lietuvos geografinių draugija, ²Vilniaus universitetas, Vilnius
giedre.godiene@chgf.vu.lt

Šiuo apžvalginiu mokslo istorijos straipsniu norima atkreipti dėmesį į pradinį Kuršių nerijos pažinimo etapą, mokslo indėlį, formuojant šios teritorijos tapatybę. Jis remiasi literatūros analize, Rimo Žaromskio ir Vytauto Minkevičiaus prisiminimais, nuotraukomis iš jų asmeninio archyvo.

Šimtmečių bėgyje stiprias fizines transformacijas patiriančios Kuršių nerijos ir atskirų jos gamtinio komplekso elementų tyrimai Lietuvos mokslininkų darbotvarkėje atsirado dar prieškarui. Dažnai jie buvo susiję su apželdinimo, vandens transporto, žvejybos bei kitais praktiniais klausimais, kuriuos sprendžiant remtasi ir anksčiau vokiečių tyrėjų (J. Šuman, G. Brendt, 1869, Wichdorff von H., 1919 ir kt.) skelbtais duomenimis, gautais kartografinės analizės ir lauko stebėjimų pagalba.

Kuršių marių krantų tikslinių tyrimų pradžia po 1945 m. sietina su jūrotyros ir krantotyros pradininko Lietuvoje geografo ir geologo prof. habil. dr. Vytauto Gudelio (1923–2007) idėjomis. 1953 m. tuometiniame Lietuvos mokslų akademijos Geologijos ir geografijos institute jis subūrė jaunų entuziastų grupę, kurioje paminėtini E. Michaliukaitė, S. Jankevičiūtė, E. Červinskas, R. Stauskaitė, A. Linčius, o kiek vėliau - V. Minkevičius, V. Kirlys ir kiti. Septintajame XX a. dešimtmetyje dauguma jų susibūrė į LMA Geografijos skyriuje įkurtą Jūros krantų dinamikos tyrimų grupę. Kaip pasakoja V. Gudelis, nemažą postūmį šiems tyrimams suteikė iš Maskvos atvykęs pasaulyje žinomas krantotyros specialistas V. Zenkovičius.

Pradėta nuo nulio. Nebuvo aprobuotų metodikų, inventoriaus. Plūsmo srauto greičiai buvo matuojami naudojant ruletę, niveliacinę matuoklę ir chronometrą. Tos pačios priemonės, dar nivelyras ir teodolitas tiko ir bangų parametru, ir priekrantės povandeninio šlaito gylių matavimams briste.

Plūsmo srauto dinamikos, kaip paplūdimių formuojančio faktoriaus ypatumus daugiausiai tyrinėjo S. Jankevičiūtė. R. Stauskaitė dėmesį sutelkė į paplūdimio nuosėdų granulimetrinės ir mineralinės sudėties aiškinimąsi. Kartu su V. Gudeliu jos paskelbė ir pirmuosius savo straipsnius (Gudelis, Jankevičiūtė, Michaliukaitė 1957, Jankevičiūtė, 1961, Stauskaitė 1963–1964). Nežiūrint įrangos primityvumo, mokslininkai padarė iš esmės teisingas išvadas apie plūsmo srauto greičio priklausomybę nuo sugožtančios bangos ypatumų bei sąsają su nuosėdų sudėtimi ir paplūdimio reljefu.

Lygiagrečiai tyrinėtos didžiosios kopos. Tuomet kopose ištisas paras palapinėje prie vėjo greičio matuoklių ir smėlio dalelių gaudytuvų leido ir Vytautas Minkevičius (Minkevičius, 1963, 1968), užsimojęs išsiaiškinti smėlio dalelių judėjimą oro sraute, ryšį su mikroliejumi.

Tuo metu Emilija Michaliukaitė matavo kopų fronto slinkimą marių link ir lygino savo duomenis su 1910–1955 m. žemėlapiuose užfiksuota situacija, apibendrinama net 100 metų laikotarpi. Visas kartografavimas buvo atliekamas tik ranka. Šiuos duomenis publikuodama 1967 m. ji nurodo, kad kopos į rytus visu frontu sparčiausiai judėjo iki didžiųjų jų tvirtinimo darbų 1860 m.. 1860–1910 m. pustomos kopos sudarė atskirus masyvus. Būtent tada pailgėjo visi stambesnieji nerijos ragai. 1910–1955 m. Nidos-Pilkopos ruože marių kranto linija į rytus per metus pasislinkdavo 0,5–5 m, Pervalkos - Juodkrantės ruože nuo 0,5 iki 2,8 m per metus. Per tą šimtą metų mažiausiai keitėsi marių krantai tarp Juodkrantės ir Kopgalio. 1965 m. E. Michaliukaitė konstatavo, kad kopų kontūrų pokyčiams ateityje svarbiausia bus žmogaus įtaka, marių kontūrai vėl taps lygesni, nes gretimos įlankos užsipildys ragu abrazijos medžiaga.

Dar šeštajame dešimtmetyje V. Gudelio iniciatyva pradėti ir kompleksiniai, nerijos landšaftiniai (kraštovaizdžio) tyrimai, kuriuos daugiausiai vykdė specialų išsilavinimą Maskvoje įgijusi G. Karužaitė. Jie 1963 m. drauge sudarė visos Kuršių nerijos landšaftinį geografinį žemėlapi, kur išskyrė 9 fizinius-geografinius mikrorajonus ir 22 vietovaizdžius.

Iki šiol analizės detalumu stebina Grobšto rago kraštovaizdžio tyrimai (Gudelis, Karužaitė, 1962). Minimoje fizinėje-geografinėje ir landšaftinėje apybraižoje aptariama Grobšto rago vietovardžio kilmė, šio kyšulio susidarymas prieš apytikriai 300 m. ir jo kraštovaizdžio raida, šios išskirtinės vietovės vaizdavimas 1576 m. K. Hanenbergerio, 1675 m. Naronskio, 1796-1802 von Schriotter, 1713 John. V. Collas, 1730–1760 von Suchodoletz žemėlapiuose, 1837–1839, 1859–1861 m. G. Berendt nagrinėtose topografinėse nuotraukose, pateikiamas visų geografinės aplinkos komponentų šioje teritorijoje aprašymas. Galiausiai, remiantis A. Basalyko su kitais 1960 m. atliktu rankraščiu “Lietuvos TSR teritorijos landšaftinis suskirstymas apyribių kompleksais (rajonavimas ir tipizacija)”, teritorija landšaftiniu požiūriu skirstoma iki apyribių lygmens. Tuo tarpu A. Basalyko Lietuvos TSR fizinės geografijos II tomas, kuriame pateikiamas visos Lietuvos fizinis geografinis rajonavimas, pasirodė tik 1965 m.

Nerijos tapatybei buvo reikšmingas ir V. Gudelio nuo 1975 m. vykdytas kopų vardų, kitų vietovardžių fiksavimas, jų etimologijos tyrimai.

1961 m. į minėtą Jūros krantų dinamikos grupę įsiliejęs V. Kirliui, tyrimams pradėti naudoti savo sukonstruoti prietaisai, motorinės valtys, vėliau - echolotai, akvalangai, ir kita įranga. Išsiplėtė tyrimų tematika, atėjo naujų žmonių: 1967 m. - R. Žaromskis, 1968 m., R. Kalinauskas, 1970 m. Z. Janukonis, 1971 m. J. Lisas. Buvo pradėti viso Lietuvos kranto zonos tiriamieji darbai, paruošta medžiaga krantų kadastrui. Kartu buvo tiriamas priekrantės bangų laukas, vandens dinamika, paplūdimio ir kranto povandeninio šlaito nuosėdų sudėtis, jų stovymės tekstūros, dugno reljefo dinamika (Žaromskis, 1974).

Iki 1966 m. nerijoje su V. Gudeliu dirbdavo 5–7 žmonės. Pirmosios krantininkų ekspedicijos dažniausiai įsikurdavo Nidoje. Tuo metu ji priminė pirmąjį žvejų kaimelį, kurio gyvenimą trikdė tik sovietinė tvarka ir pasieniečių kontrolė. Mokslininkai apsistodavo mokykloje, girininkijoje, kartais juos priglausdavo hidrometeorologijos stotis. Septintajame dešimtmetyje netrūko žuvies, nidiškiai laikė daug karvių, todėl tyrinėtojai buvo aprūpinti maistu.

1966 m. apsigynęs geografijos strities daktaro disertaciją apie plūsmo srauto įtaką krantodarai, V. Kirlys užmanė ekspediciją įkurti prie pat jūros, su miškininkais ir pasieniečiais suderintoje užkopės vietoje. Lietuvos mokslų akademijos vardu, pateikiant pagrindimą, darbams pasienio zonoje reikėjo kreiptis, gauti leidimą Sankt Peterburge esančiame TSRS kariniame jūrų štabe. Asmenų, kurie galėjo įvažiuoti į Kuršių neriją, sąrašas turėjo būti suderintas su Lietuvos TSR karinio jūrų laivyno būrio štabu Klaipėdoje. Maža to, kasdien ir kaskart “prieš brendant į jūrą, einant tirti paplūdimio” reikdavo pranešti Nidos pasienio užkardos pareigūnams asmeniškai...

Tyrimai buvo atliekami visus metus. Žiemą jie būdavo epizodiniai, o nuo gegužės vidurio iki rugsėjo vidurio tyrėjai ištiesai gyveno pakrantėje. Iki 1,5 m. gylio brisdavo į jūrą, imdavo grunto mėginius nepaisant orų ir vandens temperatūros. Įsikurti 4 mėnesiams irgi nebuvo paprasta. Sunkvežimiu atvykę žmonės gyvendavo palapinėse, miegodavo sudedamosiose lovose. Jie rinko ir naudojo bangų išmestus lentgalius lauko stalui, įvairias dėžes - sėdėjimui ir susidėjimui. Suprasdami, kaip svarbu tausoti kopagūbrį, kasmet įsirengdavo laiptus nusileidimui į paplūdimį. Elektra gaudavo užkūrę generatorių.

Krantotyrininkų ekspedicinė bazė bei lauko laboratorija tapo plačiai žinoma tarptautiniu mastu. 1966–1968 m. čia kartu dirbo ir Maskvos Okeanologijos instituto ekspedicijos. Žymūs Rusijos mokslininkai čia lankėsi ir vėliau, tarp jų - profesoriai V. Zenkovičius, J. Dolotovas, I. Šadrinas, ukrainietis J. Šuiskis, latviai R. Knaps, G. Eberhards, estai K. Orviku ir M. Veison, lenkai S. Musielak, K. Rotnicki, Z. Pruszek ir kiti. Bazėje kartais dirbdavo ir 15–20 žmonių.

1970 m. savo jėgomis kiek piečiau esančioje palvėje mokslininkai pasistatė lentinius namukus prietaisams ir kitai įrangai laikyti. Vėliau, Neringos vyriausiojo architekto J. A. Zavišos pasiūlymu jie sujungti į vieną. Palaipsniui atsirado nemažas ūkis ir kai kurie civilizacijos atributai - elektra, telefonas, motociklas su priekaba, daugiau valčių jūros priekrantės ir netgi motobotas “Artvė” marių tyrimams. Daugėjo ir mokslinių eksperimentų. Palengvėjus buičiai, pailgėjo tyrimų sezonas. Kartais vasarą įskaitant šeimos narius, čia būdavo ir 30 žmonių, bet diduma ir toliau gyveno palapinėse.

Apibendrinimas. 1950–1980 m. geologų ir geografo tyrimai padėjo mokslinius pagrindus Kuršių nerijos susidarymo, smėlingų krantų, kopų reljefo vystymosi, viso kraštovaizdžio transformacijų Kuršių nerijoje, veikiant gamtiniams ir antropogeniniams procesams ir kraštovaizdžio morfologijos srityse.

Vytautui Gudeliui suteikus impulsą, vadovaujant Vaižgantui Kirliui, Nidoje išaugo gausi ir stipri nacionalinė Jūros krantų tyrimo mokslininkų grupė. Nors darbo ir gyvenimo sąlygos buvo sunkios, Nidos krantų ekspedicijose surinkta medžiaga pasitarnavo šimtų mokslinių straipsnių paskelbimui ne tik Lietuvos, bet ir tarptautiniuose mokslo žurnaluose, apginta daktaro disertacijoje.

Literatūra

- Gudelis V., Jankevičiūtė S., Michaliukaitė E. Keletas pastabų dėl gožos srauto dinamikos seklios priekrantės jūros paplūdimio sąlygoms. Lietuvos TSR MA darbai, Serija B 2, 1957
- Gudelis V., Kairuzaitė G., Grobšto ragas. Vieno Kuršių nerijos vietovaizdžio fizinė-geografinė ir landšaftinė apybraiža. Geografijos metraštis V t., 1962, p. 113-196
- Jankevičiūtė S., Apie Baltijos jūros smėlio paplūdimio skersinio profilio dinamiką sekloje priekrantėje. Geografijos metraštis IV t., 1961, p. 369-382
- Kirlys V., Plūsmo srauto greičių asimetrijos įtaka skersiniam paplūdimio šlaito profilio formavimui sekloje smėlingoje jūros priekrantėje. Geografijos metraštis VI-VII t., 1963-1964, p. 485-500
- Kirlys V., Vandens masių štorminės cirkuliacijos ypatumai Kuršių nerijos priekrantėje. Geografijos metraštis X t., 1969, p. 73-82
- Lisas J., Kai kurie bangų transformacijos ypatumai smėlingos priekrantės povandeninio šlaito viršutinėje dalyje. Geografijos metraštis. XIII t., 1974, p. 237-244

- Michaliukaitė E., Kuršių nerijos krantų ir kopų dinamika per pastaruosius 100 metų. Geografijos metraštis VIII t., 1967, p. 97-115
- Minkevičius V., Lietuvos pajūrio kopų vėjo-smėlio srauto litodinaminiai spektrai (Kuršių nerija). Baltica. Vol. 1., 1963, p. 211-232 (rusų kalba)
- Minkevičius V., Kuršių nerijos pustomų kopų mikro ir mezo formos. Geografijos metraštis IX t., 1968, p. 97-102
- Stauskaitė R., Jūros priekrantės zonos povandeninio šlaito ir paplūdimio smėlių mineraloginė sudėtis bei litodinamika Nidos rajone. Geografijos metraštis. VI-VII t., 1963-1964, p. 439-468
- Žaromskis R., Povandeninių sėklių reljefingumo klausimu (Kuršių nerijos jūros priekrantės pavyzdžiu). Geografijos metraštis XIII t., p. 229-235

TRUMPIEJI PRANEŠIMAI

SLYSTANČIO LANKO IŠLYDŽIO PLAZMOS IR IMPULSINIO ELEKTRINIO LAUKO POVEIKIO MIKRODUMBLIŲ *C. VULGARIS* LĄSTELĖMS TYRIMAS

Raimonda Celiešiūtė-Germanienė¹, Kamilė Jonynaitė¹, Liutauras Marcinauskas², Voitech Stankevič¹,
Kamilė Bukėnaitė¹, Modesta Navickaitė¹, Arūnas Stirke¹

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Vilnius, ²Lietuvos energetikos institutas, Kaunas,
raimonda.celiesiute@ftmc.lt

Kombinuotas slystančio lanko išlydžio (GAD) plazmos ir impulsinio elektrinio lauko (PEF) taikymas yra aktuali mokslinių tyrimų sritis, nes abu metodai atskirai jau parodė potencialą mikrodumблиų apdorojimui (Buchman, 2019; Beyrer, 2020; Krust, 2022; El-Sheekh, 2023). Manoma, kad šis kombinuotas poveikis susijęs su plazmos generuojamais radikalais, kurie skatina lipidų oksidaciją, pažeidžia membranos vientisumą ir sustiprina bendrą apdorojimo efektyvumą, palyginti su kiekvienu metodu atskirai. Be to, nustatyta, kad ši technologijų sąveika padidina reaktyviųjų deguonies formų (ROS) gamybą, turinčią įtakos citotoksiškumui ir ląstelių žūčiai. Tačiau specifinis šio kombinuoto poveikio mechanizmas mikrodumблиams vis dar menkai suprantamas.

Šiame tyrime buvo siekiama ištirti bendrą GAD plazmos ir PEF poveikį gėlavandeniams mikrodumблиams *Chlorella vulgaris*. Plazmos išlydis buvo generuojamas naudojant 270 kHz dažnio AC generatorių, prijungtą prie aukštos įtampos transformatoriaus (1:33). Eksperimentuose naudotas suslėgto oro srautas (22,8 l/min), elektrodo ir suspensijos atstumas (30 mm) bei 300 s apdorojimo trukmė. GAD plazmos generatoriaus įtampa buvo reguliuojama 90–250 V ribose. Po plazmos apdorojimo dumblių suspensija buvo veikiamą PEF (eksponentiniai impulsai: 7–10 μs, 1–10 impulsų, 1 Hz dažniu, elektrinio lauko stipris – 25 kV/cm).

Rezultatai parodė, kad kombinuoto apdorojimo poveikis priklauso nuo plazmos įtampos. Kai plazmos generatoriaus įtampa buvo 130 V ir buvo taikomas vienas PEF impulsas, ląstelių pralaidumas padidėjo, panašiai, kaip paveikus vien PEF. Nukleorūgščių ir baltymų išsiskyrimas po 24 valandų buvo panašus į ultragarsu apdorotas kontrolės. Be to, pastebėti ląstelių morfologiniai pokyčiai, rodantys galimą programuotos ląstelių žūties pradžią. Priešingai, didinant plazmos įtampą virš 170 V, dumblių ląstelių reakcija į kombinuotą apdorojimą buvo įvairi. Nors ląstelių pralaidumas daugeliu atvejų padidėjo, DNR išsiskyrimas mažėjo, ypač esant 210–250 V plazmos generatoriaus įtampai kartu su PEF. Tuo pačiu metu sumažėjo ir baltymų išsiskyrimas, o mikroskopiniai tyrimai parodė, kad nors ląstelės tapo metaboliškai neaktyvios, jų struktūra išliko panaši į nepažeistų ląstelių.

Apibendrinant, skirtingos plazmos išlydžio įtampos sukelia skirtingus mikrodumблиų ląstelių pokyčius po kombinuoto apdorojimo plazma ir PEF, lemia PEF efektyvumą baltymų ekstrakcijai bei keičia ląstelių žūties mechanizmus *C. vulgaris*.

Literatūra

- Beyrer, M., M. C. Pina-Perez, D. Martinet and W. Andlauer (2020). Cold plasma processing of powdered Spirulina algae for spore inactivation and preservation of bioactive compounds. *Food Control* 118: 107378. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107378>
- Buchmann, L., I. Brändle, I. Haberkorn, M. Hiestand and A. Mathys (2019). Pulsed electric field based cyclic protein extraction of microalgae towards closed-loop biorefinery concepts. *Bioresource Technology* 291: 121870. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121870>
- El-Sheekh, M. M., M. A. Abd Al-Halim and S. A. Mohammed (2023). *Algae processing by plasma discharge technology: A review. Algal Research* 70: 102983. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2023.102983>
- Krust, D., C. Gusbeth, A. S. K. Müller, D. Scherer, G. Müller, W. Frey and P. Nick (2022). Biological signaling supports biotechnology – Pulsed electric fields extract a cell-death inducing factor from *Chlorella vulgaris*. *Bioelectrochemistry* 143: 107991. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2023.102983>

AR MOLIUSKŲ KRIAUKLĖS GALI BŪTI PANAUDOTOS FOSFORO SURIŠIMUI VANDENS EKOSISTEMOSE?

Ugnė Embrasaitė, Marija Igošina, Jolita Petkuvienė

Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas, Klaipėda
ugne.embrasaite@edu.ku.lt

Ivadas. Fosforas yra svarbi maistmedžiagė vandens telkinių augalams ir fitoplanktonui (Schindler, 1977), tačiau didelis jų kiekis sukelia eutrofikacijos procesus (Žilius ir kt., 2014). Pertekliniam fosforui patekus į nepratakias vandens ekosistemas, jis užlaikomas nuosėdose ir telkinys be išorinių veiksnių apsivalyti negali (Carpenter, 2005). Todėl fosforas lieka vandens sistemoje ir cirkuliuoja joje (Conley et al., 2009). Ekosistemose, kuriose dominuoja azotą fiksuojančios fitoplanktono rūšys, vidiniai fosforo ištekliai tampa itin svarbūs, skatinantys intensyvių vandens „žydėjimus“, nes šiai grupei fosforas yra limituojanti maistmedžiagė. Azotą fiksuojantis fitoplanktonas esant fosforo pertekliui intensyviai vystosi sukurdamas didelę biomasę, o vėliau tampa labilia organine medžiaga, kuri nusėdusi į dugną yra maistas mikroorganizmams. Skaidant šią organinę medžiagą nuosėdose naudojamas deguonis ir dažnu atveju susidaro deguonies trūkumas. Bedeguonėse sąlygose fosforas išsiskiria kaip ištirpusi dalis ir vėl tampa prieinamas fitoplanktonui. Taip susidaro uždaras ratas vystytis šios grupės fitoplanktonui bei bloginti vandens būklę (Vahtera et al., 2007). Vandens ekosistemų „žydėjimas“ rekreaciniu požiūriu nėra atraktyvus, nes vandens telkinys įgauna intensyvią žalią spalvą, neskaidrus, skurdi bioįvairovė, o organinės medžiagos skaidymo metu sklinda blogas kvapas (Ansari, Gill and Khan, 2011). Todėl svarbu gerinti eutrofikuotų sistemų vandens kokybę, ypač esančias turistų lankomose vietose, panaudojant fosforo prieinamumo fitoplanktonui mažinimo priemones (Han, et al., 2021).

Šiuo metu yra bandoma ieškoti medžiagų, kurias teikia gamta, arba panaudoti atliekas iš gamybos ar buities, kurios turi didelį efektyvumą adsorbuoti fosforą. Produkto pasirinkimas labai priklauso nuo vandens telkinio pH, fosforo koncentracijos jame, be to, produktas turi gebėti suriši fosforą ilgam laikui, pavyzdžiui, kalcio ar magnio pagrindu esantys produktai.

Tyrimo tikslas – eksperimentiškai įvertinti moliuskų kriauklių panaudojimo galimybę suriši aktyvųjį fosforą eutrofikacijos proceso sumažinimui.

Tyrimo uždaviniai:

- 1) nustatyti moliuskų kriauklių kaip adsorbcinės medžiagos efektyvumą adsorbuoti fosfatų fosforą;
- 2) įvertinti, kuri adsorbcinės medžiagos apdorojimo temperatūra geriausiai adsorbuoja fosfatų fosforą prie skirtingų fosfatų fosforo tirpalų koncentracijos.

Metodai. *Adsorbcinės medžiagos paruošimas.* Šiam tyrimui moliuskų kriauklės buvo surinktos Kuršių marių Ventės rago Ornitologijos stoties pakrantėse. Jos buvo nuplaautos distiliuotu vandeniu ir įdėtos į džiovinimo spintą 80 °C temperatūroje 24-ioms valandoms. Kriauklės buvo smulkinamos grūstuvėje ir kavamalėje, tai pirminė adsorbcinė medžiaga, kuri vėliau buvo išsijota į mažesnes nei 160 μm dydžio daleles ir buvo deginama skirtingose temperatūrose – 400 °C, 600 °C po 4 valandas, 800 °C ir 1000 °C po 2 valandas. Skirtingų temperatūrų deginimas leidžia suardyti karbonatines jungtis ir padidina medžiagos adsorbcines savybes. Prieš ir po deginimo medžiaga buvo pasverta, siekiant nustatyti, koks kiekis medžiagos kalcinavosi.

Eksperimento eiga ir analizė. Į 50 ml centrifuginius mėgintuvėlius įdėta po 0,06 g adsorbcinės medžiagos. Ji buvo sumaišoma su 20 ml skirtingų fosfatų fosforo (toliau – fosforo) koncentracijų tirpalais - 0 mg/l, 0,2 mg/l ir 0,5 mg/l (toliau – 0 mg/l P, 0,2 mg/l P, 0,5 mg/l P). Iš viso buvo atlikti trys pakartojimai. Pasirenkant koncentracijas buvo atsižvelgta į leistinas fosforo reikšmių normas paviršiniuose ir nuotekų vandenyse. 0 mg/l P buvo naudojamas kaip tuščias mėginys, kad įvertintumėme, kiek adsorbcinė medžiaga savyje gali turėti fosforo. O 0,2 mg/l P ir 0,5 mg/l P koncentracijos atitinka blogą ir labai blogą vertę minėtuose telkiniuose (Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, Nr. D1-210, 2007). Eksperimentas atliktas dviem laiko intervalais: pusė mėginių buvo purtomi purtyklėje 3 valandas, likusi dalis – 24 h. Maišymo greitis – 215 rpm. Iš viso buvo paruošti 72 mėginiai. Išėmus mėginius iš purtyklės, jie buvo centrifuguojami 7 minutes, apsukimų greitis – 3000 rpm. Po centrifugavimo atlikta fosfatų fosforo analizė spektrofotometru mėlynosio molybdato metodika (LST EN ISO 6878:2004).

Adsorbcijos efektyvumui apskaičiuoti buvo naudojama formulė:

$$E = \frac{((a - b) * 100)}{a}$$

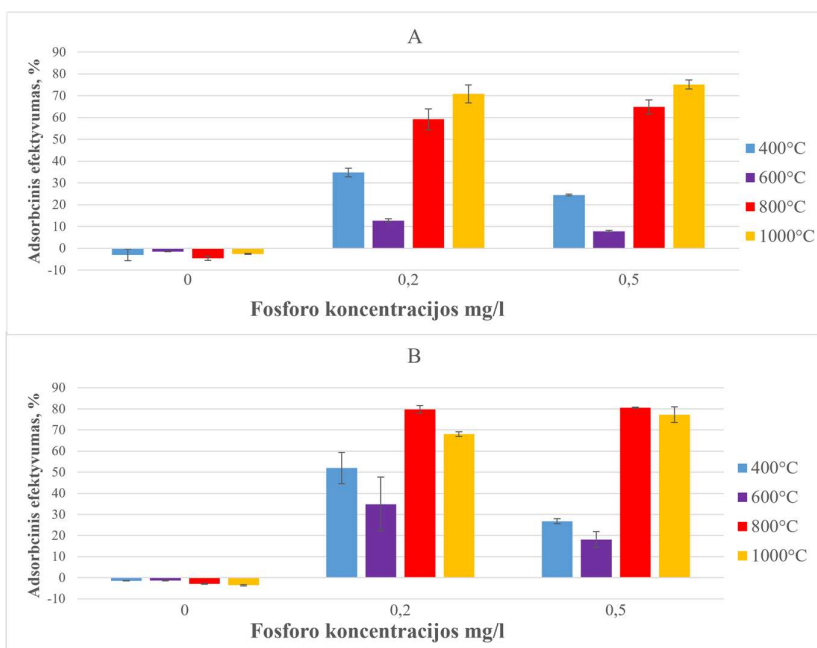
E – adsorbcijos efektyvumas, %;

a – įvesta fosfatų fosforo koncentracija, mg/l

b – išmatuota fosforo koncentracija po purtymo, mg/l

Rezultatai. Pasvėrus medžiagos kiekį prieš ir po deginimo, gauti duomenys parodė, jog prie 400–600 °C temperatūros adsorbcinės medžiagos svoris sumažėjo apie 0,8 g, o 800 °C – 4 g, daugiausia svorio – 15 g - sumažėjo 1000 °C temperatūroje degintoje medžiagoje, todėl eksperimento fosfatų fosforo koncentracijos buvo normalizuotos pagal prarastą svorį.

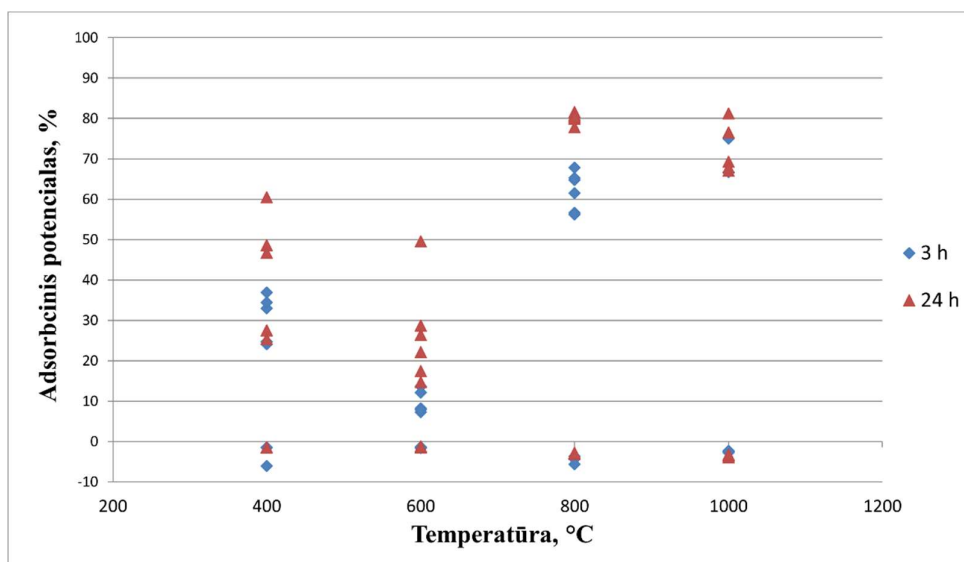
Aiškūs adsorbcijos efektyvumo skirtumas buvo gautas tarp skirtingų purtymo intervalų (3 h ir 24 h), kurie kito nuo 8 iki 81 % (1 pav.). Mėginių, kurie purtyklėje buvo purtomi 3 valandas, adsorbcijos efektyvumas buvo mažesnis, nei mėginių, kurie purtyklėje buvo purtomi 1 parą. Išsiskyrė tik mėginiai, kurie buvo purtomi 3 h ir kurių medžiaga buvo deginta 1000 °C temperatūroje – jų adsorbcijos efektyvumas buvo truputį didesnis (1,04 karto), nei toje pačioje temperatūroje kalcinuotos, tačiau maišytos 24 h adsorbcinės medžiagos. 400 °C temperatūroje medžiaga adsorbavo nuo 7 iki 51 % fosforo. Mažiausiai adsorbuoto fosforo buvo 600 °C temperatūroje degintų dalelių mėginiuose (18 ± 12 %), o prie 800 °C adsorbcinis efektyvumas buvo didžiausias (71 ± 10 %). Adsorbcinė medžiaga su 0 mg/l fosforo koncentracija išskyrė apie 1–5 % fosforo nuo įvestos koncentracijos, o tai rodo, kad moliuskų kiautų kriauklės savyje turėjo ir išskyrė fosforo.



1 pav. Fosforo adsorbcinis efektyvumas fosforo koncentracijų atžvilgiu prie skirtingų temperatūrų (A – 3 h maišymas purtyklėje, B – 24 h maišymas purtyklėje).

Absorbcinis efektyvumas tarp skirtingų naudotų fosforo koncentracijų kito nuo 15 iki 85 % naudojant 0,2 mg/l standartinius fosforo tirpalus, ir 10–86 % naudojant 0,5 mg/l fosforo standartinius tirpalus (1 pav.). Su 0,2 mg/l P koncentracija buvo stebima, kad adsorbcinis efektyvumas buvo didesnis purtant purtyklėje 24 h (59 ± 19 %). Toks pat rezultatas buvo stebėtas ir 0,5 mg/l P koncentracijose (51 ± 30 %). Didesnio adsorbcinio efektyvumo požymis taip pat pasireiškė naudojant 800 °C temperatūroje kalcinuotą medžiagą, kai mėginiai buvo paliekami maišytis 24 h, o 3 h maišytuose mėginiuose didžiausias adsorbcinis efektyvumas buvo naudojant 1000 °C kalcinuotą medžiagą.

Lyginant mėginių maišymosi laiką, taip pat pasireiškė didesnės adsorbcijos dėsningumas naudojant medžiagą degintą 1000 °C temperatūroje (2 pav.).



2 pav. Fosforo adsorbcinis potencialas per 3 h ir 24 h su skirtingomis kalcinavimo temperatūromis.

Didžiausia adsorbcija buvo stebima mėginiuose, kurie buvo purtomi 24 h. Adsorbcija, naudojant 800 °C ir 1000 °C degintą medžiagą, buvo panaši ir siekė apie 80 %. 3 h purtytuose mėginiuose didžiausia adsorbcija buvo naudojant 1000 °C degintą medžiagą – 66–76 %. Taip pat yra stebimas adsorbcijos efektyvumo sumažėjimas naudojant 600 °C degintą adsorbcinę medžiagą.

Rezultatų aptarimas. Atlikus tyrimą, gauti duomenys parodė, jog daugiausia adsorbcinės medžiagos svorio – 15 g – sumažėjo 1000 °C temperatūroje degintoje medžiagoje. Didžiausia fosforo adsorbcija buvo išmatuota prie 800 °C temperatūros degintos ir 24 h purtomos adsorbcinės medžiagos tiek su 0,2 mg/l P, tiek su 0,5 mg/l P koncentracijomis. Panašūs analizės rezultatai buvo gauti ir McCorquodale-Bauer ir Cicek (2020) eksperimente. Prie aukštesnės temperatūros (800–900 °C) aiškus adsorbcijos padidėjimas taip pat buvo stebimas Lee ir kt. (2021) bandyme su austrių kiautais. Mūsų tyrime 400–600 °C temperatūroje kalcinuotos medžiagos prarado mažiausiai svorio, jų adsorbcija taip pat buvo mažiausia. Šie rezultatai sutampa su kitų autorių atliktais tyrimais ir gautais rezultatais (McCorquodale-Bauer, Cicek, 2020). Kalcinuotų kriauklių kiautų tendencija adsorbuoti daugiau fosforo adsorbcinę medžiagą mėginyje laikant ilgiau siek tiek skyrėsi nuo kitų autorių atradimų. Jones, Wang, Abeynaika ir Patterson (2011) atliktame eksperimente 90 % fosforo buvo adsorbuota per 5 min, o adsorbcijos kiekis labai mažai kito likusias 85 min. Medžiagą paveikus aukštesne temperatūra, didėja ir adsorbcijos efektyvumas, tai galima aiškinti tuo, jog didesnė dalis medžiagos kalcinavosi. Dėl aukštesnio kalcinavimosi lygio atsirado didesnis paviršiaus plotas, prie kurio gali būti prijungiamas fosforas.

Išvados. Degintos medžiagos adsorbcinis efektyvumas naudojant 0,2 mg/l P koncentraciją, purtant nuo 3 h iki 24 h, 400 °C siekė 35–52 %, 600 °C – 13–35 %, 800 °C – 59–80 %, 1000 °C – 71 % ir 68 %.

Degintos medžiagos adsorbcinis efektyvumas naudojant 0,5 mg/l P koncentraciją, purtant nuo 3 h iki 24 h, 400 °C buvo 25–27 %, 600 °C – 8–18 %, 800 °C – 65–81 %, 1000 °C – 75–77 %.

Didžiausias adsorbcinės medžiagos efektyvumas nustatytas naudojant adsorbcinę medžiagą degintą prie 800 °C ir purtant purtyklėje 24 h (0,2 mg/l P tirpale – 80 ± 2 %, o 0,5 mg/l P – $81 \pm 0,3$ %), taip pat ir prie 1000 °C temperatūros ir maišant purtyklėje 24 h (0,5 mg/l P tirpale – 77 ± 4 %).

Literatūra

- Ansari, A.A., Gill, S.S. and Khan, F.A., 2011. Eutrophication: threat to aquatic ecosystems. Eutrophication: causes, consequences and control, pp.143-170.
- Carpenter, S.R., 2005. Eutrophication of aquatic ecosystems: bistability and soil phosphorus. Proceedings of the National Academy of Sciences, 102(29), pp.10002-10005.
- Conley, D.J., S. Björck, E. Bonsdorff, J. Carstensen, G. Destouni, B.G. Gustafsson, S. Hietanen, M. Kortekaas, H. Kuosa, M.H.E. Meier, B. Müller-Karulis, K. Nordberg, A. Norko, G. Nürnberg, H. Pitkänen, N.N. Rabalais, R. Rosenberg, O.P. Savchuk, C. Slomp, M. Voss, F. Wulff, and L. Zillén. 2009. Hypoxia-related processes in the Baltic Sea. Environmental Science and Technology 43(10): 3412–3420.
- Han, J., Xin, Z., Han, F., Xu, B., Wang, L., Zhang, C. and Zheng, Y., 2021. Source contribution analysis of nutrient pollution in a P-rich watershed: Implications for integrated water quality management. Environmental Pollution, 279, p.116885.

- Jones, M. I., Wang, L. Y., Abeynaïke, A., and Patterson D. A. 2011. Utilisation of waste material for environmental applications: calcination of mussel shells for waste water treatment. *Advances in Applied Ceramics*, 110(5), pp. 280–286.
- Lee, J. I., Kang, J. K., Oh, J. S., Yoo, S. C., Lee, C. G., Jho, E. H., Park, S. J. 2021. New insight to the use of oyster shell for removing phosphorus from aqueous solutions and fertilizing rice growth. *Journal of Cleaner production* 328 129536.
- Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. 2021. Įsakymas dėl paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodikos patvirtinimo. 2007 m. balandžio 12 d. Nr. D1-210.
- McCorquodale-Bauer, K., Cicek N. 2020. Zebra mussel shells as an alternative mineral resource for lime production as a phosphorus precipitant. *Environmental Technology*, 43(10), p. 1446-1457.
- Schindler, D. W. 1977. Evolution of phosphorus limitation in lakes. *Science*, 195, 260–262.
- Vahtera, E., D.J. Conley, B.G. Gustafsson, H. Kuosa, H. Pitkänen, O.P. Savchuk, T. Tamminen, M. Viitasalo, M. Voss, N. Wasmund, and F. Wulff. 2007. Internal ecosystem feedbacks enhance nitrogen-fixing cyanobacteria blooms and complicate management in the Baltic Sea. *Ambio* 36: 186–194.
- Zilius, M.; Bartoli, M.; Bresciani, M.; Katarzyte, M.; Ruginis, T.; Petkuvienė, J.; Lubiene, I.; Giardino, C.; Bukaveckas, P.A.; de Wit, R.; et al. Feedback mechanisms between cyanobacterial blooms, transient hypoxia, and benthic phosphorus regeneration in shallow coastal environments. *Estuaries Coasts* 2014, 37, 680–694.

PROTECT BALTIC – PROJEKTAS EFEKTYVESNIAI BALTIJOS JŪROS APSAUGAI

Vita Gardauskė^{1,2}, Eglė Zarankaitė¹, Irena Mazaratij¹, Jurgita Gedminienė¹

¹Valstybinė saugomų teritorijų tarnyba prie Aplinkos ministerijos, Vilnius, ²Klaipėdos universitetas, Klaipėda
vita.gardauske@vstt.lt

Ivadas. Baltijos jūra – viena jauniausių, bet užterščiausių jūrų pasaulyje. Baltijos jūroje vandens apykaita vyksta lėtai – visiškam vandens atsinaujinimui prireiktų apie 30 metų (Stigebrandt, 2001). Šis pusiau uždaras druskingas vandens telkinys, yra didžiausias tokio tipo telkinys, kuriam būdingas unikalūs įtekančių gėlų upių ir druskėto Šiaurės jūros vandens mišinys (Snøeijns-Leijonmalm ir Andrén 2017). Baltijos jūra ribojasi su devyniomis šalimis: Švedija, Suomija, Rusija, Estija, Latvija, Lietuva, Lenkija, Vokietija ir Danija. Baltijos jūra užima apie 415 000 km² plotą, 86 % jūros dugno yra mažesniame nei 100 metrų gylyje, kur didžiausias gylis siekia 459 m, o vidutinis apie 53 m gylį (Jakobsson, Stranne, O'Regan, et. al. 2019). Jūros baseinas apima sausumos plotą, keturis kartus didesnę už pačios jūros plotą, kur gyvena daugiau kaip 85 mln. žmonių (Omran ir Negm, 2020). Daugybė antropogeninių veiksmų tokių kaip maistinių medžiagų taršos sukelta eutrofikacija, intensyvi žvejyba, cheminė tarša, invazinių rūšių atsiradimas ir su ūkine veikla susijusi tarša, daro neigiamą poveikį Baltijos jūros ekosistemų būklei. Biologinės įvairovės nykimas yra viena didžiausių Baltijos jūros problemų (HELCOM, 2023 m.). Siekiant stiprinti Baltijos jūros apsaugą 2020 m. buvo priimta Europos Sąjungos (ES) biologinės įvairovės strategija (BĮS), kuri numato, kad saugomos jūrinės teritorijos (SJT) turi apimti 30 % jūrų ploto, iš kurių griežtai saugoma 10 %. Per paskutinius 30 m. buvo pasiekta 14–17 % SJT aprėptis, tačiau griežtai saugomos teritorijos sudaro apie 3 % (Aminian-Biquet, 2024). Vadinas per penkerius metus šalys turės padvigubinti SJT apimtį. Nors šių teritorijų skaičius augo, tačiau valdymo, stebėjimo trūkumas ir jų tarpusavio atskirtis neigiamai veikia jų efektyvumą. (HELCOM, 2023 m.). Todėl realybėje dažnai galima matyti „popierinius parkus“ – skirtas saugoti, bet nepakankamai efektyviai įgyvendinamas teritorijas (Perry, 2020). Lietuva SJT tinklą baigė formuoti 2015 m., šiuo metu tai sudaro apie 23 % plotą, tačiau vos 2,95 % turi valdymo planus – tai rodo pasaulinės saugomų teritorijų duomenų bazės (WDPA) duomenys.

Baltijos jūros valdyme, regioniniame bendradarbiavime įtraukiant nacionalines valdžios institucijas, pilietinę visuomenę ir suinteresuotas šalis didžiausią indėlį padarė Helsinkio komisija (HELCOM). Įsikūrusi 1974 m. pirmiausiai didžiausia dėmesį skyrė mažinti taršą iš sausumos šaltinių, jūros šiukšlių ir pavojingų medžiagų bei subūrė Baltijos jūros valstybes. Susidūrus su naujais aplinkosauginiais iššūkiais 1992 m. konvencija buvo peržiūrėta, įtraukiant darnaus vystymosi principus suderintus su tarptautiniais standartais (HELCOM, 1992). Tai padėjo 2007 m. priimti pirmąją Baltijos jūros veiksmų planą (BSAP), kuris tapo svarbiu etapu regioninės ekologinės apsaugos srityje (BSAP, 2007). BSAP atnaujinimo procesas buvo pradėtas 2018 m. HELCOM susitikime. Atnaujintas BSAP buvo priimtas 2021 m., kuris nustato struktūrizuotą sistemą gerai aplinkos būklei pasiekti ir atspindi įsipareigojimą spręsti sudėtingus jūrų iššūkius, derinant juos su tarptautiniais ir regioniniais teisės aktais, įskaitant JT darnaus vystymosi tikslus (DVT), Biologinės įvairovės konvencijos (BĮK), ES Vandens pagrindų, Jūrų strategijos pagrindų direktyvas ir Gamtos atkūrimo reglamentą.

Siekiant įgyvendinti Baltijos jūros veiksmų planą bei 2021-2027 m. nacionalinių prioritetinių veiksmų programų priemones, susijusias su Baltijos jūros saugomų vertybių apsauga ir jūrinių saugomų teritorijų valdymu, 2023 m. pradėtas įgyvendinti plataus masto PROTECT BALTIC (PB) projektas. Šio projekto tikslai ir užduotys parengti taip, kad būtų sukurta mokslu ir duomenimis grįsta infrastruktūra, nustatytos SJT apsaugos spragos, bei sukurti įrankiai padėsiantys Baltijos jūros šalims visame apsaugos ir gamtos atkūrimo cikle. Projektas laikosi HORIZON programos, o jo tikslai pritaikyti pagal Pasaulinės gamtos apsaugos organizacijos (IUCN) Žaliojo sąrašo veiksmingos apsaugos kriterijus ir atitinka HORIZON misiją vandenynų srityje. PROTECT BALTIC projekto rezultatai padės užtikrinti koordinuotą tvarų strateginį SJT planavimą bei tinkamą jų tvarkymą ir valdymą.

Metodai. Įgyvendinant PB projektą buvo integruoti daugiadisciplininiai metodai. Skirtinguose darbų paketuose, siekiant išsiaiškinti skirtingų šalių SJT esamą situaciją, buvo atliekamos literatūros apžvalgos, ekspertų nuomonės apklausos, įvairios diskusijų, seminarų ir dirbtuvių veiklos. Sprendimų paramos modeliams buvo renkami visų šalių duomenys, kuriamas erdvinis modeliavimas, tobulinami arba kuriami vertinimo įrankiai. Projekto veiklose taikytas ekosisteminis požiūris veikiant jūriniu biogeografiniu masteliu, aplinkos sąlygomis, rūšių paplitimu ir buveinių duomenimis, neatsižvelgiant į valstybių sienas.

Darbas yra vykdomas pagal struktūrizuotą keturių etapų procesą: kuriama pamatinė infrastruktūra, su duomenis ir metodikomis; atliekami techniniai vertinimai, siekiant nustatyti aplinkos, socialinių ir ekonominių bei valdymo aspektus; nustatomos problemos, atliekama trūkumų analizė ir rengiami tiksliniai sprendimai;

paskutiniame etape daugiausia dėmesio skiriama strateginio planavimo, valdymo ir tarpvalstybinio valdymo sprendimų įgyvendinimui.

Projekte naudojami standartai yra nustatyti ES teisės aktais arba sukurti ankstesniuose HELCOM įgyvendintuose projektuose. Tai apima HELCOM sukurtą darnaus Baltijos jūros saugomų teritorijų tinklo vertinimo metodiką (HELCOM, 2016), Baltijos jūros saugomų teritorijų tinklo valdymo efektyvumo vertinimo metodiką (HELCOM ACTION 2020), priemonių efektyvumo analizės metodiką (HELCOM ACTION 2020 ir HELCOM BLUES 2021-2022), ekosisteminių paslaugų vertinimo ir analizės metodiką (HELCOM MetDev 2021). Projekto veiklose kuriamas modelis, adaptuojant visame Baltijos jūros regione naudojamus metodus ir įrankius (pvz., zonavimas, HOLASIII, MOSAIC, EMODNET ir kt.).

Įgyvendinimo procesas. Projektas buvo suskirstytas į 10 darbo paketų (WP), kuriuose dirba 17 partnerių iš 7 šalių. Partnerių tinklą sudaro mokslo ir tyrimų institucijų, aplinkos apsaugos agentūrų ir valstybinių institucijų atstovai. Projekto veiklos sudaro nuoseklią strategiją, skirtą efektyviai Baltijos jūros ekosistemų apsaugai ir tvariam valdymui. Kiekvienas darbo paketas atlieka specifines funkcijas: WP1 – užtikrina projekto valdymą; WP2 – renka iš partnerių ir sistemina aplinkos duomenis; WP3 – kuria apsaugos priemonės, vykdo socialinį ir ekonominį erdvinį modeliavimą; WP4 – vertina ekosistemų paslaugas; WP5 – analizuoja Baltijos SJT tinklo nuoseklumą ir nustato plėtros sritis; WP6 – kuria bendrą SJT tinklo valdymo sistemą; WP7 – analizuoja skirtingų šalių teisinę sistemą ir rengia rekomendacijas jūrų apsaugos politikai tobulinti; WP8 – kuria ir atnauja SJT informacijos portalą; WP9 – rūpinasi rezultatų sklaida ir suinteresuotųjų šalių įtraukimu; WP10 – užtikrina projekto rezultatų ilgalaikį panaudojimą. Valstybinė saugomų teritorijų tarnyba prie Aplinkos ministerijos (VSTT) dirba keliuose darbo paketuose.

Kartu su partneriais VSTT antrajame darbo pakete (WP2) vadovaujantis ES ir HELCOM esamomis gairėmis rengia duomenų valdymo planus apjungiant visas šiai dienai žinomas oficialias prieinamas duomenų bazes. Taip pat padeda surinkti nacionalinius šalių duomenis apie rūšių paplitimą, migraciją, buveines, žmogaus veiklą ir su SJT valdymu susijusias problemas. Parengta duomenų bazė yra standartizuojama integruojant ją į atnaujintas HELCOM duomenų bazes. Šis procesas leidžia užtikrinti duomenų kokybę, apsaugą ir suderinamumą su kitomis Europos Sąjungoje naudojamomis duomenų sistemomis ir jų pritaikomumą ateityje. Ketvirtasis darbo paketas (WP4) yra įgyvendinamas taikant *Mosaic* ir *HOLASIII* metodikas ir ankstesnius regioninius tyrimus. Šiame darbo pakete yra tobulinama ekosisteminių paslaugų (EP) vertinimo metodika apjungiant rūšių, buveinių ir biotopų vaidmenį bei jų teikimą, remiantis literatūra ir ekspertų įžvalgomis. Vėliau bus sudaryti EP pasiskirstymo žemėlapiai, kurie leis nustatyti prioritetines zonas. Tai padės ateityje optimaliai plėtoti Baltijos jūros SJT tinklą. Šeštasis darbo paketas (WP6) yra įgyvendinamas pasitelkiant regioninę bendradarbiavimo platformą. Visos partnerės dalyvaudamos tiksliniuose susitikimuose, seminaruose ir dirbtuvėse rengia vieningas gaires teritorijų valdymui, stebėjimui ir atkūrimui. Šiame etape per suderintą terminologiją, ekologiškai pagrįstus apsaugos tikslus, indikatorius ir siekiamus rezultatus yra kuriamas bendras Baltijos jūros šalių požiūris į SJT. Šiuo metu yra rengiami SJT apsaugos prioritetai ir jų stebėsenos rodikliai. Taip pat kuriama standartizuota SJT grėsmių klasifikacija. Tai padės sukurti esamų apsaugos priemonių efektyvumo ir trūkumų analizę, kurios pagalba bus nustatyti prioritetiniai veiksmai. Septintajame darbo pakete (WP7) kartu su partneriais yra analizuojami tarptautiniai ir regioniniai teisiniai aktai, kurie padės įvertinti galimybes ir kliūtis įgyvendinant BSAP ir ES BĮS tikslus. VSTT šiuo metu rengia esamos teisinės bazės, apimančios SJT steigimą, įgyvendinimą ir valdymą, nacionalinį Lietuvos profilį. Pabaigoje bus parengtas teisinis vadovas su gerosiomis praktikomis ir rekomendacijomis dėl teisės aktų tobulinimo ir efektyvesnio SJT tinklo valdymo. Visos projekto veiklos ir rezultatai yra nuolatos viešinami, užtikrinant suinteresuotų šalių pasiekiamumą ir įtraukimą, sukurtus įrankius taikant praktikoje.

Laukiami rezultatai. PROTECT BALTIC projekte Baltijos jūros regionas buvo dar kartą suvienytas HELCOM. Šiuo metu yra kuriama unikali mokslu, įrodymais ir duomenimis pagrįsta SJT valdymo strategija, kuri būtų taikoma gamtos saugojimo ir atkūrimo tikslais, naudojant naujausius modeliavimo metodus ir partnerių šalių sukurtus ir išbandytus įrankius. Ateityje tai padės užtikrinti nuoseklų SJT valdymą ir plėtrą įvertinant svarbų ekologinį erdvės ir laiko mastą. Pagerintas Baltijos jūros SJT valdymo efektyvumas, leis optimizuoti apsaugą ir didinti ekosistemų atsparumą. Šiai dienai yra suburta profesionali tarptautinė komanda iš partnerių šalių atstovų bei savo srities profesionalų, kurie užtikrina unikalų holistinį požiūrį tarpvalstybiniu lygmeniu. Efektyvus ir mokslu bei įrodymais pagrįstas SJT tinklo valdymas prisidės prie BĮS tikslų įgyvendinimo, padės įgyvendinti Jūrų strategijos pagrindų direktyvą, Gamtos atkūrimo įstatymą ir BSAP. Įgyvendinus PROTECT BALTIC projektą bus:

- sukurta aplinkos apsaugos sistema, pagrįsta moksliniais duomenimis ir įrodymais;

- sustiprintas esamos situacijos vertinimas, leidžiantis tikslingai ir efektyviai įgyvendinti apsaugos priemones.
- Glaudesnis esamų kliūčių suvokimas, padedantis ateityje priimti strategiškai pagrįstus ir veiksmingus sprendimus.
- Užtikrinta tarptautinė pagalba strateginiam planavimui, jūrinių saugomų teritorijų kūrimui ir valdymui tiek atskirose vietovėse, tiek visame Baltijos jūros regione.

Padėka. Šį projektą finansuoja Europos klimato, infrastruktūros ir aplinkos vykdomoji agentūra (CINEA) pagal HORIZON (Horizon Europe) kvietimą HORIZON-MISS-2022-OCEAN-01 ir dotacijos sutartį Nr. 101112866, projekto koordinatorius ir rengėjas Baltijos jūros aplinkos apsaugos komisija (HELCOM).

Literatūra

- Aminian-Biquet, J., Gorjanc, S., Sletten, J., Vincent, T., Laznya, A., Vaidianu, N., ... & e Costa, B. H. (2024). Over 80% of the European Union's marine protected area only marginally regulates human activities. *One Earth*, 7(9), 1614-1629. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2024.07.010>
- BSAP, H. (2007). Baltic Sea Action Plan. Helsinki Commission. https://www.helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/BSAP_Final.pdf
- HELCOM ACTION. (2021). Final project summary report: Actions to evaluate and identify effective measures to reach GES in the Baltic Sea marine region. Helsinki Commission.
- HELCOM activities report for the year 2023. Baltic Sea Environment Proceedings No. 196
- HELCOM BSAP Update HELCOM Website. 2020. Available online: <https://helcom.fi/baltic-sea-action-plan/bsap-update-2021/>
- HELCOM. (1992). Convention on the Protection of the Marine Environment of the Baltic Sea Area (Helsinki Convention).
- HELCOM. (2016). Ecological coherence assessment of the Marine Protected Area network in the Baltic Sea. Baltic Sea Environment Proceedings, NO. 148. <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/BSEP148.pdf>
- HELCOM. (2021-2022). HELCOM BLUES – Biodiversity, Litter, Underwater noise, and Effective regional measures for the Baltic Sea. Helsinki Commission. Retrieved from <https://helcom.fi/helcom-at-work/projects/blues/>
- HELCOM. (2021). MetDev – HELCOM Holistic Assessment Methodology Development Project. Helsinki Commission. Retrieved from <https://helcom.fi/helcom-at-work/projects/metdev/>
- Jakobsson, M., Stranne, C., O'Regan, M., Greenwood, S. L., Gustafsson, B., Humborg, C., & Weidner, E. (2019). Bathymetric properties of the Baltic Sea. *Ocean Science*, 15(4), 905-924.
- MSFD. (2008). Marine Strategy Framework Directive. (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.
- Omran, E. S. E., & Negm, A. M. (2020). Overview of the water bodies in the Baltic Sea countries. *Water Resources Quality and Management in Baltic Sea Countries*, 17-42. 10.1007/978-3-030-39701-2_2
- Perry, A. L., Blanco, J., Fournier, N., García, S., & Marín, P. (2020). Unmanaged = Unprotected: Europe's marine paper parks. *Oceana*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4312546>
- Snoeijs-Leijonmalm, P., & Andrén, E. (2017). Why is the Baltic Sea so special to live in?. *Biological oceanography of the Baltic Sea*, 23-84. DOI:10.1007/978-94-007-0668-2_2
- Stigebrandt, A. (2001). Physical oceanography of the Baltic Sea. In *A systems analysis of the Baltic Sea* (pp. 19-74). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. DOI:10.1007/978-3-662-04453-7_2
- WDPA. UNEP-WCMC and IUCN Protected Planet 2024: The World Database on Protected Areas (WDPA), [02/2025], Cambridge, UK: UNEP-WCMC and IUCN
- WFD. (2000). Water Framework Directive (WFD) 2000/60/EC. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj>

ŽIEMOJANČIŲ NUODĖGULIŲ *MELANITTA FUSCA* (LINNAEUS, 1758) MITYBOS YPATUMAI PIETRYČIŲ BALTIJOS JŪROS PRIEKRANTĖJE

Liliana Izotova, Julius Morkūnas, Rasa Morkūnė

Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas, Klaipėda
liliana.izotova@ku.lt

Įvadas. Baltijos jūros priekrantė yra svarbi žiemavietė daugybei vandens paukščių, įskaitant nuodėgulę (*Melanitta fusca*) (Skov et al., 2011; Morkūnas et al., 2022). Deja, pastaraisiais dešimtmečiais žiemojančių nuodėgulių skaičius Baltijos jūroje sumažėjo 60 % (Skov et al., 2011). Tuo tarpu pagal Žiemojančių vandens paukščių apskaitų duomenis (Lietuvos ornitologų draugijos informacija) nuodėgulių populiacija prie Lietuvos krantų nuo 2011 metų sumažėjo 58 %. Šių ančių populiacijos mažėjimas gali būti siejamas su mitybos tinklų pasikeitimu, antropogeninėmis veiklomis ir, svarbiausia, priegauda (Morkūnas et al., 2022), ir tai kelia didelį susirūpinimą. Yra žinoma, kad apie 400 000 jūros paukščių kasmet pasaulyje nuskęsta dėl žvejybos žiauniniais tinklais, Europoje šis skaičius siekia apie 195 000, o Baltijos jūroje dėl šios priežasties žūsta iki 76 000 paukščių (Žydelis et al. 2009, Žydelis et al. 2013, Ramirez et al., 2024). Nuodėgulės yra vieni iš dažniausiai į priegaudą patenkančių jūros paukščių, kurių dalis priegaudoje sudaro 35,4 % (Morkūnas et al., 2022).

Nuodėgulės įrašytos į Lietuvos Raudonosios knygos saugomų rūšių sąrašą (LRK, 2020), taip pat nustatyta, kad nuodėgulės apsaugos būklė visoje Europoje yra nepalanki (HELCOM, 2024), be to, IUCN pasauliniame raudonajame nykstančių rūšių sąraše nuodėgulės priskiriamos pažeidžiamoms rūšims, kurių populiacija laikoma mažėjančia Europoje ir visame pasaulyje (BirdLife International, 2025).

Patekusią į priegaudą žiauniniais tinklais jūros paukščių kūno būklės ir virškinamojo trakto analizė padeda ištirti jų biologiją ir mitybinę elgesį žiemojimo sezonu, papildant jau turimas žinias apie paukščių žiemojimo sąlygas, mitybinių objektų įvairovę, pasirenkamas teritorijas bei mitybos skirtumus tarp skirtingų lyties bei amžiaus grupių. Šio tyrimo tikslas buvo išanalizuoti žiemojančių nuodėgulių mitybos ypatumus Lietuvos Baltijos jūros priekrantėje, nagrinėjant mitybos objektų rūšinę sudėtį, gausumą ir aptikimo dažnumą, mitybos priklausomybę nuo lyties ir amžiaus, mitybos kaitą sezono eigoje bei ryšį su nuodėgulių kūno būkle.

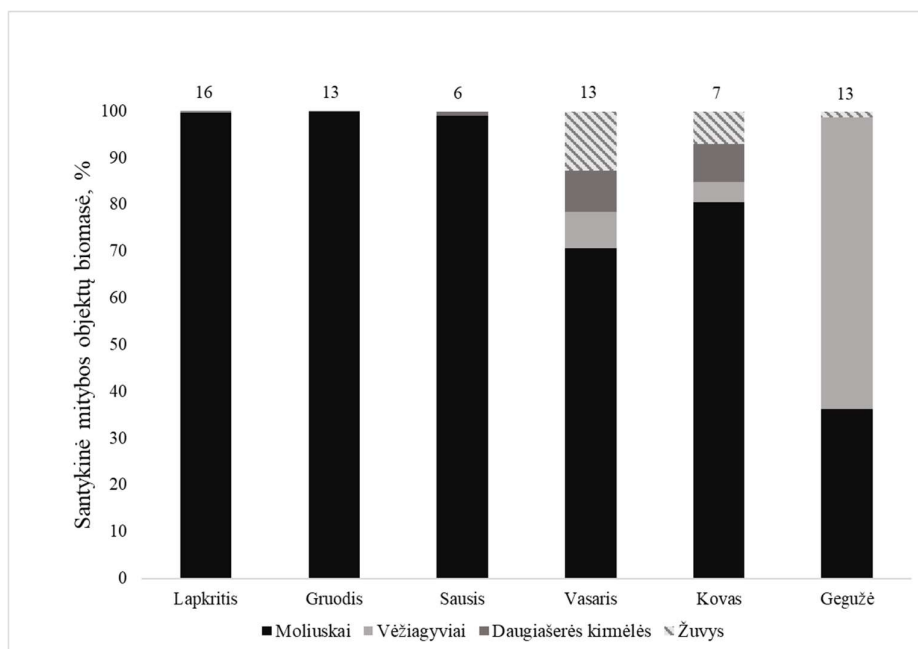
Metodai. Nuodėgulės, patekusios į priegaudą žiauniniais tinklais 2022 – 2024 metais žiemojimo sezono metu (lapkritis – gegužė) Baltijos jūros Lietuvos priekrantėje, buvo surinktos žvejų verslininkų ir perduotos analizei į Klaipėdos universiteto Jūros tyrimo instituto laboratoriją. Iš viso buvo analizuotos 68 nuodėgulės. Prieš surenkant virškinamojo trakto turinio mėginius, nuodėgulės buvo pasvertos, surinkti jų biometriniai duomenys, po to išskrostos lyties, amžiaus ir kūno būklės nustatymui. Virškinamojo trakto turinio mėginiai analizuoti surūšiuojant mitybos objektus taksonominiam identifikavimui iki mažiausio galimo taksonominio lygmens.

Rezultatai. Į nuodėgulės racioną 2022 – 2024 metais pateko 17 taksonų maistagyvių (1 lentelė). Mityboje dominuoja dvigeldžiai moliuskai smėlėtoji mija (*Mya arenaria*), kuri sudarė 70,83 % masės ir buvo aptikta 50 mėginiuose iš 68. Taip pat rasta ir kitų dvigeldžių moliuskų rūšių: Baltijos makomos (*Macoma balthica*) ir širdutės (*Cerastoderma glaucum*) aptinkamumas mėginiuose siekė atitinkamai 58,82 % ir 39,71 %, nors jų masės procentinė dalis nebuvo tokia didelė, kaip smėlėtosios mijos. Taip pat į nuodėgulės racioną įėjo kelios vėžiagyvių rūšys: jūrų gilė (*Amphibalanus improvisus*), smėlėtoji krevėtė (*Crangon crangon*) ir jūros tarakonas (*Saduria entomon*). Daugiašerės žieduotosios kirmėlės pasitaikė beveik pusėje mėginių (45,59 %). Mažą mitybos dalį užėmė žuvis – pavyko identifikuoti tik 3 rūšis – pūgžlį (*Gymnocephalus cernua*), upinę plekšnę (*Platichthys flesus*) ir didįjį tobį (*Hyperoplus lanceolatus*).

Vertinant nuodėgulių mitybos įvairovę ir kaitą žiemojimo sezone pagal mėnesius, nustatyta, kad lapkričio – sausio mėnesiais ančių mityboje beveik absoliučiai dominavo dvigeldžiai moliuskai (> 98 %), taip pat pasitaikė daugiašerių žieduotųjų kirmelių ir vėžiagyvių (1 pav.). Vasario ir kovo mėnesiais, vis dar dominuojant dvigeldžiams moliuskams, nuodėgulių racionas tapo įvairesnis ir pasipildė žuvimi, be to, padaugėjo vėžiagyvių ir daugiašerių žieduotųjų kirmelių. Gegužės mėnesį mityboje dominavo vėžiagyviai (62,34 %), moliuskai užėmė mažesnę procentinę dalį (36,29 %), žuvis (1,32 %) ir daugiašerės žieduotosios kirmėlės (0,05 %) – nežymią dalį.

1 lentelė. Nuodėgulių mitybos sudėtis 2022 – 2024 metais

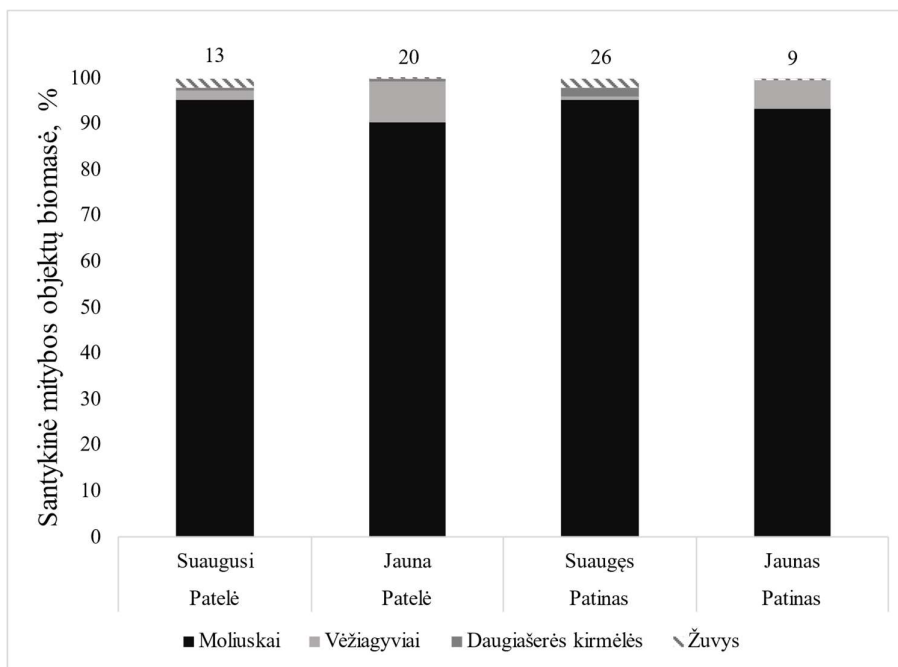
Mitybos objektas	Šlapias svoris, g	Šlapias svoris, %	Aptikimo dažnumas, n	Aptikimo dažnumas, %
Mollusca				
<i>Macoma balthica</i>	52,70	7,57	40	58,82
<i>Mya arenaria</i>	493,18	70,83	50	73,53
<i>Mytilus edulis/trossulus</i>	7,27	1,04	9	13,24
<i>Cerastoderma glaucum</i>	21,80	3,13	27	39,71
<i>Hydrobia</i> sp.	0,03	< 0,01	5	7,35
<i>Bithynia tentaculata</i>	0,11	0,02	3	4,41
Mollusca undet.	82,77	11,89	19	27,94
Crustacea				
<i>Amphibalanus improvisus</i>	0,64	0,09	8	11,76
<i>Crangon crangon</i>	10,56	1,52	9	13,24
<i>Saduria entomon</i>	6,73	0,97	10	14,71
Mysidae neident.	0,01	< 0,01	1	1,47
Crustacea neident.	1,05	0,15	4	5,88
Polychaeta				
<i>Hediste diversicolor</i>	8,72	1,25	31	45,59
Pisces				
<i>Gymnocephalus cernua</i>	0,79	0,11	1	1,47
<i>Platichthys flesus</i>	1,92	0,28	2	2,94
<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	7,71	1,11	1	1,47
Pisces neident.	0,24	0,03	3	4,41



1 pav. Nuodėgulių mityba skirtingais mėnesiais žiemojimo sezonu.

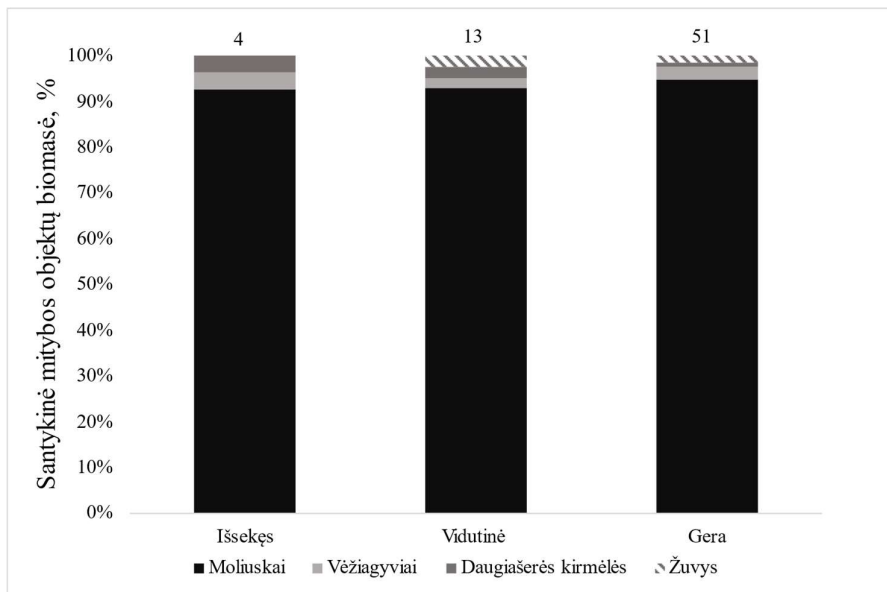
Analizuojant nuodėgulių skirtingų lyčių ir amžiaus grupių mitybos skirtumus buvo pastebėta, kad suaugusių paukščių ir jauniklių mitybos objektų pasirinkimas nesiskiria (2 pav.). Visose grupėse dominuoja moliuskai, nors lyginant jauniklius su suaugusiais paukščiais galima matyti, kad jauniklių mityboje vėžiagyviai

pasitaiko dažniau (6,4 –9 %) nei žuvys ar daugiašerės žieduotosios kirmėlės. Vertinant patinų ir patelių mitybą žymių skirtumų aptikta nebuvo.



2 pav. Skirtingų lyčių ir amžiaus nuodėgulių mityba.

Susiejant nuodėgulių kūno būklę su jų mityba, žymių skirtumų pastebėta nebuvo (3 pav.). Visais atvejais, nepaisant to, ar paukščiai buvo išsekę, vidutinės ar geros būklės, mityboje dominavo moliuskai (93 – 95 %). Visgi išsekusių nuodėgulių mityboje nebuvo pastebėta žuvų, nors vidutinę būklę turinčių paukščių racione žuvys sudarė 2,5 %, o gerą būklę turinčių – 1,4 %.



3 pav. Skirtingos kūno būklės nuodėgulių mityba.

Rrezultatų aptarimas ir išvados. Tyrimas parodė, kad didžiąją dalį nuodėgulių raciono sudaro dvigeldžiai moliuskai; tai atitinka ankstesnių tyrimų duomenis (Žydelis, 2002; Morkūnė et al., 2018; Forni, 2024). Vertinant grobio aptinkamumo dažnį, matoma, kad smėlinė mija (74 %) ir Baltijos makoma (59 %) užima svarbiausią poziciją žiemojančių nuodėgulių racione. Žydelio (2002) tyrime taip pat buvo parodyta, kad smėlinė mija (85 %) ir Baltijos makoma (66 %) dominuoja ančių mityboje, bet iš viso nebuvo užfiksuotos širdutės. Tuo tarpu pagal Morkūnės (2018) duomenis, nuodėgulės mityboje dominavo širdutės (92 %), kas yra

žymiai daugiau nei Forni (2024, 37 %) ir šiame (40 %) tyrime. Šiame tyrime jūros tarakonas, kaip ir pas Žydėlį (2002), buvo rastas mažesnėje mėginių dalyje (15 %) nei Morkūnės (2018, 34,85 %) ir Forni (2024, 24 %) studijose. Tuo tarpu šiame tyrime smėlinės krevetės aptinkamumas buvo didesnis (13 %) nei Morkūnės (2018, 3 %) ir Forni (2024, 2 %) tyrimuose. Tai galima susieti su tuo, kad 2024 metų gegužės mėnesį į priegaudą pateko nuodėgulių jaunikliai, kurių virškinamajame trakte dominavo smėlinės krevetės. Ši paukščių rūšis paprastai pradeda migruoti iš žiemaviečių kiek anksčiau: kovo pabaigoje – balandžio pradžioje (Skov et al., 2011), todėl nuodėgulių mitybos objektų pasirinkimas gegužės mėnesį nėra taip plačiai ištirtas ir gali skirtis nuo kitų mėnesių. Daugiašerės žieduotosios kirmėlės nuodėgulės mityboje taip pat, kaip ir moliuskai, užima svarbią vietą. Šiame tyrime jų aptinkamumas sudarė 46 %, panašiai kaip Forni (2024, 51 %) studijoje. Įdomu tai, kad šiame tyrime į nuodėgulių racioną pateko organizmų rūšys (jūros gilė ir midija), kurios paprastai būdingos toms paukščių rūšims, kurios pasirenka akmenuoto dugno buveinės, nors nuodėgulės – smėlėtose dugno buveinėse besimaitinantis paukštis. Galima padaryti prielaidą, kad nuodėgulės gali rinktis mišraus dugno buveinę, turintį akmenuoto ir smėlėto dugno bruožų.

Beveik visą žiemojimo sezono laikotarpį nuodėgulių mityboje dominavo dvigeldžiai moliuskai, kas iš esmės atitinka ir Forni (2024) tyrimo rezultatus, bet šiame tyrime tik vasario, kovo ir gegužės mėnesį racione atsirado ir kitų mitybos objektų. Tuo tarpu, Forni (2024) tyrimas atskleidžia, kad moliuskų paukščio mityboje mažėja sausio ir vasario mėnesiais, o kovo mėnesį pradeda dominuoti vėžiagyviai. Tokį rezultatų skirtumą galėjo lemti šio tyrimo mažesnė nuodėgulių imtis ($n = 68$) lyginant su Forni (2024) ($n = 201$) ir tai, kad šio tyrimo rėmuose spalio ir balandžio mėnesiais į priegaudą nuodėgulių nepateko. Be to, kaip buvo minėta anksčiau, pavyko atskleisti, kad gegužės mėnesį nuodėgulių racione dominuoja smėlinės krevetės. Nuodėgulių mitybos objektų pasirinkimas tarp skirtingų lyties ir amžiaus grupių aptiktas nebuvo, kaip ir Žydėlio (2002) studijoje. Skirtingos kūno būklės paukščių racionas nesiskyrė – dominavo moliuskai.

Literatūra

- BirdLife International (2025) Species factsheet: *Melanitta fusca*. <https://datazone.birdlife.org/species/factsheet/velvet-scooter-melanitta-fusca>
- Forni, P. (2024). *Energetic Value of Coastal Benthic Environment for Benthivorous Wintering Sea Ducks Based on their Feeding Ecology* (Doctoral dissertation).
- HELCOM (2024) species information sheet: *Melanitta fusca*. <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/HELCOM-Red-List-Melanitta-fusca.pdf>
- Lietuvos raudonoji knyga (2020). Saugomi ir reti paukščiai Lietuvoje. Nuodėgulė. <https://www.raudonojiknyga.lt/gyvunai/pauksciai/492-nuodegule-melanitta-fusca>
- Morkūnas, J., Oppel, S., Bružas, M., Rouxel, Y., Morkūnė, R., & Mitchell, D. (2022). Seabird bycatch in a Baltic coastal gillnet fishery is orders of magnitude larger than official reports. *Avian conservation and ecology*, 17(1), 1-12.
- Morkūnė, R., Lesutienė, J., Morkūnas, J., & Barisevičiūtė, R. (2018). Triple stable isotope analysis to estimate the diet of the Velvet Scoter (*Melanitta fusca*) in the Baltic Sea. *PeerJ*, 6, e5128.
- Ramírez, I., Mitchell, D., Vulcano, A., Rouxel, Y., Marchowski, D., Almeida, A., ... & Paiva, V. H. (2024). Seabird bycatch in European waters. *Animal Conservation*, 27(6), 737-752.
- Skov, H. (2011). *Waterbird populations and pressures in the Baltic Sea* (Vol. 550). Nordic Council of Ministers.
- Žydelis, R. (2002). *Habitat selection of waterbirds wintering in Lithuanian coastal zone of the Baltic Sea* (Doctoral dissertation).
- Žydelis, R., Bellebaum, J., Österblom, H., Vetemaa, M., Schirmeister, B., Stipniece, A., ... & Garthe, S. (2009). Bycatch in gillnet fisheries—an overlooked threat to waterbird populations. *Biological Conservation*, 142(7), 1269-1281.
- Žydelis, R., Small, C., & French, G. (2013). The incidental catch of seabirds in gillnet fisheries: a global review. *Biological Conservation*, 162, 76-88.

EKOLOGINIŲ MODELIŲ KALIBRAVIMAS: KURŠIŲ MARIŲ ATVEJIS

Burak Kaynaroglu¹, Mindaugas Žilius¹, Rasa Idzelytė¹, Artūras Razinkovas-Baziukas¹, Georg Umgieser^{2,1}

¹Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas, Klaipėda, ²CNR – Italijos nacionalinės mokslo tarybos, ISMAR – Jūros mokslų institutas, Venecija, Italija
burak.kaynaroglu@ku.lt

Įvadas. Aplinkos modeliai apytiksliai atvaizduoja sudėtingus reiškinius įvairiose srityse (Hamby, 1994), įskaitant teršalų sklaidą ir maistinių medžiagų dinamiką. Norint užtikrinti ekologinio modelio tikslumą ir gauti patikimus rezultatus, reikalinga jautrumo analizė, kalibravimas ir patikros procedūros. Vis dėl to daugelyje tyrimų neatsižvelgiama į jautrumo analizę arba neatliekami ir kiekybiškai neįvertinami šie žingsniai (Arhonditsis ir Brett, 2004; Shimoda ir Arhonditsis, 2016). Kalibravimo metodai apima bandymų ir klaidų metodą, kuris yra daug darbo reikalaujantis ir subjektyvus metodas (Shen, 2006), ir automatinį kalibravimą, kuris efektyviai optimizuoja parametrus, tačiau yra skaičiavimo požiūriu sudėtingas (Gassman ir kt., 2007). Todėl tokių priemonių naudojimas ekologinių modelių kalibravimui automatizuoti nėra įprastas (Ménèsguen ir Lacroix, 2018).

Optimizavimo algoritmo pasirinkimas yra labai svarbus norint sumažinti klaidas ir resursus, naudojamus automatizuoti kalibravimo procedūrą. Siekiant išspręsti šiuos iššūkius, buvo sukurta parametrų įvertinimo programa (PEST; Doherty, 2018), kuri dažniausiai naudojama požeminio vandens, hidrodinaminiais ir hidrologiniais modeliams kalibruoti. PEST paketas integruoja tiek globalius optimizavimo metodus, tiek metodus, paremtus gradientu – tokius kaip kovariacinės matricos pritaikymo evoliucinė strategija (CMAES; Hansen ir kt., 2003) ir Gauss-Levenberg-Marquardt metodas (GLM; Marquardt, 1963).

Gradientu paremti metodai efektyviai sprendžia tolygius ir išgaubtus inversinius uždavinius, tačiau gali įstrigti lokaliuose minimumuose ir sunkiai susidoroja su nediferencijuojamomis funkcijomis. Tačiau metodai su daugkartiniu startu gali padėti išspręsti problemas, kai egzistuoja lokalių minimumų. Be to, gradientiniai metodai yra labai efektyvūs ir gali valdyti žymiai didesnį parametrų kiekį nei globalūs metodai (Kavetski ir kt., 2006). Priešingai, globalūs optimizavimo metodai pasitelkia atsitiktinumą, kad ištirtų dideles parametrų erdves, tačiau tai reikalauja daugiau skaičiavimo laiko. Atsižvelgiant į ekologinių modelių netiesiškumą, ekologinių modelių kūrėjai dažnai renkasi globalius metodus, tokius kaip genetiniai algoritmai ar Bayeso metodai (Pelletier ir kt., 2006; Kim ir kt., 2017). Vis dėlto, šiame tyrime mes iškėlėme iššūkį ankstesniems darbams, taikydami patobulintą GLM variantą (PEST) ir lygindami jo veikimą su globaliu algoritmu (CMAES), siekdami kalibruoti ekologinį modelį.

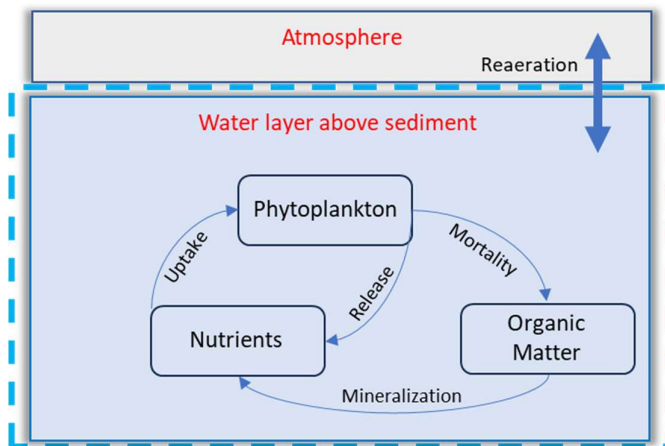
Tam panaudojome Kuršių marių ekologinį modelį Python aplinkoje (CuLPy) – supaprastintą modelį, sukurtą remiantis robotais duomenimis, pagrindiniais biogeocheminiais procesais ir prielaida, kad Kuršių marios yra „iš apačios į viršų“ reguliuojama sistema (Broman ir kt., 2021). Todėl CuLPy modelyje yra 10 abiotinių būsenos kintamųjų ir vienas biotinis komponentas – fitoplanktono anglis, iš viso 11 būsenos kintamųjų. Tyrime daugiausia dėmesio skirta trims pagrindinėms maistinėms medžiagoms – amonio jonams (NH_4^+), nitratams (NO_3^-) ir fosfatams (PO_4^{3-}), kurie yra itin svarbūs vertinant eutrofikaciją bei „iš apačios į viršų“ reguliuojamas vandens ekosistemas.

Metodai . Kuršių marios yra sekli (vidutinis gylis – 3,8 m), didelė (~1586 km²) estuarinio tipo sistema, esanti pietrytinėje Baltijos jūros dalyje. Šiame tyrime buvo taikytas CuLPy modelis (Kaynaroglu ir kt., 2025). Nors tai supaprastintas modelis, jis apima visus esminius vandens biogeocheminius ciklus (1 pav.), kuriuos sudaro 69 parametrai ir iš viso 11 būsenos kintamųjų. Šie kintamieji apima fitoplanktono anglį, organines medžiagas – tiek kietąsias, tiek ištirpusias anglias (C), azoto (N) ir fosforo (P) formas; neorganines maistines medžiagas – NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} , bei ištirpusį deguonį.

Ekologinis modelis sukonfigūruotas kaip horizontaliai vienmatis (1D). Srautas tarp kraštinių sąlygų ir modelio dėžučių apskaičiuojamas naudojant hidrodinaminį baigtinių elementų modelį SHYFEM (Umgieser ir kt., 2004, <https://github.com/SHYFEM-model/>). Kuršių marių modelio skaičiavimai buvo atlikti 2014–2015 m. laikotarpiui. Patikrai ir kalibravimui naudojome 2014 ir 2015 m. matavimus.

PEST paketas buvo integruotas su CuLPy modeliu automatizuotam kalibravimui, pasitelkiant 2015 metų duomenis ir minimizuojant objektyvinę funkciją (modelio ir matavimų neatitikimą). PEST sąveikavo su modeliu per tekstinius failus, kuriuos apdorojo prieš- ir po-procesoriai. Šablonų failai, paremti modelio parametrų failu, identifikavo įvesties vietas, kurias reikia modifikuoti, o instrukcijų failai leido PEST paketui išgauti erdviškai vidurkintus duomenis 1D ekologiniam modeliui. Valdymo faile buvo surinkta pagrindinė

informacija – pradinės reikšmės, leistini intervalai ir failų pavadinimai, remiantis vandens biogeocheminių modelių literatūra (Çoruh, 2019; Salabaş Çilek, 2005). PEST paketas keitė įvesties parametrus naudodamas šablonų failus ir išgaudavo modelio išvestis per instrukcijų failus, kad galėtų palyginti jas su stebėtais duomenimis. Buvo taikomi du skirtingi algoritmai: CMAES (kaip globalus metodas) ir PEST (kaip lokalus metodas). Naudodami PEST algoritmą, kalibravimą inicijavome 30 kartų, kiekvieną kartą naudodami skirtingas pradines reikšmes 69-iems parametrams.



1 pav. Pagrindiniai modelyje nagrinėjami biogeocheminiai procesai ir pagrindiniai kintamųjų ryšiai.

Atlikus modelio kalibravimą, gauti statistiniai rodikliai (PBIAS ir R^2) buvo palyginti su ankstesniais tyrimais, siekiant įvertinti dviejų skirtingų ekologinio modeliavimo taikymų Kuršių marioms kalibravimo efektyvumą, kai buvo naudotas bandymų ir klaidų metodas. NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} koncentracijos buvo lyginamos su statistika iš kitų tyrimų (Manteaux ir kt., 2023; Moriasi ir kt., 2015), siekiant įvertinti priimtinas ribas. Modelio gebėjimas prognozuoti maistinių medžiagų koncentracijas taip pat buvo patvirtintas naudojant 2014 metų duomenis ir palygintas su minėtais tyrimais.

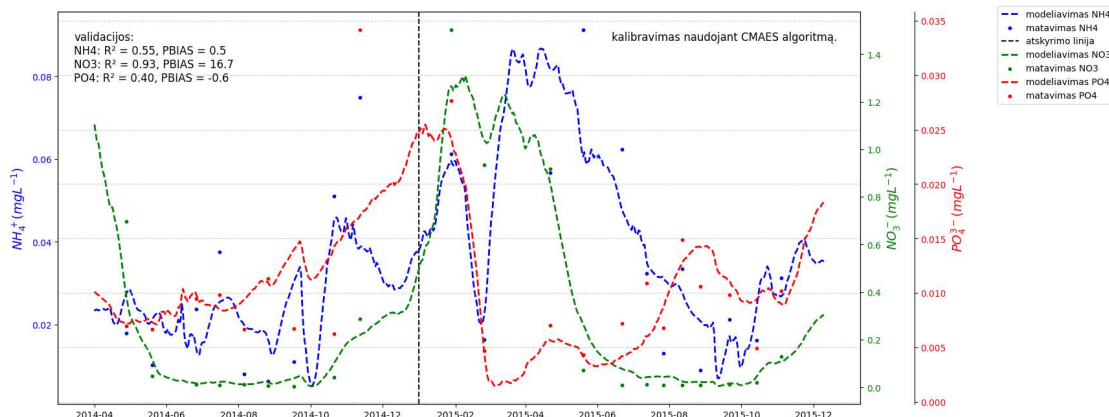
Rezultatai. Modeliuojant vandens kokybę, azoto (N) lygis laikomas priimtinu, kai $R^2 > 0,3$ ir PBIAS < 30 , o optimalus lygis pasiekiamas esant $R^2 > 0,6$ ir PBIAS < 20 (Moriasi ir kt., 2015). Fosforo (P) modeliavimo kriterijai yra panašūs: priimtinas rezultatas pasiekiamas, kai $R^2 > 0,4$, o PBIAS ribos sutampa su taikomomis azotui; geram modeliavimo tikslumui pasiekti reikalingas $R^2 > 0,65$ (Manteaux ir kt., 2023). CuLPy modelis pranoksta ankstesnius biogeocheminius modelius Kuršių mariose, pralenkdamas AQUABC modelį (Ertürk ir kt., 2023) ir SHYFEM/EUTRO modelį (Zemlys ir kt., 2008) ir pateikia patenkinamus rezultatus pagrindinių maistinių medžiagų modeliavimui (1 lentelė).

1 lentelė. Ekologinio modelio kalibravimo statistika, pateikta literatūroje (*¹Ertürk ir kt., 2023; *²Zemlys ir kt., 2008) ir naudojant CuLPy modelį su PEST bei CMAES algoritmais. Neigiamos ir teigiamos PBIAS reikšmės rodo atitinkamai neįvertinimą ir pervertinimą

Statistinės priemonės	Kuršių marioms pritaikyti biogeocheminiai modeliai	Kalibravimo metodas	Kintamieji		
			NH_4^+	PO_4^{3-}	NO_3^-
PBIAS	CuLPy	CMAES	-2,3	4,1	-4,7
	CuLPy	PEST	-3,1	-6,3	-4,1
	AQUABC ^{*1}	Rankinis	-	-	-
	EUTRO ^{*2}	Rankinis	-	-	-
R^2	CuLPy	CMAES	0,66	0,80	0,97
	CuLPy	PEST	0,65	0,88	0,98
	AQUABC ^{*1}	Rankinis	0,41	0,33	0,42
	EUTRO ^{*2}	Rankinis	0,05	0,07	0,56

Nors CMAES ir PEST algoritmai parodė panašius statistinius rezultatus, CMAES, kaip ir būdinga globaliems metodams, pareikalavo net 12 kartų daugiau modelio paleidimų nei PEST, kai buvo taikytas CuLPy modeliui (atitinkamai apie 600 000 ir 50 000 paleidimų).

Visų maistinių medžiagų validacijos statistiniai rodikliai, palyginti su kalibravimo laikotarpiu, pablogėjo (2 pav.), tačiau validacijos laikotarpio statistika vis dar patenka į patenkinamą diapazoną, kuri apibrėžė Manteaux ir kt. (2023) bei Moriasi ir kt. (2015).



2 pav. Sukalibruoto CuLPy modelio rezultatai amoniui (NH_4^+), nitratams (NO_3^-) ir fosfatams (PO_4^{3-}). Vertikali juoda punktyrinė linija atskiria kalibravimo ir validavimo laikotarpius.

Rezultatų aptarimas. Dėl upių įtekėjimo NO_3^- koncentracijos mariose labai svyruoja išstisus metus (Vybernaitė-Lubienė ir kt., 2018; Žilius ir kt., 2018). Didžiausias reikšmes pasiekia žiemą/pavasari, o žemiausias – vasarą/rudenį. Modelis pervertino NO_3^- lygį, greičiausiai dėl neįtrauktų denitrifikacijos procesų arba fitoplanktono asimiliacijos. Neatitikimai tarp matuotų ir modeliutų azoto koncentracijų, ypač vasarą ir rudenį, gali būti susiję su mineralizacijos, augimo greičio netikslumais arba neįvertintais maistinių medžiagų šaltiniais. Panašiai, neatitikimai NH_4^+ ir PO_4^{3-} koncentracijose, ypač vasaros laikotarpiu, gali rodyti nesubalansuotus augimo greičius arba epizodinį PO_4^{3-} išsiskyrimą iš nuosėdų. NO_3^- modeliavimas parodė geriausią atitikimą su matavimo duomenimis, nes jo dinamika daugiausiai priklauso nuo išorinių, upinių įtekėjimų, o ne nuo vidinių procesų. Vis dėlto, maistinių medžiagų dinamika vandens stulpė, ypač vasaros laikotarpiu, stipriai priklauso nuo dugno srautų ir sąveikos su nuosėdomis (Petkuvienė ir kt., 2016; Žilius ir kt., 2018). Sedimentų komponento įtraukimas į CuLPy modelį galėtų pagerinti NH_4^+ ir PO_4^{3-} prognozes, o fitoplanktono klasifikacijos patikslinimas ar diatominių dumblių įtraukimas kaip būsenos kintamojo galėtų pagerinti NH_4^+ įvertinimus pavasarį.

Nors CMAES algoritmas veikė taip pat gerai kaip ir PEST, euristinių metodų gebėjimas rasti globalų optimumą priklauso nuo lokalių optimumų skaičiaus ir/arba paieškos algoritmo skaičiavimo efektyvumo (Kavetski ir kt., 2006). Be to, statistinių rodiklių pablogėjimas validacijos laikotarpiu galėjo būti nulemtas riboto duomenų kiekio, įtraukto į automatinio modelio kalibravimo procedūrą.

Išvados. Naudojant patikimus gradientu paremtus metodus, tokius kaip PEST, pavyko pasiekti gerą atitikimą su stebėtais duomenimis, panašų į globalių metodų rezultatus, kartu sumažinant skaičiavimų sąnaudas. Vis dėlto tokių metodų taikymas sudėtingesniuose ekologiniuose modeliuose, kuriuose esminį vaidmenį atlieka diskretūs procesai, kurių negalima paversti tolygiomis funkcijomis, išlieka neaiškūs.

Nors CuLPy yra supaprastintas ekologinis modelis, jis sėkmingai atvaizduoja pagrindinius maistinių medžiagų dinamikos procesus, pateikdamas tiksliai azoto ir fosforo elgsenos prognozes Kuršių mariose naudojant PEST paketą. Tačiau prognozių tikslumą būtų galima pagerinti pratęsus modeliavimo laikotarpį, įtraukus daugiau stebėjimų bei padidinus modelio sudėtingumą – pavyzdžiui, įvedant papildomas fitoplanktono grupes ir dugno procesus dvimatėje konfigūracijoje. Tokie patobulinimai galėtų leisti modelį naudoti kaip sprendimų priėmimo priemonę eutrofikacijos valdymui.

Literatūra

- Arhonditsis, G., & Brett, M. (2004). Evaluation of the current state of mechanistic aquatic biogeochemical modeling. *Marine Ecology Progress Series*, 271, 13–26. <https://doi.org/10.3354/meps271013>
- Broman, E., Žilius, M., Samuilovienė, A., Vybernaitė-Lubienė, I., Politi, T., Klawonn, I., Voss, M., Nascimento, F.J.A., & Bonaglia, S. (2021). Active DNRA and denitrification in oxic hypereutrophic waters. *Water Research*, 194, 116954. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.116954>

- Çoruh, G. (2019). Derivation of Value Distributions of Model Coefficients Used in Surface Water Quality Models. *Istanbul Technical University - Institute of Science and Technology*, Turkey.
- Doherty, J. (2018). Model-Independent Parameter Estimation User Manual. *Watermark Numerical Computing*, Brisbane, Australia.
- Ertürk, A., Sakurova, I., Zilius, M., Zemlys, P., Umgiesser, G., Kaynaroglu, B., Pilkaitytė, R., & Razinkovas-Baziukas, A. (2023). Development of a pelagic biogeochemical model with enhanced computational performance by optimizing ecological complexity and spatial resolution. *Ecological Modelling*, 486, 110509. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2023.110509>
- Hamby, D.M. (1994). A review of techniques for parameter sensitivity analysis of environmental models. *Environ Monit Assess* 32, 135–154. <https://doi.org/10.1007/BF00547132>
- Hansen, N., Müller, S.D., & Koumoutsakos, P. (2003). Reducing the Time Complexity of the Derandomized Evolution Strategy with Covariance Matrix Adaptation (CMA-ES). *Evolutionary Computation*, 11, 1–18. <https://doi.org/10.1162/106365603321828970>
- Kaynaroglu, B., Žilius, M., Idzelytė, R., Razinkovas-Baziukas, A., & Umgiesser, G. (2025). A simplified ecological model for bottom-up regulated shallow aquatic ecosystems - the Curonian Lagoon - in Python. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.15040755>
- Kavetski, D., Kuczera, G., & Franks, S.W. (2006). Calibration of conceptual hydrological models revisited: 2. Improving optimisation and analysis. *Journal of Hydrology*, 320, 187–201. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.07.013>
- Kim, D.-K., Kaluskar, S., Mugalingam, S., Blukacz-Richards, A., Long, T., Morley, A., & Arhonditsis, G.B. (2017). A Bayesian approach for estimating phosphorus export and delivery rates with the SPAtially Referenced Regression On Watershed attributes (SPARROW) model. *Ecological Informatics*, 37, 77–91. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2016.12.003>
- Gassman, P.W., Reyes, M.R., Green, C.H., & Arnold, J.G. (2007). The Soil and Water Assessment Tool: Historical Development, Applications, and Future Research Directions. *Transactions of the ASABE*, 50, 1211–1250. <https://doi.org/10.13031/2013.23637>
- Manteaux, S., Sauvage, S., Samie, R., Monteil, C., Garnier, J., Thieu, V., Cakir, R., & Sánchez-Pérez, J.-M. (2023). Modeling in-stream biogeochemical processes at catchment scale: Coupling SWAT and RIVE models. *Environmental Modelling & Software*, 170, 105856. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2023.105856>
- Marquardt, D.W., 1963. An Algorithm for Least-Squares Estimation of Nonlinear Parameters. *Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics*, 11, 431–441.
- Ménesguen, A., & Lacroix, G. (2018). Modelling the marine eutrophication: A review. *Science of The Total Environment*, 636, 339–354. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2018.04.183>
- Moriasi, D.N., Gitau, M.W., Dagupani, P., & Pai, N. (2015). Hydrologic and Water Quality Models: Performance Measures and Evaluation Criteria. *Transactions of the ASABE*, 58, 1763–1785. <https://doi.org/10.13031/trans.58.10715>
- Pelletier, G.J., Chapra, S.C., & Tao, H. (2006). QUAL2Kw – A framework for modeling water quality in streams and rivers using a genetic algorithm for calibration. *Environmental Modelling & Software*, 21, 419–425. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2005.07.002>
- Petkuvienė, J., Zilius, M., Lubiene, I., Ruginis, T., Giordani, G., Razinkovas-Baziukas, A., & Bartoli, M. (2016). Phosphorus Cycling in a Freshwater Estuary Impacted by Cyanobacterial Blooms. *Estuaries and Coasts*, 39, 1386–1402. <https://doi.org/10.1007/s12237-016-0078-0>
- Salabaş Çilek, A.A. (2005). Database Design and Development for Model Constants Used in Simulation of Nutrient Cycles in Surface Water Quality Models. *Istanbul Technical University - Institute of Science and Technology*, Turkey.
- Shen, J. (2006). Optimal estimation of parameters for a estuarine eutrophication model. *Ecological Modelling*, 191, 521–537. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.05.020>
- Shimoda, Y., & Arhonditsis, G.B. (2016). Phytoplankton functional type modelling: Running before we can walk? A critical evaluation of the current state of knowledge. *Ecological Modelling*, 320, 29–43. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2015.08.029>
- Umgiesser, G., Canu, D.M., Cucco, A., & Solidoro, C. (2004). A finite element model for the Venice Lagoon. Development, set up, calibration and validation. *Journal of Marine Systems*, 51, 123–145. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2004.05.009>
- Vybernaite-Lubiene, I., Zilius, M., Saltyte-Vaisiauske, L., & Bartoli, M. (2018). Recent Trends (2012–2016) of N, Si, and P Export from the Nemunas River Watershed: Loads, Unbalanced Stoichiometry, and Threats for Downstream Aquatic Ecosystems. *Water*, 10, 1178. <https://doi.org/10.3390/w10091178>
- Zemlys, P., Ertürk, A., & Razinkovas, A. (2008). 2D finite element ecological model for the Curonian lagoon. *Hydrobiologia*, 611, 167–179. <https://doi.org/10.1007/s10750-008-9452-7>
- Zilius, M., Vybernaite-Lubiene, I., Vaiciute, D., Petkuvienė, J., Zemlys, P., Liskow, I., Voss, M., Bartoli, M., & Bukaveckas, P.A. (2018). The influence of cyanobacteria blooms on the attenuation of nitrogen throughputs in a Baltic coastal lagoon. *Biogeochemistry*, 141, 143–165. <https://doi.org/10.1007/s10533-018-0508-0>

DVIGELDŽIŲ MOLIUSKŲ *MYTILUS* SPP. DVIEJŲ SVALBARDO POPULIACIJŲ ARKTYJE DYDŽIO IR AMŽIAUS STRUKTŪRŲ TYRIMAS

Jogailė Kęstutytė

Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas, Klaipėda
jogaile.kestutyte@edu.ku.lt

Įvadas. Midijos (*Mytilus*) XXI a. pradžioje grįžo į aukštąjį Arkties regioną Svalbardą po to, kai jų ten nebuvo beveik 1000 metų (Olenin et al., 2024, Berge et al., 2005). Išsklaidyta populiacija buvo aptikta vienoje vietoje Isfjordeno žiotyse 2004 m. rugpjūčio mėn. Į Svalbardą atvyko ne tik *M. edulis*, bet ir simpatrinių rūšių kompleksas, įskaitant *M. edulis*, *M. galloprovincialis*, *M. trossulus* ir kai kurie jų hibridai, šios rūšys gali būti įvairios kilmės iš abiejų Šiaurės Atlanto pusių. Šis mėlynųjų midijų paplitimo diapazono išplėtimas buvo įmanomas dėl neįprastai didelio šilto Atlanto vandens masinio pernešimo į šiaurę, dėl kurio šiaurinėje Atlanto vandenyno dalyje ir išilgai vakarinės Svalbardo pakrantės jūros paviršiaus temperatūra pakilo (Kotwicki et al., 2021). Skirtingai nuo prisitvirtinusių povandeninių midijų, kurios buvo užfiksuotos visoje Vakarų Svalbardo dalyje, potvynių ir atoslūgių vietose gyvenančios midijos buvo nustatytos tik neseniai.

Midijos *Mytilus edulis* dominuoja daugelyje pakrančių bendrųjų borealinės jūros, todėl lemia svarbias ekosistemos ypatybes (Lajus et al., 2015). Norint suprasti gyvybės įvairovę ir įvertinti didžiulį gamtoje egzistuojančių formų nevienalytiškumą, būtina ištirti formų kintamumą ir atskleisti jo priežastis (Telesca et al., 2017). Fiziniai suvaržymai yra labai svarbūs nustatant organizmo formą, nes nedideli augimo procesų svyravimai gali sukelti dramatiškus formos pakitimus. Kadangi visos aplinkos sąlygos skiriasi tiek laike, tiek erdvėje, galima tikėtis didelių kriauklių morfologijos skirtumų, net ir gyvūnams iš tos pačios vietovės (Seed, 1968). Dvigeldžiai yra svarbi pakrančių bentos bendrųjų dalis (Arribas et al., 2014, Telesca et al., 2017). Tarp jų midijos (*Mytilus* spp.) yra svarbios pagrindinės rūšys šiaurinio ir pietų pusrutulio vidutinio klimato ir poliarinės pakrantės zonose ir yra svarbus akvakultūros pramonės ekonominis išteklius. Plačiai paplitę akvakultūroje, šie dvigeldžiai moliuskai visada domino mokslininkus (Lajus et al., 2015).

Šiame darbe analizuojamos dvi *Mytilus* spp. populiacijos skirtingose Svalbardo įlankose. Eidembukta ir Trygghamna — tai dvi kontrastingos įlankos, todėl buvo pasirinktos midijų populiacijų morfometrinių skirtumų tarp dviejų regionų įvertinimui. Jos skiriasi substrato pavidalu, hidrodinamika, biologine įvairove, tai nulemia midijų morfometriją ir jų kriauklių formų skirtumus.

Metodai. Mėginiai buvo rinkti ekspedicijose į Arktį, Svalbardo regioną. Gyvų midijų mėginiai rinkti litoralinėje zonoje, vietose dėti į plastikinę sandarią talpą kuri buvo užpildyta 90 % alkoholiu. Trygghamnoje – 2021-07-30, 2023-08-22, Eidembuktoje – 2021-07-28, 2022-08-26, 2024-07-24. Eidembuktos įlankoje dominavo akmenuotas, uolėtas substratas, ji tiesiogiai susieta su atvira jūra, vandens temperatūra: 7,1°C druskingumas: 30,6 PSU. Trygghamnos įlanka uždaresnė, joje dominavo smėlėtas, žvyruotas substratas vandens temperatūra: 6,0°C druskingumas: 33,8 psu. Laboratorijoje išmatuoti mėginių parametrai. Kriauklės ilgis – L (maksimalus atstumas nuo umbo iki priešingos kriauklės ribos), plotis – W (maksimalus atstumas tarp kairiojo ir dešiniojo uždaro geldelių (angl., „valves“) ir aukštis – H (maksimalus nugaros-ventralinis atstumas) buvo matuojami naudojant skaitmeninį tikslų liniuotės matavimo įrankį su apkaba (angl., „measy precision caliper“) 0,1 mm tikslumu (Seed, 1968). Midijų amžiui nustatyti pasirinktas klasikinis metodas kuris remiasi amžiaus linijų skaičiavimu, kasmet susidarančių išoriniame kriauklės sluoksnyje (Lutz, 1976). Dvigeldžiai moliuskai buvo sveriami laboratorinėmis elektroninėmis svarstyklėmis kurių tikslumas 0.001 g.

Morfometriniai indeksai apskaičiuoti siekiant atsižvelgti į susietus santykius tarp 3 geldelių matmenų (Caill-Milly et al., 2012): i) Pailgėjimo indeksas (angl., „Elongation index“) = H/L ; ii) Kompaktiškumo indeksas (angl., „Compactness index“) = W/L ; iii) Išgaubimo indeksas (angl., „Convexity index“) = W/H .

Statistikai apskaičiuoti pasirinkta lengvai prieinama Excel 2016 programa su instaliuotais priedais (angl., „add-ins“) „Data Analysis“ ir „Solver“. Midijų populiacijų dydžių ir amžiaus struktūrų įvertinimui nustatytos minimalios, maksimalios ir vidutinės reikšmių vertės naudojant MIN, MAX, MEAN Excel funkcijas. Standartiniai nuokrypiai nustatyti naudojant STDEV funkciją. Skirtumams tarp midijų komplekso populiacijų įvertinti pirma patikrintas duomenų normališkumas, pagal histogramas. Duomenims atitikusiems normališkumą įvykdyta dispersinė analizė F-test (Fisherio testas). Imtims kurių dispersijos reikšmingai nesiskiria įvykdytas t-testas: dviejų imčių, darant prielaidą, kad dispersijos yra vienodos, o priešingu atveju imtys analizuotos renkant t-testą: dvi imtys, darant prielaidą, kad dispersijos yra nevienodos.

Rezultatai. Gyvų midijų populiacijų amžiaus, dydžių ir svorio struktūros palyginimas.

Statistinės analizės metu nustatyta, kad gyvų *Mytilus* spp. populiacijų morfometriniai parametrai reikšmingai skyrėsi tarp Trygghamnų ir Eidembuktos įlankų (1 lentelė). Moliuskų ilgis Trygghamnoje svyravo nuo 14,5 mm iki 60,9 mm, vidutiniškai $39,8 \pm 12,4$ mm, o Eidembuktoje nuo 29,4 mm iki 77,6 mm, vidutiniškai $52,5 \pm 9,3$ mm. Statistinės analizės metu nustatyta, kad skirtumai tarp populiacijų dydžių yra reikšmingi ($p < 0,001$). Vidutinis midijų komplekso populiacijos kriauklės aukštis Trygghamnoje siekė $21,7 \pm 6,6$ mm, o Eidembuktoje $27,5 \pm 4,3$ mm, o plotis – atitinkamai $16,4 \pm 5,8$ mm ir $22,8 \pm 4,2$ mm ($p < 0,001$, abiem atvejais). Moliuskų vidutinė masė Trygghamnoje mažesnė ($7,2 \pm 6,2$ g), nei Eidembuktoje ($14,7 \pm 6,8$ g). Tankis (M/L) taip pat skyrėsi Trygghamnoje mažiau tankios $0,152 \pm 0,102$, o Eidembuktoje tankesnės $0,267 \pm 0,087$ ($p < 0,001$).

Tyrimo metu nustatyta, kad amžiaus struktūra tarp populiacijų yra skirtinga (1 lentelė). Trygghamnų gyvų midijų komplekso populiacijos amžius svyravo nuo 2 iki 18 metų, vidutiniškai $6,5 \pm 2,8$ metų. Eidembuktos populiacijoje rastos nuo 4 iki 11 metų midijos, vidutinis amžius $7,5 \pm 1,6$ metų.

Išanalizavus morfometrinius indeksus, nustatyti reikšmingi skirtumai tarp populiacijų (1 lentelė). Trygghamnų moliuskai pasižymėjo didesniu pailgėjimo indeksu ($0,550 \pm 0,038$) nei Eidembuktos ($0,525 \pm 0,038$, $p = 0,001$). Eidembuktos populiacijos moliuskai turėjo didesnį kompaktiškumo indeksą ($0,433 \pm 0,027$) nei Trygghamnų ($0,405 \pm 0,030$, $p < 0,001$). Išgaubimo indeksas Eidembuktos populiacijoje ($0,829 \pm 0,070$) reikšmingai didesnis nei Trygghamnų populiacijos ($0,741 \pm 0,078$, $p < 0,001$). Tad Trygghamnų įlankoje rasti ilgesni moliuskai, tačiau mažiau kompaktiškesni ir mažiau išgaubtesni nei Eidembuktoje.

2 lentelė. Gyvų *Mytilus* spp. populiacijų dydžio (mm), amžiaus (metai), svorio (g), tankio (m/l) ir indeksų struktūra bei jų skirtumai pagal įlankas

Įlanka	Trygghamna (n=71)			Eidembukta (n=50)			t-testas
Parametrai	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$\bar{X} \pm SD$	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$\bar{X} \pm SD$	p-reikšmė
Ilgis	14,5	60,9	$39,8 \pm 12,4$	29,4	77,6	$52,5 \pm 9,3$	$< 0,001$
Aukštis	8,5	33,1	$21,7 \pm 6,6$	17,7	35,9	$27,5 \pm 4,3$	$< 0,001$
Plotis	5,8	27,6	$16,4 \pm 5,8$	12,6	31,8	$22,8 \pm 4,2$	$< 0,001$
Masė	0,2	22,9	$7,2 \pm 6,2$	3,0	31,5	$14,7 \pm 6,8$	$< 0,001$
Tankis	0,013	0,391	$0,152 \pm 0,102$	0,092	0,506	$0,267 \pm 0,087$	$< 0,001$
Amžius	2,0	18,0	$6,5 \pm 2,8$	4,0	11,0	$7,5 \pm 1,6$	-
Pailgėjimo indeksas	0,478	0,786	$0,550 \pm 0,038$	0,446	0,654	$0,525 \pm 0,038$	$< 0,001$
Kompaktiškumo indeksas	0,333	0,471	$0,405 \pm 0,030$	0,383	0,504	$0,433 \pm 0,027$	$< 0,001$
Išgaubimo indeksas	0,506	0,951	$0,741 \pm 0,078$	0,704	0,939	$0,829 \pm 0,070$	$< 0,001$

Rezultatų aptarimas. Prognozuojama, kad klimato pokyčiai paveiks visas vandenyno sritis, o skirtingi geografiniai regionai keisis skirtingais tempais, todėl buvo vykdomas tyrimas, siekiant nustatyti svarbiausius aplinkos sąlygų veiksmus lemiančius mėlynųjų midijų kriauklės formos plastiškumą (Telesca, Michalek, 2018). Tyrime jie nustatė, kad vandens druskingumas turi didesnę įtaką (poveikį dydžiui) nei kiti prognozuojantys veiksniai midijų formos kitimui, nei buvo pranešta anksčiau. Šis fizinis parametras gali sukelti dramatiškus formos pokyčius esant neoptimalioms sąlygoms, kad būtų galima susidoroti su padidėjusiomis medžiagų apykaitos sąnaudomis, atsirandančiomis dėl osmosinio streso mažai druskinguose vandenyse. Tyrėjai paminė, kad *Mytilus* formos keitimosi reakcija į mažiau palankias sąlygas lėmė pailgų ir siaurų kriauklių susidarymą su lygiagretesnėmis dorsoventralinėmis kraštinėmis. Šiuos skirtumus galima paaiškinti formomis, kurias lemia fiziologiškai palankaus paviršiaus ploto ir tūrio santykio principas, kuris didina pailgėjimą kriauklėse. Stebėtos formos kartu su fiziologine aklimatizacija gali būti svarbi midijų prisitaikymo prie aplinkos stresorių sudedamoji dalis.

Срапоборатова ir kt. (1987) aprašė trijų Baltosios jūros įlankų *Mytilus edulis* moliuskų morfometrinius indeksus. Svarbu paminėti, kad Baltosios jūros įlankose, kaip ir Svalbardo regione midijos auga ir formuojasi stresinėse sąlygose. Trygghamnų ($0,550 \pm 0,038$) įlankoje, kaip ir Onegos ($0,590 \pm 0,009$) bei Kandalakšos ($0,571 \pm 0,014$) įlankoje auga didesnį pailgėjimo indeksą turinčios midijos, ilgiausios midijos auga Onegos įlankoje. Dvinos ($0,531 \pm 0,006$) ir Eidembuktos ($0,525 \pm 0,038$) įlankose auga mažiau pailgos midijos. Eidembuktos įlankoje midijų populiacijos kompaktiškumo ir išgaubtumo indeksai ($0,433 \pm 0,027$; $0,829 \pm 0,070$) panašiausi į Kandalakšos įlankos moliuskų ($0,443 \pm 0,010$; $0,779 \pm 0,021$). Tačiau Kandalakšos

įlankoje auga pailgesnės ($0,571 \pm 0,014$) midijos, nei Eidembuktoje ($0,525 \pm 0,038$). Pastarosios įlankos moliuskai pailgėjimo indeksu panašiausias į Dvinos įlankos ($0,531 \pm 0,006$) moliuskus, nors ir šioje įlankoje auga mažiau kompaktiškos ir mažiau išgaubtos kriauklės ($0,375 \pm 0,010$; $0,708 \pm 0,024$) palyginus su Eidembuktos įlanka. Mažiausiu kompaktiškumo indeksu pasižymi Onegos ($0,368 \pm 0,005$) ir Dvinos ($0,375 \pm 0,010$) įlankų moliuskų populiacijos šiek tiek didesniu pasižymi Trygghamnės midijos populiacija ($0,405 \pm 0,030$). Palyginus su šiomis Baltosios jūros įlankomis, Svalbardo regione augančios midijos yra trumpesnės arba panašaus pailgėjimo, kompaktiškesnės arba panašaus kompaktiškumo ir labiau išgaubtos arba panašaus išgaubtumo.

Verta atkreipti dėmesį į tai, kad dydžių skirtumai, gali pasireikšti ir tarp *Mytilus* komplekso rūšių, pavyzdžiui, Innes ir Bates (1999) metais atliktas tyrimas nustatė rytinėje Niufaundlendo dalyje, Kanadoje, augančių *Mytilus edulis* ir *Mytilus trossulus* moliuskų morfologinius skirtumus. Mokslininkai tyrimui pasirinko skirtingose buveinėse augančias midijas, nes dviejų rūšių kriauklių morfologija gali būti panaši augant tokiomis pačiomis aplinkos sąlygomis, o ne dėl hibridizacijos, mažinančios morfologinius skirtumus. Jie nustatė, kad visos vidutinės *Mytilus edulis* parametrų reikšmės buvo didesnės. Vidutinis *M. edulis* kriauklės ilgis buvo ženkliai reikšmingai ($48,5 \pm 1,16$ mm, $p < 0,001$) didesnis nei *M. trossulus* ($36,8 \pm 1,04$ mm). Svalbardo regione rasti reikšmingi populiacijų dydžių skirtumai ($p < 0,001$) tarp įlankų, kaip ir pastebėti skirtumai tarp dviejų midijų rūšių. Svalbarde Trygghamnės ($39,8 \pm 12,4$ mm) bei Eidembuktos ($52,5 \pm 9,3$ mm) populiacijos ilgiu didesnės nei Kanados įlankose 1999 metais tyrinėtoms midijoms. Abiejų Arkties tyrimo įlankų moliuskai pasižymėjo mažesniu aukščiu, bet didesniu pločiu nei Innes ir Bates (1999) tyrime. Trygghamnės vidutinis aukštis ir plotis $21,7 \pm 6,6$ ir $16,4 \pm 5,8$ bei Eidembuktos įlankos vidutinis aukštis ir plotis $27,5 \pm 4,3$ ir $22,8 \pm 4,2$. *M. edulis* aukštis ir plotis vidutiniškai didesni $25,0 \pm 0,53$ mm ir $9,7 \pm 0,24$ mm, nei *M. trossulus* kurių vidutinis aukštis ir plotis buvo $18,6 \pm 0,52$ mm ir $7,5 \pm 0,18$ mm. Autoriai savo tyrime taikė ir kitus metodus, pabrėžia, kad *Mytilus edulis* ir *M. trossulus* kriauklių morfologija skyrėsi 16 vietovių palei Niufandilendo rytinę pakrantę. Dviejų rūšių kriauklės skyrėsi, matuojant tiek daugiamate kelių kriauklių charakteristikų analizę, tiek daugiamate kriauklių kontūro formos analizę.

Išvados. *Mytilus* spp. midijų populiacijų morfometriniai parametrai reikšmingai skyrėsi tarp Trygghamnės ir Eidembuktos įlankų. Eidembuktos midijos buvo didesnės sunkesnės bei tankesnės nei Trygghamnės ($p < 0,001$ visais atvejais).

Trygghamnės populiacijoje midijų amžius variavo plačiau (2 – 18 metų) vidutiniškai metais jaunesnės ($6,5 \pm 2,8$ m.), o Eidembuktos midijos buvo vidutiniškai vieneriais metais vyresnės ($7,5 \pm 1,6$ m.), jų amžius variavo mažiau (4 – 11 metų).

Trygghamnoje augusios midijos buvo ilgesnės ($0,550 \pm 0,038$, $p = 0,001$), tačiau mažiau kompaktiškos ($0,405 \pm 0,030$) ir mažiau išgaubtos ($0,741 \pm 0,078$), palyginti su Eidembuktos midijų populiacija, kurios pasižymėjo mažesniu pailgėjimo indeksu ($0,525 \pm 0,038$) bet buvo kompaktiškesnės ($0,433 \pm 0,027$) ir labiau išgaubtos ($0,829 \pm 0,070$) ($p < 0,001$, abiem atvejais).

Padėka. Tyrimai vykdyti įgyvendinant Lietuvos mokslo tarybos finansuojamą projektą EIDEMBUKTA „Naujos pakrantės lagūnos ekosistemos susidarymas po ledynų atsitraukimo Eidembuktoje Svalbardo Arktyje“ (S-MIP-22-48). Tyrimo autorė nuoširdžiai dėkoja prof. Olenin S.S. už tyrimo medžiagos (Arktyje surinktų midijų) suteikimą, taip pat už šio darbo vykdymo priežiūrą.

Literatūra

- Arribas L. P., Donnarumma L., Palomo M. G., Scrosati R. A. (2014). Intertidal mussels as ecosystem engineers: their associated invertebrate biodiversity under contrasting wave exposures. *Mar Biodiv* 44:203–211.
- Berge J., Johnsen G., Nilsen, F., Gulliksen B., Slagstad D. (2005). Ocean temperature oscillations enable reappearance of blue mussels *Mytilus edulis* in Svalbard after a 1000 year absence. *MARINE ECOLOGY PROGRESS SERIES*. Vol. 303: 167–175.
- Caill-Milly N., Bru N., Mahe K., Borie C., D'Amico F. (2012). Shell Shape Analysis and Spatial Allometry Patterns of Manila Clam (*Ruditapes philippinarum*) in a Mesotidal Coastal Lagoon. *Journal of Marine Biology* Volume 2012 Article ID 281206, 11 pages.
- Innes D. J. ir Bates J. A. (1999). Morphological variation of *Mytilus edulis* and *Mytilus trossulus* in eastern Newfoundland. *Marine Biology*, Springer-Verlag, 133: 691-69.
- Kotwicki L., Weslawski J.M., Włodarska-Kowalczyk M., Mazurkiewicz M., Wenne R., Zbawicka M., Minchin D., Olenin S. (2021). The re-appearance of the *Mytilus* spp. complex in Svalbard, Arctic, during the Holocene: The case for an arrival by anthropogenic flotsam. *Global and Planetary Change* 202 (2021) 103502.

- Lajus D., Katolikova M., Strelkov P., Hummel H. (2015). Fluctuating and Directional Asymmetry of the Blue Mussel (*Mytilus edulis*): Improving Methods of Morphological Analysis to Explore Species Performance at the Northern Border of Its Range. *Symmetry* 488-514.
- Lutz R. A. 1976. ANNUAL GROWTH PATTERNS IN THE INNER SHELL LAYER OF *MYTILUS EDULIS* L. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 56, 723-731.
- Olenin S., Minchin D., Samuilovienė A., Kotwicki L., Węślawski J.M. (2024). First record of mussel larvae occurring in the mantle cavity of littoral-dwelling *Mytilus* spp. in Svalbard, Arctic. *Polar Biology* 47:239–245.
- Seed R. 1968. FACTORS INFLUENCING SHELL SHAPE IN THE MUSSEL *MYTILUS EDULIS*. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 48, 561-584.
- Telesca L., Michalek K. (2018). Blue mussel shell shape plasticity and natural environments: a quantitative approach. *Scientific Reports* 8:2865.
- Старобогатова, Я. И., Наумова, А. Д. и другие (1987). „Моллюски Белого Моря“, 226-2.

ŽIEMOJANČIŲ RUDAKAKLIŲ NARŲ PASISKIRSTYMAS LIETUVOS PRIEKRAVNTĖJE

Ugnė Kuzminskaitė¹, Julius Morkūnas¹, Vytautas Eigirdas², Rasa Morkūnė¹

¹Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas, Klaipėda, ²Ventės rago ornitologinė stotis, Kauno T. Ivanausko zoologijos muziejus, Kaunas
ugne.kuzminskaite@ku.lt

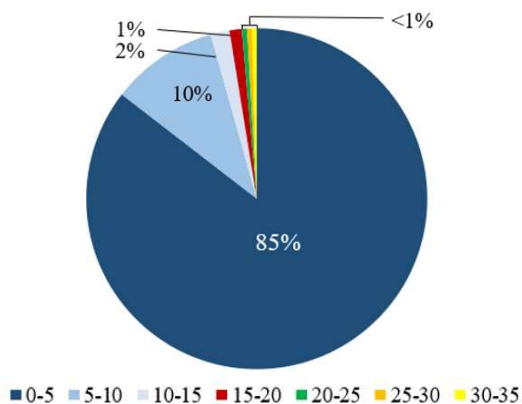
Įvadas. Rudakakliai narai (*Gavia stellata*, Pontoppidan, 1763) yra nardantys jūros paukščiai, mintantys žuvimi. Narai peri arktyje, o žiemoti migruoja į piečiau esančius jūrinius vandenius. Viena tokių vietų yra Baltijos jūra su tinkamomis mitybinėmis sąlygomis, bet ir įvairiomis grėsmėmis jūros paukščiams. Informacija apie rudakaklių narų elgseną ir pasiskirstymą gali padėti ieškant priemonių rūšies apsaugai.

Vertinant paukščių pasiskirstymą pasitelkiami šiuolaikiniai metodai naudojant GPS/GSM siųstuvus, kurie nustatyto intervalu siunčia informaciją apie paukščio buvimo vietą t.y. koordinatas kartu su datos ir laiko duomenimis. Tai patikimas būdas norint gauti nuoseklius duomenis, kai informacija renkama visą parą. Šio darbo tikslas – išanalizuoti rudakaklių narų pasiskirstymą jūroje pagal atstumą iki kranto bei žvejybos baruose.

Metodai. Rudakakliai narai tyrimui buvo gaudomi 2021–2024 metų lapkričio-vasario mėnesiais, Baltijos jūroje ties Klaipėda–Palanga. Gaudymui buvo gauti leidimai iš Aplinkos apsaugos agentūros. Iš viso 27 paukščiai buvo sužymėti GPS/GSM siųstuvais su gylio davikliais, jų surinkti duomenys naudoti analizei. Duomenys apie paukščių buvimo vietas buvo analizuoti naudojant QGIS, MS Excel R ir programas. Duomenų normališkumas buvo patikrintas Kolmogorov-Smirnov testu, o statistinis reikšmingumas nustatytas Wilcoxon testu. Analizuoti tik taškai esantys Lietuvos teritorinėje jūroje.

Rezultatai ir jų aptarimas. Surinkti 25692 GPS taškai (18095 Lietuvos teritorinėje jūroje ir 7597 už jos ribų). Bendrai surinkti duomenys apima lapkričio-balandžio mėnesius, bet balandžio mėnesį Lietuvos teritorijoje GPS taškai neužregistruoti dėl prasidėjusios migracijos į šiaurę.

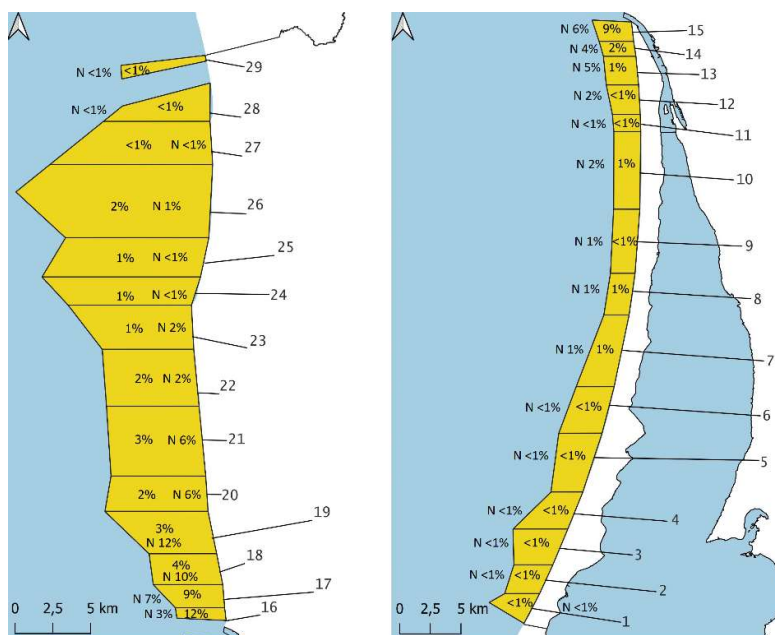
Naudojant GPS taškų duomenis buvo įvertinta, kokių atstumu iki kranto paukščiai laikosi pasiskirstę. Apskaičiuota, kad vidutinis atstumas iki kranto – 3 km, o didžiausias užfiksuotas – 35 km. Patinai nuo kranto buvo nutolę statistškai reikšmingai toliau nei patelės – 5 km ir 2 km. Lyginant jauniklių (3,7 km) ir suaugusių (2,9 km) paukščių vidutinį atstumą iki kranto taip pat nustatytas statistškai reikšmingas skirtumas – jaunikliai laikėsi toliau ($p < 0,05$). Įvertinus narų pasiskirstymą pagal atstumo iki kranto kategorijas, nustatyta, kad didžiąją dalį laiko narai praleidžia 0–5 km iki kranto ruože – čia užregistruota 85 % visų taškų (1 pav.).



1 pav. Narų pasiskirstymas pagal atstumo iki kranto kategorijas (km).

Įvertintas rudakaklių narų pasiskirstymas žvejybos baruose. Iš 18095 Lietuvos teritorinėje jūroje užregistruotų GPS taškų, 11670 patenka į žvejybos barų teritoriją (64 % visų taškų). Dieną viso užregistruoti 8579 GPS taškai iš kurių 56 % žvejybos barų teritorijoje. Daugiausia taškų registruota 16 (12 %), 15 ir 17 (9 %), 18 (4 %), 19 ir 21 (po 3 %) žvejybos baruose. Taškų dalis likusiuose baruose sudaro 16 %, o ne barų teritorijoje viso 44 % taškų. (2 pav.)

Naktį GPS taškų dalis žvejybos baruose didesnė nei dieną. Iš naktį užregistruotų 9516 taškų, 71 % patenka į žvejybos barų ribas. Gausiausiai užimami barai: 19 (12 %), 18 (10 %), 17 (7 %), 20, 21 ir 15 (po 6 %), 13 (5 %), 14 (4 %), 16 (3 %). Likusiuose baruose bendrai buvo 13 % visų taškų, o už barų ribų 28 % (2 pav.).



2 pav. Rudakalių narų pasiskirstymas žvejybos baruose dieną ir naktį (žymima N).

Sezono eigoje žvejybos baruose didžiausia dalis taškų užfiksuota gruodžio (75 %) ir vasario (66 %) mėnesiais, mažiausia sausį (41 %) ir lapkritį (49 %).

Išvados. Taikant telemetrinius tyrimų metodus GPS/GSM siųstuvais buvo surinkta informacija apie Lietuvos priekrantėje žiemojančių rudakalių narų pasiskirstymą. Surinkti ir išanalizuoti 18095 GPS taškai iš 27 narų padėjo nustatyti, kad didžioji dalis paukščių laikosi iki 5 kilometrų iki kranto atstumu. Daugiau nei pusė visų taškų (64 %) patenka į žvejybinių barų teritoriją. Dieną gausiausiai užimamas 15, 16 ir 17 žvejybos barai, o naktį 17, 18 ir 19 barai.

Padėka. Tyrimas atliktas pagal Aplinkos apsaugos agentūros projektą „Jūros ir vidaus vandenų aplinkos būklės tyrimų ir vertinimų įsigijimas“ Nr. 05.3.1-APVA-V-011-01-0011 ir Vokietijos aplinkos apsaugos agentūros finansuojamą projektą „UNCATCH“.

PLAZĖS EŽERO DIDŽIŲJŲ KORMORANŲ (*PHALACROCORAX CARBO*) KOLONIJOS MITYBOS YPATUMAI: ATRYTA ŽUVIS, OTOLITAI ATRAJOSE BEI KITI RADINIAI

Valentinas Lepeška, Liliana Izotova, Julius Morkūnas, Airida Janavičiūtė, Rasa Morkūnė

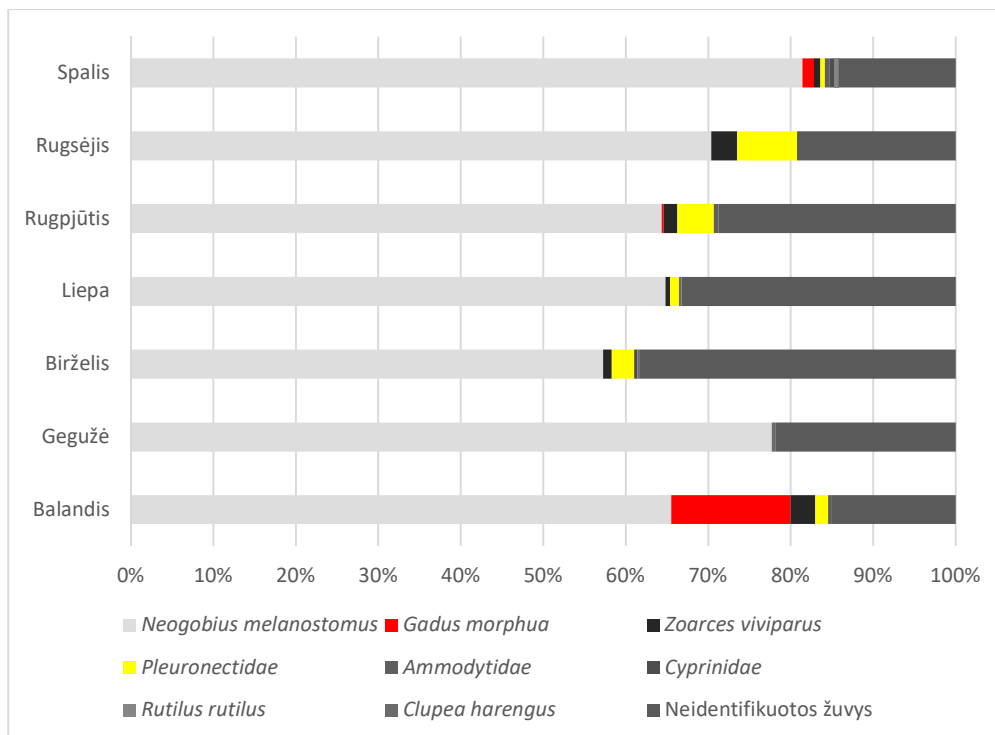
Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas, Klaipėda
valentinas.lepeska@ku.lt

Įvadas. Didieji kormoranai (*Phalacrocorax carbo*) vis dar laikomi daug diskusijų Europoje ir pasaulyje keliančiais paukščiais. XX a. pabaigoje kormoranų populiacijos augimas Europoje sukėlė daug konfliktų, dažniausiai su žuvininkystės ūkiais ir žvejais, kurie teigia, kad kormoranai išnaikina žuvų išteklius, sukelia jiems nuostolių. Panašaus pobūdžio diskusijos ir konfliktai iki šiol egzistuoja ir Lietuvoje (Knyva ir Rumbutis, 2018).

Didieji kormoranai yra efektyvūs plėšrūnai ir jų grobiu tampa įvairių rūšių ir dydžių žuvis. Būdamas plėšrūnu oportunistu, kormoranas minta dažniausiai aptinkamomis žuvų rūšimis (Pūtys, 2012). Kormoranų mitybos tyrimai gali suteikti svarbios ir aktualios informacijos apie žuvų rūšinę įvairovę jų mitybos teritorijoje, taip pat analizuojant kormoranų atrajas galima nustatyti, kuo mito jų grobis. Tyrimo tikslas – nustatyti Plazės ežero didžiųjų kormoranų kolonijos mitybos objektų įvairovę ir mitybos sezoninę kaitą.

Metodai. Didžiųjų kormoranų mitybos tyrimai buvo atliekami 2024 metų balandžio – spalio mėnesiais Plazės ežero kolonijoje, kuri patenka į Plazės gamtinio rezervato teritoriją Pajūrio regioniniame parke. Kolonijoje buvo renkamos nepilnai suvirškintos žuvis, matuojamas jų ilgis, nustatoma rūšis. Taip pat buvo renkamos atrajos, kurios buvo analizuojamos Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų instituto laboratorijoje. Analizuojant atrajas buvo renkami ir užrašomi jose rasti organizmai (moliuskai, kirmėlės, vėžiagyviai ir t.t.) bei į atskirus mėgintuvėlius sudedami žuvų otolitai tolimesnei analizei. Analizuojant otolitus buvo nustatoma žuvų rūšis, jeigu įmanoma amžius.

Rezultatai ir jų aptarimas. Išanalizavus 138 atrajas, buvo aptikti 3253 otolitai, iš jų identifikuota 2618. Nustatyta, kad daugiau nei 91 % visų identifikuotų otolitų priklausė juodažiočiui grundalui (*Neogobius melanostomus*). Tai pat buvo aptikti kitų žuvų otolitai: gyvavedės vėgėlės (*Zoarces viviparus*), atlantinės menkės (*Gadus morhua*), strimelės (*Clupea harengus*), kuojos (*Rutilus rutilus*), karpinių (*Cyprinidae*), plekšninių (*Pleuronectidae*) bei tobinių (*Ammodytidae*) šeimos žuvų.



1 pav. 2024 metų balandžio – spalio mėnesių didžiųjų kormoranų mitybos objektų įvairovė.

Buvo nustatyta, kad mitybos objektų įvairovė ir skaičius gali skirtis pagal mėnesius. Pavyzdžiui, atlantinės menkės otolitai buvo rasti 14 iš 20 balandžio mėnesį rinktų atrajų, tačiau bendrame žuvų skaičiuje ši rūšis sudarė nežymią dalį. Kitais mėnesiais menkė beveik arba visiškai nepasitaikydavo.

Absoliuti dauguma nepilnai suvirškintų žuvų, kurios buvo rastos kolonijoje, buvo juodažiočiai grundalai, taip pat rastos gyvavedės vėgėlės, perpelės (*Alosa fallax*), ešerys (*Perca fluviatilis*), žiobris (*Vimba vimba*), trispyglė dyglė (*Gasterosteus aculeatus*), kuoja (*Rutilus rutilus*) karosas (*Carassius* sp.).

Atsižvelgiant į aptiktų žuvų rūšinę įvairovę ir jų skaičių, galima teigti, kad absoliuti dauguma Plazės ežero kolonijos kormoranų grobio paieškai ir medžiojimui pasirenka Baltijos jūrą, o ne gėlus vandens telkinius, palyginus su Juodkrantės kolonijoje darytais tyrimais (Rakauskas et al., 2013).

Svarbu atkreipti dėmesį į tai, kad šis tyrimas buvo vykdomas balandžio-spalio mėnesiais. Nėra žinoma kuo minta didieji kormoranai žiemos periodu, nes šiuo laikotarpiu kolonijoje beveik nebėra paukščių, todėl neįmanoma surinkti tyrimo medžiagos. Sekančiuose tyrimuose vertėtų pabandyti surinkti medžiagą ir lapkričio – kovo mėnesiais, taip pat atlikti patekusių į priegaudą žvejybiniuose tinkluose kormoranų skrandžio turinio analizę, tačiau gautų duomenų kiekio gali neužtekti tikslesnei analizei.

Analizuojant antrinio suvartojimo organizmus, rastus atrajose, buvo aptiktos kirmėlės, moliuskai ir vėžiagyviai, priklausantys įvairioms šeimoms ir rūšims.

1 lentelė. Antrinių organizmų skaičius ir aptikimo dažnumas atrajose

Organizmas	Mažiausias individų skaičius	Aptikimo dažnumas, %
<i>Amphibalanus improvisus</i>	112	81,2
<i>Crangon crangon</i>	1	0,72
<i>Idothea balthica</i>	2	1,5
<i>Rhithropanopeus harrisi</i>	7	5,1
Krevetės	10	7,2
Vėžiagyviai	4	2,9
<i>Mytilus edulis</i>	117	84,8
<i>Macoma balthica</i>	54	39,1
<i>Mya arenaria</i>	9	6,5
<i>Cerastoderma glaucum</i>	2	1,5
<i>Dreissena polymorpha</i>	2	1,5
<i>Hydrobia</i> sp.	2	1,5
Dvigeldžiai moliuskai	2	1,5
<i>Hediste diversicolor</i>	32	23,2
Nematoda	8	5,8

Nustatyta, kad dažniausi organizmai rasti atrajose buvo *Amphibalanus improvisus* ir *Mytilus edulis*. Žinant, kad juodažiotis grundalas sudaro didžiąją dalį kormoranų mitybos objektų, taip pat remiantis ankstesniais tyrimais (Skabeikis et al. 2015) galima teigti, kad būtent šie organizmai dominuoja grundalų mityboje. Įdomu tai, kad net 7 atrajose buvo aptiktas dumblinis krabas (*Rhithropanopeus harrisi*), kuris nebuvo atrastas ankščiau atliktose studijose. Galima daryti prielaidą, kad juodažiočiai grundalai maitinasi šia rūšimi.

Išvados. Atlikus otolitų analizę ir nepilnai suvirškintų žuvų identifikavimą nustatyta, kad invazinis juodažiotis grundalas (*Neogobius melanostomus*) sudaro didžiąją Plazės kolonijos kormoranų mitybos dalį. Kitos žuvų rūšis sudarė nežymią dalį kormoranų racione. Analizuojant atrajas dažniausiai pasitaikantys organizmai buvo *Mytilus edulis* ir *Amphibalanus improvisus*. Taip pat aptiktas dumblinis krabas (*Rhithropanopeus harrisi*), kurio aptikimas ankstesniuose tyrimuose nebuvo fiksuotas.

Padėka. Finansavimą šiam tyrimui skyrė Lietuvos mokslo taryba (LMTLT), sutarties Nr. S-MIP-24-87.

Literatūra

- Knyva, V.; Rumbutis, S. Didžiųjų Kormoranų Populiacijos Gausos Reguliavimo Programos Priemonių Įgyvendinimas 2018 Metais. [Implementation of the Measures of the Programme for the Control of the Abundance of the Great Cormorant Population in 2018.] Report.
- Pūtys Ž. 2012. Great Cormorant *Phalacrocorax carbo sinensis* diet and its effect on the fish populations and their community in the eutrophic Curonian Lagoon ecosystem. Doctoral dissertation, Vilnius University, Vilnius, Lithuania.
- Rakauskas V., Pūtys Ž., Dainys J. et al. 2013. Increasing population of the invader round goby, *Neogobius melanostomus* (Actinopterygii: Perciformes: Gobiidae), and its trophic role in the Curonian Lagoon, SE Baltic Sea. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 43(2): 95–108.
- 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.

DUMBLIAGRYBIAI – ŽUVŲ SAPROLEGNIOZIŲ SUKĖLĖJAI KURŠIŲ MARIOSE

Svetlana Markovskaja¹, Aurelija Žuolytė²

¹Valstybinis mokslinių tyrimų institutas Gamtos tyrimų centras, Vilnius; ²Vilniaus universiteto Gyvybės mokslų centras, Vilnius

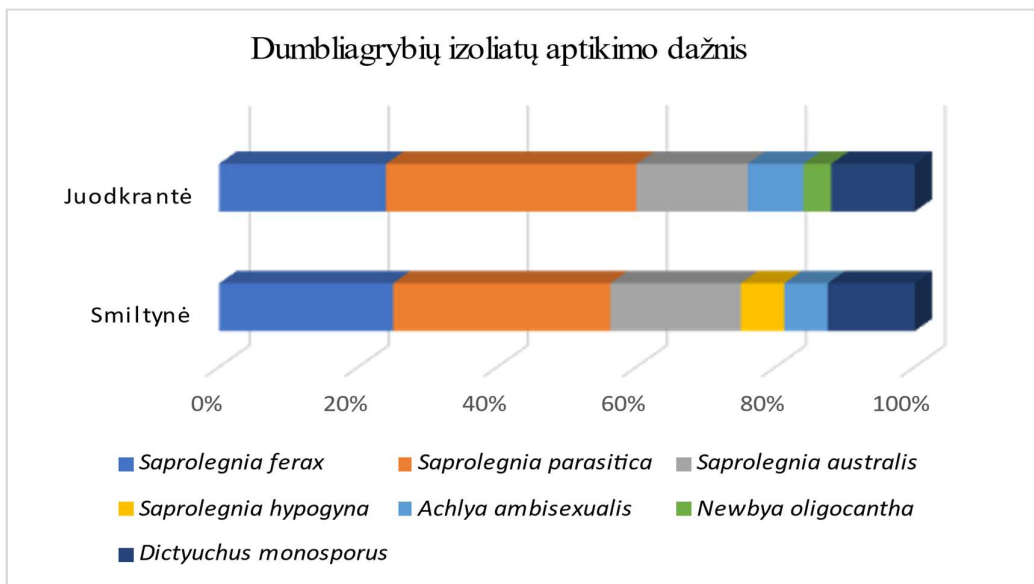
svetlana.markovskaja@gamtc.lt

Įvadas. Dumblia grybiai – tai gėlavandeniai į grybus panašūs stramenopilai, žinomi kaip oomicetai arba vandens pelėsiai. Šie organizmai yra plačiai paplitę žuvų ūkių tvenkiniuose, ežeruose, upėse ir kituose gėlo bei silpnai sūraus vandens telkiniuose. Kuršių marios yra didelis natūralus vandens telkinys, kuris nuo seno garsėja kaip žuvingiausias Europoje. Tai sekli ir beveik gėla lagūna, į kurią kasmet Nemunas ir kitos upės atplukdo beveik keturis kartus daugiau gėlo vandens nei pačių marių tūris ir tuose vandenyse gyvena apie 50 įvairių žuvų rūšių (12 rūšių jūrinių, 11 rūšių praeivių, neršti plaukiančių į upes ir 27 rūšys gėlavandenių). Pastaraisiais metais padidėjo Atlanto lašišų, karšių, žiobrių populiacijos, bet didėja ir eutrofikacija bei vandens tarša, įskaitant patogenų pagausėjimą. Kuršių marių vandenyse dumblia grybiams gyventi yra geros sąlygos, nes yra daug negyvos organikos bei žuvų. Dauguma dumblia grybių priklauso Saprolegniales eilei (Oomycota, Stramenopila (Beakes et al., 2012)) ir paprastai gyvena kaip saprotrofai ardydami augalų liekanas, tačiau kai kurios rūšys gali užkrėsti įvairias žuvis, vėžiagyvius, varliagyvius bei kitus vandens organizmus ir sukelti jų ligas (Willoughby, 1994). Įvairios oomikotų rūšys, pavyzdžiui, *Aphanomyces*, *Achlya*, *Newbya* ir *Pythium* genčių, gali būti patogeniškos žuvisms arba vėžiams (Dubey et al., 2018; Tedesco et al., 2021; Khangembam et al., 2023). Tačiau svarbiausi ir dažniausiai aptinkami gėluose vandenyse žuvų patogenai, sukeliantys ligą, vadinamą saprolegnioze, priklauso *Saprolegnia* genčiai (Willoughby, 1994; Van Den Berg et al., 2013). Norint teisingai identifikuoti šiuos organizmus, ypač patogeninių rūšių kompleksus, reikia detaliai ištirti atskirų rūšių morfogenetinį kintamumą ir morfologinį identifikavimą patvirtinti molekuliniiais metodais (Dieguez-Urbeondo et al., 2007). Šio darbo tikslas buvo išaiškinti kokios patogeninės ir potencialiai patogeninės žuvisms dumblia grybių (*Oomycota*) rūšys yra paplitusios Kuršių mariose.

Medžiaga ir metodai. Vandens mėginiai surinkti 2023–2024 m. pavasarį ir rudenį iš įvairių Kuršių marių litoralinės zonos vietų nuo Smiltynės iki Juodkrantės. *Saprolegnia* ir kitų dumblia grybių aptikimui ir izoliavimui laboratorijoje buvo naudojamas masalo metodas (Seymour, 1970). Morfologinis identifikavimas buvo atliekamas mikroskopiškai išanalizavus skirtingas šių organizmų gyvenimo stadijas (nelytinių ir lytinių organų morfogenezę) auginant grynąsias dumblia grybių kultūras. Morfologiniai tyrimai ir mikrostruktūrų nuotraukos buvo padarytos su Nikon ECLIPSE Ci-S mikroskopu, naudojant DS-Ri2 skaitmeninį fotoaparata (Nikon, Tokijas, Japonija) su NIS-Elements vaizdavimo programine įranga v. 4.20. Tiksliam identifikavimui patvirtinti buvo naudojami molekuliniai metodai – izoliuotų oomikotų rDNR ITS regiono sekų analizė. DNR buvo išskirta ir išgryninta tiesiogiai iš kiekvienos kultūros hifų pagal DNR išskyrimo rinkinio (Platinum™ Direct PCR Universal Master Mix, ThermoFisher Scientific Baltics, Lietuva) protokolus. ITS regiono genų amplifikacija buvo atlikta panaudojus polimerazės grandininę reakciją (PGR), naudojant oomicetams specifinį ITS1oo ir universalų grybams ITS4 pradmenis (White et al., 1990; Riit et al., 2016). Gautam rDNR ITS regiono sekų palyginimui ir analizei su NCBI duomenų bazės sekomis buvo naudojama BLAST programa. Identifikacija remiasi 98–100 % rušies panašumu į patikimas sekas GenBank duomenų bazėje. Naudojami kriterijai: sekos padengimas >80 % ir panašumas į taksoną (genties 80–97 %, rušies 98–100 %).

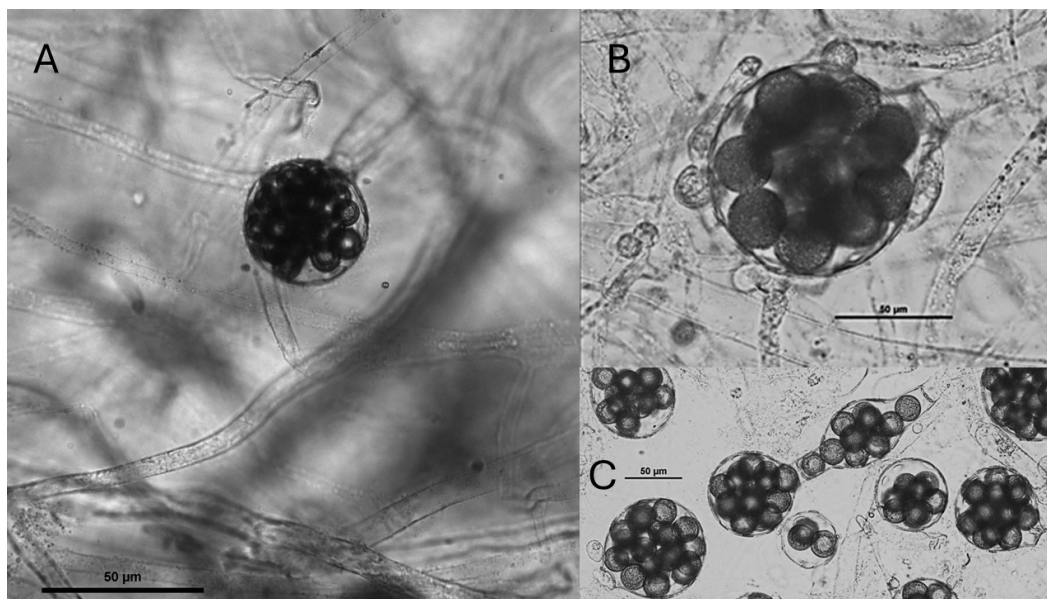
Rezultatai. Tyrimų metu buvo išskirta apie 30 oomikotų izoliatų ir nustatytos *Saprolegnia*, *Achlya*, *Dictyuchus* ir *Newbya* genčių rušys. Dauguma izoliatų buvo priskirti *Saprolegnia ferax*, *S. parasitica*, *S. australis* ir *Achlya ambisexualis* rūšims (1 pav.). Dugno nuosėdose *Achlya ambisexualis*, *Dictyuchus monosporus*, *S. australis* ir *S. ferax* buvo aptinkami kaip saprotrofai ant augalų liekanų. Kelios rūšys, *Saprolegnia parasitica*, *S. australis* ir *S. ferax* yra taip pat žinomi kaip potencialūs žuvų patogenai, gebantys sukelti ligą saprolegniozę, tačiau jei žuvų imunitetas stiprus ir nėra stresinių veiksnių aplinkoje – ligos sukėlėjai gali būti nepavojingi ir gyventi kaip saprotrofai.

Kuršių marių *Saprolegnia* genties oomikotų izoliatams būdingas didelis morfologinis variabilumas ir genetinis kintamumas. Kuršių marių *S. parasitica* izoliatų ITS regiono sekų panašumas svyravo nuo 99,86 iki 100% su patikrintų *S. parasitica* izoliatų AM228725 iš Genų Banko (Dieguez-Urbeondo et al., 2007). *S. ferax* parodė 99,86–100 % panašumą su atitinkamais patikimais izoliatais iš Genų Banko AM228845 (Dieguez-Urbeondo et al., 2007) ir su KF717883 (Sandoval-Sierra et al., 2014). Mūsų *S. australis* izoliatų panašumas su izoliatu AM228827 iš Genų Banko (Dieguez-Urbeondo et al., 2007) buvo 99,43–99,86 %.



1 pav. Dumbliagybių (*Saprolegniales*) įvairovė Smiltynės ir Juodkrantės litoralinėje zonoje.

Tarp žuvų saprolegniozių sukėlėjų, Kuršių marių litoralinėje zonoje dominuoja morfologiškai labai panašios rūšys: *S. parasitica*, *S. ferax* ir *S. australis* (2 pav.). *S. australis* pavyko identifikuoti, tik padarius molekulinis tyrimus. Lytinės stadijos subrendusios oosporos turi storą apvaskalą, kuris padeda išlaikyti gyvybingumą per ilgesnį laikotarpį, kai vandens temperatūra labai pakyla vasarą arba nukrenta žiemą.



2 pav. Iš Kuršių marių vandens mėginių išskirti dumbliagybiai, galimi žuvų saprolegniozių sukėlėjai: A) *Saprolegnia australis* lytinė stadija (oogonės su oosporomis); B) *Saprolegnia parasitica*; C) *Saprolegnia ferax*.

Dar vienas žinomas žuvų patogenas *Saprolegnia. diclina* šio tyrimo metu Kuršių mariose nebuvo rastas. Kuršių mariose aptiktas *Saprolegnia hypogyna*, *Achlya ambisexualis* and *Newbya oligocantha* galima priskirti prie potencialiai patogeninių žuvims rūšių.

Rezultatų aptarimas. Patogeniniai ir potencialiai patogeniniai dumbliagybiai, dažniausiai *Saprolegnia* spp., gali infekuoti embrionines ir suaugusių žuvų stadijas ir infekcija pasireiškia kaip sparčiai augantis į vatą panašus apnašas. Ankstesnis tyrimas Lietuvos žuvininkistės ūkiuose parodė, kad Vakarų regiono tvenkiniuose yra paplitę *S. parasitica*, *S. diclina*, *S. ferax*, *Pythium pectinolyticum* ir *P. flevoense*, o Rytų regiono – *S. parasitica*, *S. diclina*, *S. australis*, *S. ferax*, *S. anisospora*, *Achlya ambisexualis* ir *Newbya oligocantha* (Markovskaja et al., 2024). Norvegijoje Atlanto lašišos (*Salmo salar*) ikrus dažniausiai infekuoja *S. diclina* ir *S. parasitica*, o suaugusias žuvis – *S. ferax* ir *S. hypogyna* (Thoen et al., 2015). Lietuvoje *S. ferax* ir *S. parasitica*

yra labiau paplitę ir infekuoja žuvis visose vystymosi stadijose, bet *S. diclina* yra retesnė ir, kaip kitose šalyse, dažniau susijusi su embrioninėmis stadijomis (Sandoval-Sierra, 2014). Užsikrėtus žuvų ikrams, *S. parasitica* hifai apauga chorioną, paprastai jo nepažeisdami, o užsikrėtus *S. diclina*, chorionas gali būti visiškai pažeistas arba sunaikintas (Thoen ir kt., 2011; Songe et al., 2016). Infekuodami suaugusias žuvis, *S. parasitica* ir *S. ferax* dažniausiai pradeda augti ant sužeistų audinių, pelekų ir žiaunų. *Saprolegnia* patogenai gali sukelti osmoreguliacijos sutrikimus, letargiją, kvėpavimo sutrikimus, pusiausvyros praradimą ir galiausiai žuvų mirtį (Willoughby, 1994; Van West, 2006). Stiprūs ligos protrūkiai gali neigiamai paveikti laukinių žuvų populiacijas, sukeldami jų epizootijas, o žuvų ūkiuose gali sąlygoti didelius nuostolius, ypač lašišinių žuvų akvakultūroje (Johansen et al., 2011; Elameen et al., 2021). Daugybė stresinių veiksnių (temperatūros svyravimai, didelis žuvų tankumas ir prasta vandens kokybė) gali prisidėti prie saprolegniozės ar kitų mikotinių, bakterinių ir virusinių infekcinių ligų plitimo (Matthews, 2019; Tedesco et al., 2022). Žiemą ir pavasarį vandens temperatūros svyravimai gali sukelti žuvų terminį stresą, kuris neigiamai veikia žuvų imunitetą ir padidina jautrumą *Saprolegnia* infekcijai. Patogeninių *Saprolegnia* genties rūšių sukeltas masinis žuvų gaišimas paprastai stebimas žiemos mėnesiais, todėl jis dar yra vadinamas „žiemos gaišimo sindromu“ (Bly et al., 1992; Willoughby, 1994). Saprolegniozės infekciją dažnai lemia ne vienas, o kelių veiksnių derinys. Dumблиagrybių sukeltos infekcijos paprastai būna išorinės, tačiau dažnai kartu su jomis užsikrečiama patogeninėmis bakterijomis arba kitais parazitais. Iš kitos pusės, saprolegniozė gali būti ir kaip antrinė infekcija. Lietuvoje jau buvo nustatyta keletas saprolegniozės ligos protrūkių atvirose žuvų tvenkiniuose su lašišomis, šlakiais ir vaivorykštiniais upėtakiais (Markovskaja et al., 2024), tačiau duomenų apie šių patogenų paplitimą laukinėje gamtoje, natūraliuose vandens telkiniuose labai mažai.

Išvados. Gauti duomenys rodo, kad Kuršių marių vandenyje yra nemažai patogeninių ir potencialiai patogeninių žuvims dumблиagrybių, kurie gali būti žuvų gaišimo priežastimi, ypač žiemą arba pavasarį. Sezoniniai vandens mikrobiotos tyrimai, nuolatinė vandens kokybės kontrolė, ankstyvas ir tikslus patogeninių bei potencialiai patogeninių žuvims oomikotų nustatymas vandens aplinkoje gali padėti sukurti efektyvius saprolegniozės prevencijos bei kontrolės metodus.

Literatūra

- Beakes, G. W., Clocking, S., & Sekimoto, S. (2012). The evolutionary phylogeny of oomycete “fungi”. *Protoplasma*, 249(1), 3-19. <https://doi.org/10.1007/s00709-011-0269-2>.
- Bly, J. E., Lawson, L. A., Dale, D. J., Szalai, A. J., Durborow, R. M., & Clem, L.W. (1992). Winter saprolegniosis in channel catfish. *Diseases of Aquatic Organisms*, 13, 155-164.
- Dieguez-Urbeondo, J., Fregeneda-Grandes, J. M., Cerenius, L., PerezIniasta, E., Aller-Gancedo, J. M., Telleria, M. T., Soderhall, K., & Martin, M. P. (2007). Re-evaluation of the enigmatic species complex *Saprolegnia diclina*-*Saprolegnia parasitica* based on morphological, physiological and molecular data. *Fungal Genetics and Biology*, 44(7), 585-601. <https://doi.org/10.1016/j.fgb.2007.02.010>
- Dubey, M. K., Zehra A., Meena M., & Upadhyay, R.S. (2018). Taxonomic note on a rare fish infecting freshwater mould *Achlya ambisexualis* Raper 1939 (Achlyaceae) isolated from Chandraprabha dam, Uttar Pradesh, India. *Indian Journal of Fisheries*, 65(1): 71-78. <https://doi.org/10.21077/ijf.2018.65.1.68489-12>
- Elameen, A., Stueland, S., Kristensen, R., Fristad, R. F., Vrålstad, T., & Skaar, I. (2021). Genetic analyses of *Saprolegnia* strains isolated from salmonid fish of different geographic origin document the connection between pathogenicity and molecular diversity. *Journal of Fungi*, 7(9), 713. doi.org/10.3390/jof7090713
- Johansen, L. H., Jensen, I., Mikkelsen, H., Bjørn, P.A., Jansen, P.A., & Bergh, Ø. (2011). Disease interaction and pathogens exchange between wild and farmed fish populations with special reference to Norway. *Aquaculture*, 315, 167-186. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.02.014>.
- Khangembam, V. C., Thakuria D., Pant, V., Tandel, R. S., Vishwakarma, B. K. Pandey, N., Pande, A., & Pandey, P. K. (2023). First report of *Achlya bisexualis* infection in captive-reared Endangered golden mahseer *Tor putitora*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 153:59-68. <https://doi.org/10.3354/dao03720>
- Markovskaja, S., Iršėnaitė, R., Kačergius, A., Sauliūtė, G., & Stankevičiūtė, M. (2024). Diversity of fungus-like stramenopilous organisms (Oomycota) in Lithuanian freshwater aquaculture: Morphological and molecular analysis, risk to fish health. *Journal of fish diseases*. 47(3), no. e13903, p. 1-11. <https://doi.org/10.1111/jfd.13903>.
- Matthews, E. (2019). Environmental factors impacting *Saprolegnia* infections in wild fish stocks. A thesis submitted to Cardiff University for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in the School of Biosciences. 2019, 138p.
- Riit, T., Tedersoo, L., Drenkhan, R., Runno-Paurson, E., Kokko, H., & Anslan, S. (2016). Oomycete-specific ITS primers for identification and metabarcoding. *MycKeys*, 14, 17–30. <https://doi.org/10.3897/mycokeys.14.9244>
- Sandoval-Sierra, J. V., Latif-Eugenin, F., Martín, M. P., Zaror, L., & Diéguez-Urbeondo, J. (2014). *Saprolegnia* species affecting the salmonid aquaculture in Chile and their associations with fish developmental stage. *Aquaculture*, 434, 462–469. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.09.005>
- Seymour, R. L. (1970). The genus *Saprolegnia*, *Nova Hedwigia* 19, 1-124.

- Songe, M. M., Willems, A., Wiik-Nielsen, J., Thoen, E., Evensen, O., van West, P., & Skaar, I. (2016). *Saprolegnia diclina* IIIA and *S. parasitica* employ different infection strategies when colonizing eggs of Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal of Fish Diseases*, 39(3), 343-352. <https://doi.org/10.1111/jfd.12368>
- Tedesco, P., Saraiva, M., Sandoval-Sierra, J. V., Fioravanti, M. L., Morandi, B., Dieguez-Urbeondo, J., van West, P., & Galuppi, R. (2021). Evaluation of potential transfer of the pathogen *Saprolegnia parasitica* between farmed salmonids and wild fish. *Pathogens*, 10(8), 926. <https://doi.org/10.3390/pathogens10080926>.
- Tedesco, P., Saraiva, M., Sandoval-Sierra, J. V., Alves, M. T., Galuppi, R., Dieguez-Urbeondo, J., van West, P., Cook, A., Posen, P., Oidtmann, B., & Fioravanti, M. (2022). Impact of abiotic factors and husbandry on saprolegniosis in salmonid farms. *Aquaculture*, 561, 738679.
- Thoen, E., Evensen, O. & Skaar, I. (2011). Pathogenicity of *Saprolegnia* spp. to Atlantic salmon, *Salmo salar* L., eggs. *Journal of Fish Diseases*, 34(8), 601-608. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2011.01273.x>
- Thoen, E., Vrålstad, T., Rolén, E., Kristensen, R., Evensen, Ø, & Skaar, I. (2015). *Saprolegnia* species in Norwegian salmon hatcheries: field survey identifies *S. diclina* sub-clade IIIB as the dominating taxon. *Diseases of Aquatic Organisms*, 114(3), 189-198. <https://doi.org/10.3354/dao02863>
- Van Den Berg, A. H., McLaggan, D., Diéguez-Urbeondo, J., & Van West, P. (2013). The impact of the water moulds *Saprolegnia diclina* and *Saprolegnia parasitica* on natural ecosystems and the aquaculture industry. *Fungal Biology Reviews*, 27(2), 33-42. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2013.05.001>
- Van West, P. (2006). *Saprolegnia parasitica*, an oomycete pathogen with a fishy appetite: new challenges for an old problem. *Mycologist*, 20(3), 99-104. doi.org/10.1016/j.mycol.2006.06.004
- White, T. J., Bruns, T., Lee, S., & Taylor, J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: Innis, M.A., Gelfand, D.H., Sninsky, J.J., White, T.J. (Eds.), *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications*, 18(1), 315-322. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-372180-8.50042-1>
- Willoughby, L.G. (1994). *Fungi and fish diseases*, Pisces Press, 57 pp.

NAFTĄ AR JOS PRODUKTUS SKAIDANČIŲ MIKROORGANIZMŲ IŠ BALTIJOS JŪROS IR KURŠIŲ MARIŲ PAGAUSINIMAS IR IZOLIAVIMAS

Nojus Mukauskas, Rafael Picazo Espinosa, Tatjana Paulauskienė, Jolita Petkuvienė, Jochen Uebe,
Marija Kataržytė

Klaipėdos universitetas, Klaipėda
nojus.mukauskas@gmail.com

Įvadas. Nafta yra viena svarbiausių šiuolaikinės ekonomikos varomųjų jėgų, tačiau jos gavyba, transportavimas ir naudojimas neretai sukelia neigiamų pasekmių gamtai bei ekosistemos. Nors pastaraisiais dešimtmečiais į natūralias ekosistemas patenkančių naftos produktų kiekis sumažėjo, tai vis dar išlieka itin aktualia problema. Vien Europoje 2023 metais Europos jūros saugumo agentūra (EMSA) užfiksavo daugiau nei 7500 naftos išsiliejimo atvejų, o pasauliniu mastu oficialiais duomenimis kasmet į aplinką patenka apie 10 tūkstančių tonų naftos (ITOPF, 2024). Patekusi į natūralias ekosistemas, nafta neigiamai jas veikia keliais pagrindiniais būdais: suformuojama nepralaidi plėvelė, kuri stabdo deguonies patekimą į vandenį; naftoje yra toksiškų organizmams medžiagų, tokių kaip policikliniai aromatiniai angliavandeniliai (PAH) ar sunkieji metalai; nafta gali prilipti prie paukščių plunksnų, gyvūnų kailio ar žuvų žiaunų, trikdydama gebėjimą plaukti, maitintis ar kvėpuoti; taip pat naftos likučiai gali užteršti dugno nuosėdas ir dešimtmečius daryti poveikį vietiniams mitybos tinklams (Honda ir Suzuki, 2020; Adesina ir Adelasoye, 2014). Siekdamas sumažinti laivininkystės bei kitų taršos šaltinių daromą žalą aplinkai Europos Parlamentas kelia vis didesnius reikalavimus laivybos praktikai, aplinkosaugai ir atliekų tvarkymui. Judėjimas tvarios ateities link užtikrinamas ne tik teisės aktais, tačiau ir augančiomis investicijomis į bioremediaciją ar taršos prevenciją. Pavyzdžiui, iki 2025 metų Švarūs vandenynai (angl. Clean Oceans) iniciatyvai, kuria siekiama sumažinti plastiko bei kitų teršalų patekimą į vandenyną, buvo skirta 4 mlrd. eurų finansinės paramos. ES taip pat siekia sukurti mėlynąją ekonomiką, paremtą naujais tvariais ir inovatyviais produktais ar procesais, taip siekiant padidinti švarių vandens ekosistemų generuojamą pridėtinę vertę. Šios iniciatyvos, kartu su griežtesniais reglamentais ir tvariais technologiniais sprendimais, yra esminis žingsnis, siekiant apsaugoti jūras bei vandenynus.

Nepaisant vandens ekosistemos keliamos žalos, vienos buveinės yra atsparesnės naftos produktų išsiliejimui lyginant su kitomis. Tai priklauso nuo fizinių parametrų, tokių kaip vandens temperatūra, vėjo greitis, srovių ir bangų stiprumas ar grunto tipas, tačiau taip pat vienas iš pagrindinių veiksnių yra ir buveinės mikroorganizmų bendrija (Beilig *et al.*, 2024). Priklausomai nuo šios bendrijos įvairovės ir gebėjimo efektyviai skaidyti naftos produktus, ekosistemos sukeliamą žalą gali reikšmingai skirtis. Didelė mikroorganizmų įvairovė užtikrina sinerginius ryšius, kai vienų mikroorganizmų biocheminių reakcijų produktai yra naudojami kitų mikroorganizmų, o visas degradacijos procesas vyksta daug efektyviau nei atskirai. Šių procesų supratimas suteikia vertingų žinių, siekiant juos pritaikyti biotechnologijoje. Naftos produktus skaidančių mikroorganizmų potencialas gali tapti pagrindu inovatyvioms technologijoms, kurios padėtų efektyviau kovoti su naftos išsiliejimų padariniais.

Šiame straipsnyje bus nagrinėjama, kaip skiriasi naftos produktus galinčių skaidyti mikroorganizmų bendrijų įvairovė priklausomai nuo nuosėdų paėmimo vietos. Bus aiškinamos galimos užterštumo bei mikrobiologinės įvairovės tarpusavio sąsajos. Taip pat bus vertinami morfologiniai izoliuotų mikroorganizmų požymiai, leidžiantys jiems efektyviau skaidyti naftos produktus.

Metodai. Tyrimui buvo pasirinktos trijų tipų nuosėdos – dvejų iš Kuršių marių (Smeltalės uostas ir ties Negyvąja kopa) ir vienerios iš Baltijos jūros (Palanga), nuosėdose išmatuotas angliavandenilių kiekis (C₁₀ – C₄₀) atitinkamai buvo 1300 ± 140 mg/kg, 1600 ± 170 mg/kg ir 190 ± 20 mg/kg. Iš Smeltalės uosto paimtose nuosėdose dominuoja dumblas, nustatytas organinių medžiagų kiekis – 9,97 %, nuosėdose ties Negyvąja kopa – smėlis, organinių medžiagų kiekis – 16,46 %, o nuosėdose iš Palangos – smėlis, organinių medžiagų kiekis – 0,13 %.

Mikroorganizmams praturtinti buvo naudotos trijų tipų minimalios terpės Bushnell-Haas, M9 ir modifikuota Czapek-dox, kuriose vienintelis anglies šaltinis buvo naftos produktų angliavandeniliai: nafta, laivų dyzelinas ir tepamoji alyva (1% V/V). Buvo vykdomas dviejų etapų praturtinimas.

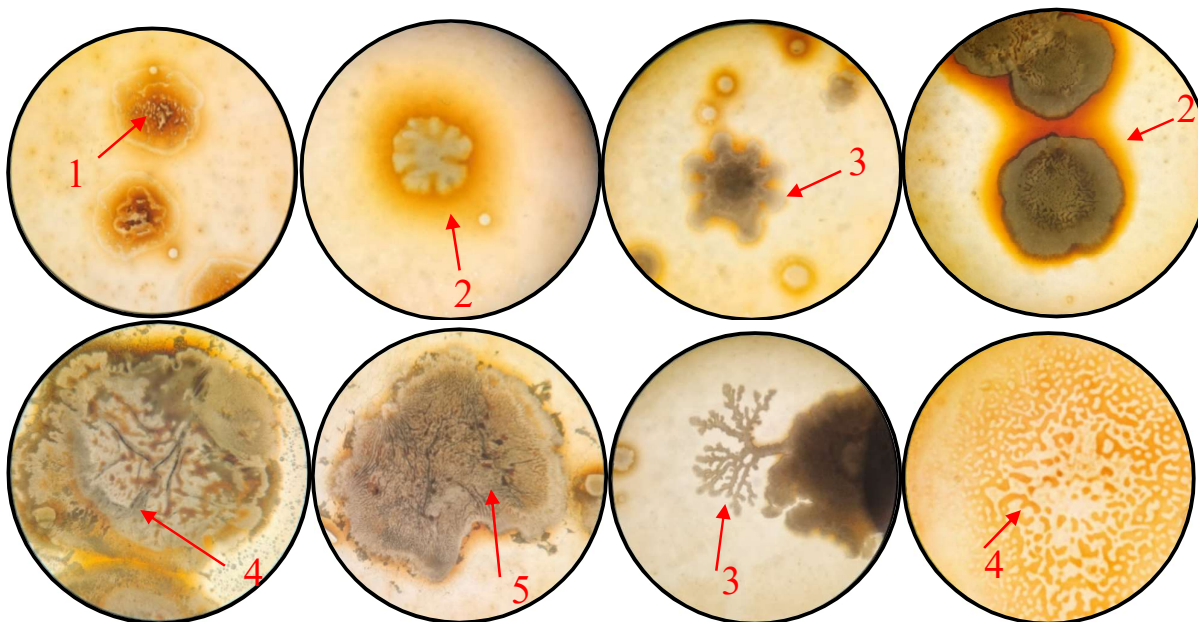
Mikroorganizmams izoliuoti praskiesti mėginiai buvo išsėjami ant agarizuotų minimalių terpių, o ant terpių viršaus buvo paskleidžiamas angliavandenilių sluoksnis. Mikroorganizmai buvo auginami ir, susiformavus aiškiems morfologiniams požymiams, morfologiškai besiskiriantis izoliatai buvo atrenkami ir izoliuojami. Buvo stebimas kolonijos dydis, storis, spalva, išaugų formavimas, angliavandenilių kiekis kolonijos viduje ar išorėje ir, ar suformuojama hidrolizės zona aplink koloniją.

Rezultatai. Tyrimo metu tarpusavyje buvo lyginama angliavandenilius skaidančių mikroorganizmų bendrųjų įvairovė po praturtinimo, priklausomai nuo praturtinimui naudotų nuosėdų (1 lentelė).

1 lentelė. Bendra unikalių angliavandenilius skaidančių mikroorganizmų įvairovė po nuosėdų praturtinimo

	Nafta	Dyzelinas	Alyva	Viso
Palanga	10	9	6	25
Smeltalė	20	5	6	31
Ties Negyvąja kopa	22	13	11	46
Iš viso	52	27	23	102

Iš viso buvo izoliuoti 102 unikalūs mikroorganizmai. Daugiausiai jų izoliuota iš nuosėdų, paimtų ties Negyvąja Kopa, mažiausiai – iš nuosėdų paimtų Palangoje. Didžiausia dalis – apie 51 % – izoliuotų mikroorganizmų galėjo skaidyti naftą, apie 26 % – laivų dyzeliną ir apie 23 % – tepamąją alyvą. Izoliuoti mikroorganizmai pasižymėjo įvairiais morfologiniais požymiais būdingais angliavandenilius skaidantiems mikroorganizmams, šie požymiai matomi 1 paveikslėlyje.



1 pav. Po praturtinimo izoliuotų mikroorganizmų kolonijų morfologija. Skaičiai žymi skirtingus morfologinius požymius, būdingus angliavandenilius skaidantiems mikroorganizmams: 1 – angliavandenilių kaupimasis kolonijos viduje; 2 – kolonijos išorėje; 3 – kolonijinės ataugos; 4 – membranų ir pūslelių tinklas; 5 – tamsus pigmentas.

Iš 1 paveikslė pateiktų vaizdų galima aiškiai matyti, kad angliavandenilius skaidančių mikroorganizmų kolonijoms būdingi unikalūs morfologiniai požymiai, leidžiantys jiems efektyviau atlikti šių medžiagų skaidymą.

Rezultatų aptarimas. Tyrimo metu nustatyta, kad Baltijos jūros ir Kuršių marių nuosėdose esančių mikroorganizmų, galinčių skaidyti naftos produktų angliavandenilius, įvairovė skiriasi priklausomai nuo nuosėdų paėmimo vietos. Didžiausia izoliuotų mikroorganizmų dalis buvo nustatyta ties Negyvosios kopomis, o mažiausia – Palangoje, taip parodoma tiesioginė sąsaja tarp mikroorganizmų įvairovės ir užterštumo naftos produktais. Panašios tendencijos pastebėtos ir kituose tyrimuose (Corral-Garcia *et al.*, 2024), kur buvo stebima koreliacija tarp užterštumo policikliniais aromatiniais angliavandeniliais ir bakterijų įvairovės.

Daugiau nei pusė izoliuotų mikroorganizmų gebėjo skaidyti naftą – daugiau nei jūrinį dyzeliną ir tepamąją alyvą kartu sudėjus. Tai galima paaiškinti šių medžiagų chemine sudėtimi: nes naftą sudaro junginiai, kuriuose anglies atomų skaičius svyruoja nuo C_2 iki C_{55} , dyzelino – C_7 – C_{24} , o alyvos – C_{13} – C_{50} . Dėl platesnio angliavandenilių spektro nafta gali būti lengviau skaidoma įvairių mikroorganizmų, nes joje esantys junginiai apima tiek lengvesnes, greičiau metabolizuojamas frakcijas, tiek sudėtingesnes molekules, kurias skaidyti gali tik specializuoti mikroorganizmai. Tuo tarpu dyzelinas ir tepamoji alyva sudaryti iš siauresnio anglies grandinių ilgių intervalo, todėl gali būti skaidomi tik mažesnės mikroorganizmų grupės.

Tik nedidelė dalis mikroorganizmų geba skaidyti angliavandenilius ir skaidymo produktus naudoti savo augimui. Tam reikalingi specializuoti fermentai, o neretai šis procesas taip pat priklauso ir nuo visos mikroorganizmų bendrijos (Das ir Chandran, 2010). Kai kurios mikroorganizmų rūšys angliavandenilius geba skaidyti ir vienos, tačiau šis procesas dažnai reikalauja ne tik atskirų ląstelių prisitaikymo, tačiau ir koordinuoto visos bendrijos metabolizmo. Šį prisitaikymą nesunku pamatyti ir izoliuotų kolonijų morfologijoje (1 pav.). Vienas iš aiškiausių morfologinių požymių – tai ant terpės suformuojamas membraninis bei pūslelių tinklas. Šie požymiai angliavandenilius skaidančių mikroorganizmų tyrimuose buvo pastebėti jau anksčiau: pavyzdžiui, bakterija *Rhodococcus erythropolis* taip padidina membranose esančių fermentų ir hidrofobiškų angliavandenilių sąlyčio plotą (Thi Mo *et. al.*, 2022). Angliavandenilius skaidantys mikroorganizmai, siekdami pritraukti hidrofobiškas medžiagas, taip pat aktyviai sintetina paviršinio aktyvumo medžiagas (PAM). Šios medžiagos emulsifuoja angliavandenilius, taip padarydamos juos labiau biologiškai prieinamus mikroorganizmams (Xu *et. al.*, 2018). PAM sintezė lemia naftos produktų susikaupimą aplink mikroorganizmų kolonijas (1 pav.). Nors tyrimų, aiškinančių sąsają tarp tamsių mikroorganizmų pigmentų ir angliavandenilių degradacijos, nėra, galima daryti prielaidą, jog mikroorganizmai šiuos pigmentus sintetina dėl jų antioksidacinių bei kitų apsauginių savybių. Pavyzdžiui, vienas iš populiariausių mikroorganizmų pigmentų – melaninas, saugo mikroorganizmus nuo šviesinių pažaidų, sunkiųjų metalų ar laisvųjų radikalų (Tsouko *et. al.*, 2023).

Išvados. Tyrimo metu pagausinta didesnė mikroorganizmų įvairovė iš dumblo nuosėdų, kuriose buvo daugiau organinės medžiagos ir didesnė tarša naftos produktais. Daugiau nei pusė izoliuotų mikroorganizmų pasižymėjo gebėjimu skaidyti naftą, t.y. ženkliai daugiau nei laivų dyzeliną ar tepamąją alyvą, tai gali būti siejama su didesne angliavandenių (?) substrato įvairove naftoje.

Izoliuotos angliavandenilius skaidančių mikroorganizmų kolonijos pasižymėjo unikaliais morfologiniais požymiais, tokiais kaip angliavandenilių kaupimasis apie koloniją, tamsus pigmentas, membranų ir pūslelių tinklas bei kolonijinės ataugos. Šie požymiai gali būti siejami su didesniu mikroorganizmų angliavandenilių skaidymo efektyvumu.

Finansavimo šaltiniai. Tyrimai vykdyti įgyvendinant Europos inovacijų tarybos finansuojamą projektą „InnoAerogel: Sustainable sorbent for aquatic oil spills clean-up“ (projekto Nr. 101188620) bei remiami ESPERSEN Foundation lėšomis.

Literatūra

- Adesina, G. O., & Adelasoye, K. A. (2014). Effect of crude oil pollution on heavy metal contents, microbial population in soil, and maize and cowpea growth. *Agricultural Sciences*, 5(1), Article 1. <https://doi.org/10.4236/as.2014.51004>
- Beilig, S., Pannekens, M., Voskuhl, L., & Meckenstock, R. U. (2024). Assessing anaerobic microbial degradation rates of crude light oil with reverse stable isotope labelling and community analysis. *Frontiers in Microbiomes*, 3. <https://doi.org/10.3389/frmbi.2024.1324967>
- Corral-García, L. S., Molina, M. C., Bautista, L. F., Simarro, R., Espinosa, C. I., Gorines-Cordero, G., & González-Benítez, N. (2024). Bacterial Diversity in Old Hydrocarbon Polluted Sediments of Ecuadorian Amazon River Basins. *Toxics*, 12(2), 119. <https://doi.org/10.3390/toxics12020119>
- Das, N., & Chandran, P. (2010). Microbial Degradation of Petroleum Hydrocarbon Contaminants: An Overview. *Biotechnology Research International*, 2011, 941810. <https://doi.org/10.4061/2011/941810>
- Honda, M., & Suzuki, N. (2020). Toxicities of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons for Aquatic Animals. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(4), 1363. <https://doi.org/10.3390/ijerph17041363>
- Thi Mo, L., Irina, P., Natalia, S., Irina, N., Lenar, A., Andrey, F., Ekaterina, A., Sergey, A., & Olga, P. (2022). Hydrocarbons Biodegradation by *Rhodococcus*: Assimilation of Hexadecane in Different Aggregate States. *Microorganisms*, 10(8), 1594. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10081594>
- Tsouko, E., Tolia, E., & Sarris, D. (2023). Microbial Melanin: Renewable Feedstock and Emerging Applications in Food-Related Systems. *Sustainability*, 15(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/su15097516>
- Xu, X., Liu, W., Tian, S., Wang, W., Qi, Q., Jiang, P., Gao, X., Li, F., Li, H., & Yu, H. (2018). Petroleum Hydrocarbon-Degrading Bacteria for the Remediation of Oil Pollution Under Aerobic Conditions: A Perspective Analysis. *Frontiers in Microbiology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02885>

FEKALINĖ TARŠA IR JOS ŠALTINIAI PLATELIŲ EŽERO IR ŠVENTOSIOS PAPLŪDIMIŲ MAUDYKLOSE

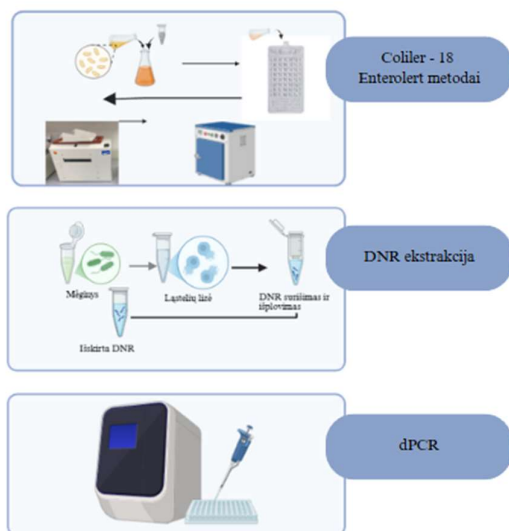
Martyna Pareigytė, Marija Kataržytė, Greta Kalvaitienė, Jonas Gintauskas, Martynas Bučas, Diana Vaičiūtė

Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas, Klaipėda
martyna.pareigyte@ku.lt

Ivadas. Vasaros laikotarpiu didžioji dalis Lietuvos žmonių renkasi poilsiauti prie vandens telkinių. Tačiau kylant aplinkos temperatūrai, auga ne tik poilsiautojų skaičius, bet ir tikimybė susirgti viduriavimo, kvėpavimo takų, akių ir ausų infekcijomis, odos bėrimais ar karščiavimu dėl mikrobiologinės vandens taršos. Užterštumą vandens telkiniuose dažniausia sukelia nuotėkis iš žemės ūkio, neveikiančių valymo įrenginių ar tiesioginio nuotėkio į vandenį (Jeon et al., 2020). Su fekalinė tarša į vandens ekosistemas patenka virusai ir patogeninės bakterijos kaip norovirus, rotavirus, adenovirus, *Cryptosporidium* spp., *Campylobacter jejuni*, *Salmonella enterica*, *Escherichia coli* O157:7 (Soller et al., 2010). Siekiant laiku pastebėti taršą ir informuoti poilsiautojus yra vykdomas maudyklų monitoringas, kurio metu tiriamos – *Escherichia coli* ir *Intestinal Enterococcus* (Direktyva/2006/7/EC), kurios rodo bendrą fekalinės taršos lygį vandens telkiniuose, tačiau nesuteikia informacijos apie fekalinės taršos šaltinius.

Daugelis stebimų maudyklų yra sudėtingos sistemos, į kurias patenka tiek pasklidoji, tiek taškinė tarša iš įvairių šaltinių. Teikiant kasmetinę maudyklų kokybės ataskaitą reikalaujama įtraukti ir įvertinti galimus taršos šaltinius, ir vietas (Direktyva/2006/7/EC). Taikant molekulinis metodus galima nustatyti fekalinės taršos šaltinius vandenyje pagal šeimininkams būdingus mikroorganizmų genetinius žymenis (Raya et al., 2024). Daug dėmesio sulaukė *Bacteroidales* bakterijos dėl jų mažo augimo potencialo aplinkoje ir didelės koncentracijos žmonių ir gyvūnų išmatose. Nustatyti žmogaus kilmės fekalinę taršą, dažnai naudojamas HF183 žymuo, kuris aptinkamas hipervariaciniame geno regione ir kurio sekos skiriasi tarp bakterijų rūšių, dėl ko laikoma, kad šis žymuo yra tinkamas taršos šaltinių nustatymui (Haugland et al., 2010). Žinant taršos šaltinius galima užkirsti kelią tiesioginiam taršos išleidimui į ekosistemą. Šio tyrimo tikslas buvo nustatyti ir įvertinti fekalinę taršą maudyklose, kuriose stebima epizodinė tarša, tačiau nėra žinomas jos šaltinis, bei nustatyti, ar ši tarša yra žmogaus kilmės.

Metodai. Tyrimui mėginiai surinkti 2024 metų gegužės–rugsėjo mėnesiais Šventosios paplūdimio (pajūryje) ir Platelių ežero maudyklose bei į juos įtekančiuose upeliuose (n = 135). Abi šios vietos vasaros laikotarpiu patiria didelę antropogeninę apkrovą ir taršą.



1 pav. Mėginio apdorojimo laboratorijoje schema. Paveikslėlis sukurtas naudojantis <https://BioRender.com>.

Mėginiai buvo imami vieno metro gylyje, 30 cm žemiau vandens paviršiaus steriliais 200 ml Nalgene buteliukais (trys pakartojimai), po to šaltai vežami į laboratoriją ir apdorojami per 4 valandas. *Escherichia coli* ir *Enterococcus* auginimas ir skaičiavimas iš vandens mėginių buvo atliekamas taikant Colilert ir Enterolert

metodus ir perskaičiuojami į labiausiai tikėtiną skaičių (LTS) tūrio vienetą (1 pav.). Naudojant mikrobiologinę filtravimo sistemą, buvo nufiltruota po 100 ml mėginio ir filtrai sušaldyti kol atliekama DNR ekstrakcija (su DNeasy PowerWater rinkiniu). Siekiant nustatyti, ar fekalinės taršos šaltinis yra žmogus, buvo taikyta skaitmeninė polimerazės grandininė reakcija (dPCR), naudojant žmogui specifinį žymenį HF183 TaqMan Assay (Green et al., 2014).

Rezultatai. Šventosios paplūdimio maudykloje didžiausia *Enterococcus* spp. koncentracija buvo nustatyta liepos 16 dieną – $138,00 \pm 5,66$ LTS 100 ml⁻¹ ir viršijo ribinę vertę. Platelių ežero maudykloje „Linelis“ didžiausia *Esherichia coli* koncentracija nustatyta rugpjūčio 15 dieną – *E. coli* koncentracija siekė 2419,6 LTS 100 ml⁻¹. *Enterococcus* spp. ir *Esherichia coli* kiekiai Juodupio upelyje ties nuotėkų išleistuvu buvo > 24196 LTS 100 ml⁻¹. Žmogaus fekalinės taršos markeris nustatytas 81,6 % tirtų mėginių, tačiau tik 17,9 % mėginių jo koncentracija buvo didesnė nei 100 genų kopijų 100 ml⁻¹. Didžiausias kiekis šio markerio taip pat buvo rastas Juodupio upelyje ties nuotėkų išleistuvu liepos 10 dieną ir buvo >42282,5 genų kopijų 100 ml⁻¹.

Palyginus indikatorinių bakterijų ir markerio HF183 kiekius buvo nustatyta statistškai reikšminga koreliacija ir vidutinio stiprumo ryšys tarp *E. coli* ($p < 0,05$, $r_s = 0,5$) ir genetinio markerio, bei *Enterococcus* spp. ir genetinio markerio ($p < 0,05$, $r_s = 0,6$) Platelių ežero tyrimo taškuose. Tačiau statistškai reikšmingos koreliacijos ir ryšio Šventosios tyrimo taškuose tarp genetinio markerio HF183 ir *E. coli* ($p > 0,05$, $r_s = 0,03$) ar *Enterococcus* spp. ($p > 0,05$, $r_s = 0,06$) nenustatyta.

Rezultatų aptarimas. Tyrimo laikotarpiu nustatyta fekalinei taršai įtakos galėjo turėti padidėjęs poilsiautojų kiekis, taip pat buvo nustatytas tiesioginis nuotėkų išleidimas į Juodupio upelį, kuris įteka į Platelių ežerą arti Linelio maudyklos. Nors Šventosios paplūdimio ir Platelių ežero maudyklos patiria didelį antropogeninį spaudimą, ribinės vertės buvo viršytos tik vieną kartą kiekvienoje maudykloje. Upeliai įtekančys į vandens telkinius tokius kaip ežerai ar jūros gali keisti fizikines, chemines ar net biologines vandens sąlygas. Taip pat jų grunte gali kauptis mikroorganizmai ir organinės medžiagos (Whitman et al., 2006). Taršos šaltinių nustatymui naudotas genetinis žymuo HF183, reikšmingai koreliuoja su *E. coli* ir *Enterococcus* Platelių ežero tyrimo taškuose, kur stebimas jo patekimas su nuotekomis. Tuo tarpu Šventosios tyrimų taškuose, nors kai kuriais atvejais ir stebėti didesni fekalinės taršos kiekiai, tačiau tikėtina, kad dominuojantis taršos šaltinis yra ne žmogus. Ankstesni tyrimai parodė šioje vietoje dalis fekalinės taršos yra susiję su galvijais (Kalvaitienė et al., 2025), tačiau norint identifikuoti kitus šaltinius reikėtų taikyti kitus genetinius markerius ar metodus.

Išvados. Visose tirtose maudyklose buvo nustatyta fekalinė tarša. Platelių ežere buvo nustatyta, kad didžiąją dalį fekalinės taršos sukėlė tiesioginis buitinių nuotėkų išleidimas, tačiau Šventosios maudykloje didžioji dalis fekalinės taršos nebuvo susijusi su buitinėmis nuotekomis.

Padėka. Tyrimui mėginiai buvo surinkti įgyvendinant Europos kosmoso agentūros (ESA) finansuojamą projektą „Palydoviniais duomenimis pagrįsta paslauga maudyklų vandens kokybės stebėsenai“ („EO4Swim“, sutarties Nr. 4000142905/23/NL/MH/rp), mėginių analizė laboratorijoje atlikta Lietuvos mokslo tarybos (LMT) finansuojamo ir Lietuvos Respublikos švietimo, mokslo ir sporto ministerijos remiamo projekto „Ekscelencijos centro kūrimas“ (sutarties Nr. S-A-UEI-23-9) lėšomis.

Literatūra

- Green, H. C., Haugland, R. A., Varma, M., & Borchardt, M. A. (2014). Evaluation of human-associated PCR assays for microbial source tracking. *Water Research*, 51, 312–320. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.12.060>
- Haugland, R. A., Varma, M., Sivaganesan, M., Kelty, C., Peed, L., & Shanks, O. C. (2010). Evaluation of genetic markers from the 16S rRNA gene V2 region for use in quantitative detection of selected Bacteroidales species and human fecal waste by qPCR. *Systematic and Applied Microbiology*, 33(6), 348–357. <https://doi.org/10.1016/j.syapm.2010.06.001>
- Jeon, D. J., Pachepsky, Y., Coppock, C., Harriger, M. D., Zhu, R., & Wells, E. (2020). Temporal stability of *E. coli* and *Enterococci* concentrations in a Pennsylvania creek. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(4), 4021–4031. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07030-9>
- Kalvaitienė, G., Picazo Espinosa, R., Vaičiūtė, D., & Kataržytė, M. (2024). Diverse sources of fecal contamination in macroalgae wrack-affected environment adjacent to river outflow along the Baltic Sea coast. *Environmental Pollution*, 357, 124429. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.124429>
- Raya, S., Malla, B., Thakali, O., Angga, M. S., Segawa, T., Sherchand, J. B., & Haramoto, E. (2024). Validation and application of high-throughput quantitative PCR for the simultaneous detection of microbial source tracking markers in environmental water. *Science of the Total Environment*, 940, 173604. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173604>

- Soller, J. A., Bartrand, T., Ashbolt, N. J., Ravenscroft, J., & Wade, T. J. (2010). Estimating the primary etiologic agents in recreational freshwaters impacted by human sources of faecal contamination. *Water Research*, 44(16), 4736–4747. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.07.064>
- Whitman, R. L., Nevers, M. B., & Byappanahalli, M. N. (2006). Examination of the watershed-wide distribution of *Escherichia coli* along southern Lake Michigan: An integrated approach. *Applied and Environmental Microbiology*, 72(11), 7301–7310. <https://doi.org/10.1128/AEM.00454-06>

FITOPLANKTONO TYRIMŲ METODŲ PALYGINIMAS: AUTOMATIZUOTA VAIZDŲ ATPAŽINIMO SISTEMA (FLOWCAM) VS. MIKROSKOPIJA

Renata Pilkaitytė

Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas, Klaipėda

Renata.Pilkaityte@ku.lt

Ivadas. Fitoplanktono identifikavimas yra svarbus ekosistemų būklės vertinimui, klimato pokyčių, vandens kokybės ir biologinės įvairovės stebėjimui. Tradiciškai fitoplanktono rūšių analizavimui yra naudojamas mikroskopas. Šiuolaikiniai skaitmeniniai mikroskopai suteikia labai aukštą vaizdo rezoliuciją, leidžiančią matyti smulkias detales, kurios gali būti sunkiai užfiksuojamos automatizuotose sistemose. Tačiau, naudojant mikroskopiją, mėginių analizė užtrunka, jų peržiūrima santykinai mažiau, mėginiai yra fiksuojami, o fiksiatorius keičia ne tik ląstelės spalvą, bet gali pakeisti ir pačios ląstelės / organizmo morfologinius parametrus. Automatizuoti prietaisai, toks kaip pavyzdžiui FlowCam, apjungiantis srauto citometro, fotoaparato ir mikroskopo galimybes, turi keletą pranašumų: analizę galima atlikti iš karto, reikia daug mažiau pačio ėminio ir laiko analizei; naudojant gyvą medžiagą, įmontuotas lazeris gali atskirti melsvabakteres nuo kitų dumblių, tokiu būdu išsauga galimybę turėti kokybiškus, greitus, didelės apimties duomenų masyvus. FlowCam programa atlieka daugiau nei 20 įvairių matavimų, iš kurių reikia pasirinkti tam tikrai rūšiai specifinius parametrus, kad vėliau naudotume kuo tikslesnius rezultatus (Owen, Hallett, Cosgrove, Tweedley ir Moheimani, 2022). Pavyzdžiui, FlowCam paskaičiuoja biotūrius – cilindrai, sferoidai ir sferai, skersmenis – ABD, ESD ir FD, ilgį ir geodezinį ilgį, plotį ir geodezinį plotį. Tam, kad vėliau būtų galima palyginti rezultatus, gautus taikant skirtingas technikas, buvo atliktas kai kurių, dažnai sutinkamų dumblių rūšių morfologinių parametrų palyginimas taikant automatizuotos vaizdų atpažinimo sistemos (FlowCam) ir invertuotos mikroskopijos (Utermöhllo metodo) technikas.

Metodai. Fitoplanktono analizės technikos palyginimui buvo naudoti tiek Baltijos jūroje, tiek Kuršių mariose rinkti mėginiai. Mėginiai buvo analizuoti automatizuotu prietaisu (FlowCam® Cyano, Yokogawa Fluid Imaging Technologies, JAV) ir invertuotu šviesiniu mikroskopu (Nikon Eclipse Ts2R). Naudojant FlowCam, mėginiai buvo analizuoti tą pačią ar kitą mėginių ėmimo dieną, nefiksuoti ir naudojant vaizdų atpažinimo tėkmės citometrijos lazerio sužadinimo funkciją. Mėginiai pirmiausia buvo filtruojami per 35 ar 100 µm akutės dydžio tinkliuką ir analizuojami naudojant atitinkamai 20x ar 10x objektyvą bei atitinkamai 50 µm (FV50) ar 100 µm (FV100) pločio srauto kamerą. Buvo ištirta kiekvieno mėginio po 1–2 ml. Vaizdo duomenų identifikavimas buvo atliekamas naudojant VisualSpreadsheet®6 programą (Yokogawa Fluid Imaging Technologies, JAV), o po to patvirtinta rankiniu būdu. Kiekvienos rūšies tirti parametrai buvo paimti iš programos VisualSpreadsheet®6 ir, reikalui esant, buvo pakoreguoti remiantis Olenina et al. (2006).

Analizavimui Utermöhllo metodu (invertuotu šviesiniu mikroskopu) mėginiai buvo fiksuoti rūgštiniu Liugolio jodo tirpalu, nusodinti, priklausomai nuo dumblių gausumo, 3 ml, 10 ml ar 25 ml sedimentacinėje kameroje ir po paros analizuoti naudojant mikroskopą. Dumblių morfologiniai parametrai (min 50 matavimų) – ląstelių ar kolonijų ilgis, plotis, buvo išmatuoti naudojant kameros programinę įrangą (Nis-Elements 5.01). Dumblių biomasė buvo paskaičiuota, remiantis HELCOM (2021) rekomendacijomis.

Morfologinių dumblių ląstelių / kolonijų parametrų palyginimui buvo pasirinkti skirtingų dumblių grupių ir geometrinių formų atstovai (1 lentelė).

1 lentelė. Dumblių atstovai, naudoti palyginimui, bei jų geometrinių formos

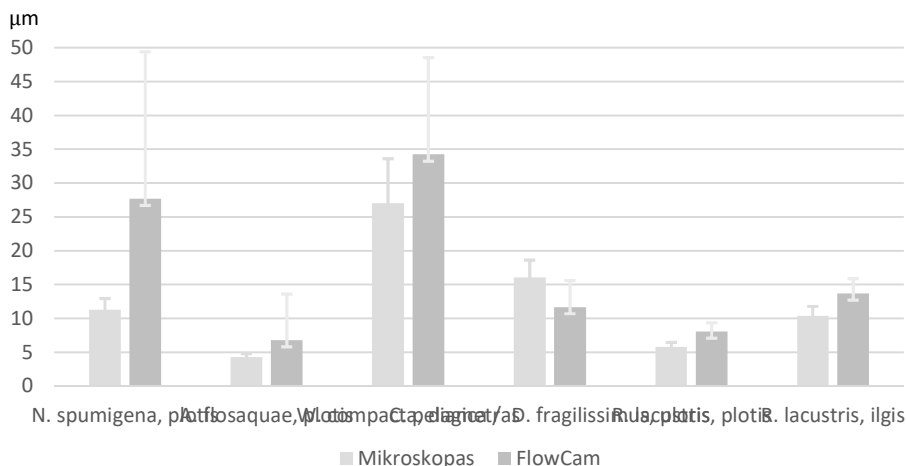
Skryius	Rūšis	Geometrinė forma	Buveinė
Cyanobacteria	<i>Nodularia spumigena</i>	Cilindras	Baltijos jūra
Cyanobacteria	<i>Aphanizomenon flosaquae</i>	Cilindras	Baltijos jūra
Cyanobacteria	<i>Woronichinia compacta</i>	Sfera	Baltijos jūra
Bacillariophyta	<i>Cerataulina pelagica</i> / <i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	Cilindras	Baltijos jūra
Bacillariophyta	<i>Asterionella formosa</i>	Stačiakampis	Kuršių marios
Cryptophyta	<i>Rhodomonas lacustris</i>	Kūgis + pusė rutulio	Baltijos jūra
Chlorophyta	<i>Scenedesmus</i> spp.	Stačiakampis	Kuršių marios

Skirtingais metodais buvo lyginti organizmų plotis ar (ir) ilgis, biomasė bei bendras gausumas. Dumblių gausumui FlowCam skaičiuoti buvo imta programos suskaičiuotų tam tikros rūšies / grupių nuotraukų skaičius. Siūlinių melsvabakterių, titnagdumblių ir žaliadumblių gausumas buvo perskaičiuotas imant jų geodezinį ilgį

(Geodesic Length) ir dalinant atitinkamai: melsvabakterėms iš 100 μm (kaip skaičiavimo vienetas, remiantis Helcom, 2021), o titnagdumbliams ir žaliadumbliams iš vidutinio tos rūšies dumblių ląstelės ilgio. Kolonijinių dumblių rūšių gausumas buvo prilygintas suskaičiuotų kolonijų skaičiui.

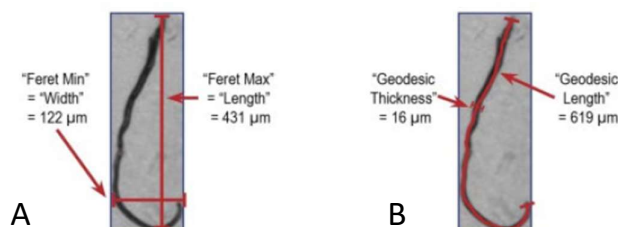
Rezultatai ir aptarimas. Lyginant mikroskopu išmatuotus ląstelių ar organizmų morfologinius parametrus ir FlowCam vaizdo duomenų atpažinimo programos apskaičiuotus morfologinius parametrus, buvo pastebėta, kad tiesiogiai galima lyginti tik bendrą mėginio biomasę arba paprastos formos vienaląsčius dumblius. Taip yra todėl, kad taikant mikroskopiją, matuojame atskirų ląstelių, sudarančių kolonijas, dydžius, tuo tarpu automatizuota vaizdų atpažinimo sistemos programa fiksuoja (fotografuoja, 2D) objektus ir matuoja visos kolonijos dydį. Ta pati problema yra, jeigu norime palyginti kolonijas, siūlus sudarančių organizmų gausumą. Remiantis visuotinai priimtomis dumblių analizavimo rekomendacijomis (HELCOM, 2021), skirtingų dumblių grupių kolonijos yra skaičiuojamos skirtingai. Pavyzdžiui, melsvabakterės, sudarančios siūlus, kaip 1 vienetas yra traktuojama 100 μm ilgio siūlas, titnagdumbliams ir žaliadumbliams yra skaičiuojamos siūlus sudarančių ląstelių skaičius. Tuo tarpu FlowCam vieną siūlą, nesvarbu melsvabakterė tai, žaliadumblis ar titnagdumblis, dažniausiai skaičiuoja kaip 1 vienetą, nesvarbu kokio ilgio ar kiek ląstelių sudaro. Todėl, norint palyginti gausumą, reikia pritaikyti tam tikras korekcijas ir perskaičiuoti. Dar sudėtingiau yra, jeigu siūlinės melsvabakterės sudaro agregatus ar jos yra susisukusios. Tokiais atvejais sudėtinga tiek mikroskopu analizuoti dumblių parametrus, tiek FlowCam įvertintus parametrus. Turbūt todėl FlowCam rezultatuose *N. spumigena* plotis atskirais atvejais buvo net 8–9 kartus didesnis nei yra iš tikrųjų (8–16 μm) ir 2,5 karto skyrėsi nuo išmatuotų mikroskopus.

Ankstesni mokslininkų (Hrycik, Shambaugh ir Stockwell, 2019) daryti tyrimai parodė, kad FlowCam išmatuoti fitoplanktono parametrai yra didesni nei išmatuotieji mikroskopu. Šio darbo metu gauti pirminiai rezultatai taip pat parodė, kad FlowCam prietaisu išmatuotos vidutinės reikšmės, tuo pačiu ir biomasė, dažnu atveju buvo didesnės nei išmatuotos mikroskopu (1 pav.). Tuo tarpu titnagdumblio *C. pelagica* / *D. fragilissimus* pločio vidurkis, išmatuotas FlowCam, buvo mažesnis, nei išmatuotas mikroskopu.



1 pav. Kai kurių dumblių, analizuotų mikroskopu ir FlowCam, morfologinių parametų palyginimas.

Norint kuo tiksliau įvertinti fotografuojamų organizmų parametrus, FlowCam VisualSpreadsheet®6 programa pateikia keletą matavimų ar skaičiavimų variantų. Pavyzdžiui, organizmo plotį ar ilgį įvertina arba naudojant Fereto arba Geodezinį metodą (2 pav.). Paprastai organizmų dydžiai, ypač netiesių siūlų, labiau atitinka geodezinių matavimų dydžius. Pastebėta, kad kriptofitinio dumblio *R. lacustris* (lašelio formos) ilgis, išmatuotas abiem prietaisais, skyrėsi nežymiai. Tuo tarpu pločio reikšmė, remiantis geodeziniu pločiu dažnu atveju sutapo su geodezinio ilgio reikšme, todėl palyginimui su mikroskopijos gautais duomenimis buvo paimtas paprastas plotis (Fereto).



2 pav. Fereto (A) ir Geodezinių (B) metodų skaičiavimo būdai (VisualSpreadsheet 6 User Guide Version A, 2023).

Išvada. Tyrimas parodė, kad naudojant FlowCam VisualSpreadsheet programą, kiekvienos rūšies morfologinių parametrų įvertinimui reikia atkreipti dėmesį į tos rūšies formos ypatybes ir pasirinkti tinkamus matavimo rodiklius, artimus kiekvienos rūšies geometrinei formai.

Literatūra

- Helcom (2021). Guidelines for monitoring of phytoplankton species composition, abundance and biomass (2021). <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2020/01/HELCOM-Guidelines-for-monitoring-of-phytoplankton-species-composition-abundance-and-biomass.pdf>
- Hrycik A.R., Shambaugh A., Stockwell J. D. (2019). Comparison of FlowCAM and microscope biovolume measurements for a diverse freshwater phytoplankton community. *Journal of Plankton Research.*, 41: 849-864.
- Olenina, I., Hajdu, S., Edler, L., Andersson, A., Wasmund, N., Busch, S., Göbel, J., Gromisz, S., Huseby, S., Huttunen, M., Jaanus, A., Kokkonen, P., Jurgensone, I., Niemkiewicz, E. (2006). Biovolumes and size-classes of phytoplankton in the Baltic Sea. *HELCOM Balt. Sea Environ. Proc.*106.
- Owen, B.M., Hallett, C.S., Cosgrove, J.J., Tweedley, J.R. and Moheimani, N.R. (2022). Reporting of methods for automated devices: A systematic review and recommendation for studies using FlowCam for phytoplankton. *Limnol Oceanogr Methods*, 20: 400-427. <https://doi.org/10.1002/lom3.10496>
- VisualSpreadsheet 6 User Guide Version A (2023). Yokogawa Fluid Imaging Technologies, Inc. Scarborough, Maine, USA.

STUDENTAI IR APLINKOSAUGA: ELCRA TYRIMAS ATSKLEIDŽIA STUDENTŲ POŽIŪRĮ IR NUOMONĘ APLINKOSAUGOS TVARUMO IR KOVOS SU KLIMATO KAITA KLAUSIMAIS

Giedrė Strakšienė, Dalia Jakulytė

Klaipėdos universitetas, Klaipėda
Giedre.Straksiene@ku.lt

Santrauka. Tarptautinis projektas ELCRA (Erasmus+ programa) analizavo aukštųjų mokyklų studentų aplinkosauginį raštingumą ir įsitraukimą į klimato kaitos problemas šešiose šalyse (Italijoje, Ispanijoje, Portugalijoje, Lenkijoje, Lietuvoje ir JAV). Kiekybiniame tyrime dalyvavo 792 studentai iš penkių Europos ir vieno JAV universitetų kartu su viešųjų organizacijų atstovais.

Tyrimas įvertino studentų tvarumo žinias, aplinkosaugos vertybines nuostatas ir ankstesnį aplinkai palankų elgesį. Rezultatai parodė, kad dauguma studentų turi vidutines žinias, tačiau stipriai vertina aplinkosaugą ir nuosaikiai dalyvauja gamtosauginėje veikloje. Nustatyta stipri koreliacija tarp aplinkosaugos vertybių ir ankstesnio aplinkai palankaus elgesio, o žinios turėjo silpnesnį ryšį su abiem. Tai leidžia teigti, kad asmeninės vertybės ir praktinė patirtis reikšmingiau veikia studentų aplinkosauginį požiūrį nei vien teorinės žinios.

Lyginant šalis, aukščiausias aplinkosauginio raštingumo lygis buvo nustatytas Lenkijos ir Portugalijos studentams, o žemiausias – Italijos ir Ispanijos. JAV studentai deklaravo didžiausią ankstesnį įsitraukimą į įprastas aktyvumo formas, o Ispanijos studentai – mažiausią. Taip pat nustatyta neigiama koreliacija tarp aplinkosauginio raštingumo ir tikėjimo klimato kaitos sąmokslu teorijomis, pabrėžiant švietimo svarbą kovojant su dezinformacija.

Tyrimo rezultatai pabrėžia, kad aukštosioms mokykloms, siekiant skatinti aktyvų studentų įsitraukimą į aplinkosaugą, svarbu ugdyti ne tik žinias, bet ir vertybes bei aplinkai palankų elgesį.

Šis tyrimas yra pirmasis ELCRA projekto etapas (vyksiančio iki 2025 m. spalio mėn.), kurio metu bus kuriama kompetencijų sistema, MOOC kursas, vykdoma mokymo veikla ir stiprinama universitetų bendruomenė aplinkosaugos klausimais.

MIKROPLASTIKO POLIMERINĖS SUDĖTIES ĮVAIROVĖ KOMUNALINIŲ NUOTEKŲ, KURŠIŲ MARIŲ IR BALTIJOS JŪROS MĖGINIUOSE

Viktorija Sabaliauskaitė, Arūnas Balčiūnas

Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas, Klaipėda

viktorija.sabaliauskaite@ku.lt

Ivadas. Per pastaruosius šešis dešimtmečius pasaulinė plastiko gamyba išaugo eksponentiškai – nuo 1,5 milijono iki 335 milijonų tonų per metus (Alimba ir Faggio, 2019). 2019 metais pasaulyje buvo pagaminta 457 milijonai tonų plastiko, o 2060 metais prognozuojama, kad šis skaičius patrigubės (Seewoo ir kt., 2024). Augantis sintetinių polimerų įvairovės spektras kaskart ženkliai prisideda prie komplikotos mikroplastiko (MP) taršos problemos, o žinių spragos apsunkina galimus MP mažinimo ir kiekių kontrolės sprendimus. Tyrimai rodo, kad dėl plastiko ilgaamžiškumo ir mažo perdirbimo lygio apie 79 % plastiko atliekų patenka į jūrinę aplinką, kur užteršiamos pakrantės, vandens stulpas ir dugno nuosėdos (Li ir kt., 2021). Tuo tarpu mokslinėje literatūroje vis daugiau dėmesio atkreipama į plastiko gamyboje naudojamas chemines medžiagas, kurios daugeliu atvejų yra pavojingos tiek aplinkai, tiek žmonių sveikatai (Seewoo ir kt., 2024).

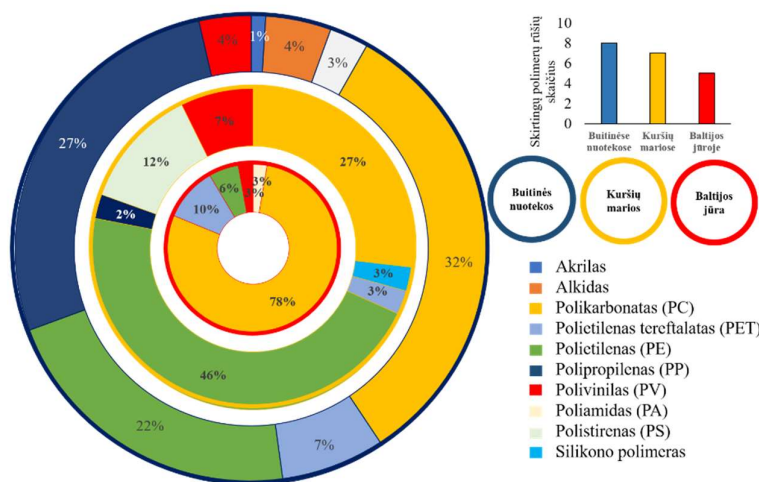
Nuotekų valymo įrenginiai atlieka svarbų vaidmenį sulaukiant MP, taip sumažindami jo patekimą į gamtinę aplinką (Alimba ir kt., 2019; Ren ir kt., 2020). Vis dėlto nuotekų valymo įrenginiai nėra specialiai pritaikyti mikroplastikų šalinimui, todėl, nors vos keli procentai, tačiau mikroplastikai patenka į atvirus vandens telkinius (Komorowska-Kaufman ir Marciniak, 2024). Baltijos jūroje intensyviausi tyrimai vykdyti 2014–2022 periodu, per kurį suskaičiuojama pasirodžius 116 publikacijų (Narloch ir kt., 2023). Didžioji dalis aprašytų tyrimų pateikia duomenis apie mikroplastiko kiekius, jų pasiskirstymą, vienkartinio plastiko ir pavojingų cheminių medžiagų poveikį bei jų reguliavimą. Tačiau plastiko polimerinė sudėtis dažnai lieka nuošalyje, kaip viena iš mažiausiai ištirtų mikroplastiko taršos sričių (Seewoo ir kt., 2024). Polimerinės sudėties duomenys pateikiami bendrai – apjungiant plaušus ir daleles kartu, kas gali iškreipti statistinį suvokimą apie polimerų paplitimą gamtoje. Tai ypač aktualu, nes plaušai sudaro dominuojančią MP dalį (70–90 %) (Alimba ir kt., 2019; Schernewski ir kt., 2020; Aigars ir kt., 2021; Mishra ir kt., 2023; Seewoo ir kt., 2024), sudaryti iš tokių polimerų, kaip polietileno tereftalato (PET), polietileno (PE), polistireno (PS), nailono (PA), poliesterio (PES) (Alimba ir kt., 2019; Aigars ir kt., 2021; Morgodo ir kt., 2021). Mikroplastiko dalelės sudaro apie 10–30 % visų randamų mikrošiukšlių (Alimba ir kt., 2019; Schernewski ir kt., 2020; Aigars ir kt., 2021; Mishra ir kt., 2023; Seewoo ir kt., 2024) dažniausiai susideda iš kitų polimerų, tokių kaip polivinilchloridas (PVC), aukšto tankio polietilenas (HDPE), polikarbonatas (PC) (Morgodo ir kt., 2021; Mishra ir kt., 2023), nors taip pat sutinkami polietilenas (PE), polistirenas (PS). Siekiant geriau suprasti ir aiškiai atskirti dominuojančių mikroplastiko dalelių sudėtį, šiam tyrimui iškeltas tikslas – apžvelgti dažniausiai aptinkamų MP dalelių polimerų sudėties įvairovę, identifikuotą skirtingose aplinkose – nuotekų valyklose, Kuršių mariose ir Baltijos jūroje – bei palyginti gautus rezultatus su analogiškais tyrimais, aprašytais literatūroje.

Tyrimų metodika. Lauko praktikos metu (2020–2022 periodu) buvo surinkti mėginiai ir Kuršių marių ir Baltijos jūros paviršinio vandens Lietuvos teritorijoje, taip pat komunalinių nuotekų valyklos (įtekančių ir ištekančių nuotekų). Laboratorijoje mėginiai buvo apdoroti organinių medžiagų šalinimo metodu, naudojant 30 % koncentracijos vandenilio peroksido tirpalą (Lavoy ir kt., 2021). Filtravimui naudotas metalinis sietas su 300 µm akies dydžiu. Išfiltruoti mėginiai analizuoti naudojant Nikon SMZ800N stereo mikroskopą su kamera ir OLYMPUS KL 15000 LCD apšvietimo sistema. Kiekvienas mikroplastiko (MP) fragmentas buvo fiksuojamas pagal spalvą, formą (plaušas arba dalelė) ir dydį (milimetrais). Polimerinei analizei MP dalelės, iš visų trijų skirtingų aplinkų: nuotekų valyklos (n = 50), Kuršių marių (n = 45) ir Baltijos jūros (n = 42), atrinktos atsitiktiniu būdu. Analizei naudotas Nicolet™ iS™ 5 FTIR spektrometras (1 pav.). Rezultatuose pateikiami tik tie polimerai, kurių identifikacijos tikslumas pagal turimą polimerų biblioteką, bei polimero atpažinimo rezultatas buvo ≥ 60 % (Cowger ir kt., 2020; Morgodo ir kt., 2021).



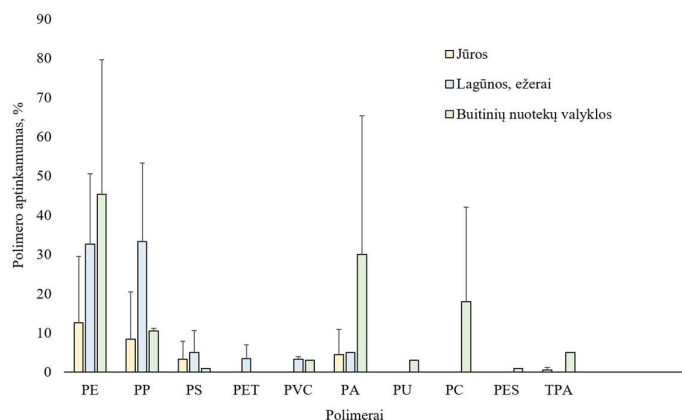
1 pav. Spektroskopas, naudotas analizei atlikti.

Rezultatai. Atlikus analizę identifikuota 11 skirtingų polimerų rūšių: akrilas (PMMA), alkidas (AR), nailonas (PA), polikarbonatas (PC), poliesteris (PES), polietilenas (PE) polietilenas tereftalatas (PET), polipropilenas (PP), polivinilas (PV), polistirenas (PS), silikono polimeras (PSi). Pastebėta, kad didžiausia polimerinė įvairovė aptikta vandens nuotekų valyklose, kur identifikuotos 8 skirtingų polimerų rūšys. Kuršių marių mėginiuose rastos 7, o Baltijos jūros – 5 skirtingų polimerų rūšys (2 pav.). Didžioji dalis polimerų kartojasi visose iš skirtingų aplinkų, tačiau yra ir unikalių, tik konkrečioje aplinkoje aptiktų polimerų. Didžiausią dalį rastų polimerų komunalinių nuotekų mėginiuose sudarė polipropilenas (PP, 27 %), polikarbonatas (PC, 32 %), polietilenas (PE, 22 %). Kuršių mariose pateiktų vyraujančių polimerų tipai polietilenas (PE, 46 %), polikarbonatas (PC, 27 %), polistirenas (PS, 12 %). Baltijos jūroje daugumą sudarė polikarbonatas (PC, 78%), poliesteris (PES, 10 %), polietilenas (PE, 6 %).



2 pav. Nustatytų polimerų pasiskirstymas nagrinėtuose mėginiuose.

Apžvelgus literatūroje rastus šaltinius, kuriuose nurodyti mikroplastiko dalelių polimeriniai tipai (nevertinant mikropilaušo), (Urasjėrvi ir kt., 2019; Zhang ir kt., 2019; Fiore ir kt., 2020; Aigars ir kt., 2021; Deimantovica ir kt., 2023; Kubra ir kt., 2024; Islam ir kt., 2024) pastebėta, kad visose aplinkose – buitinėse nuotekose, jūroje, ežeruose bei lagūnose, aptikimo dažnumas ir įvairovė kinta (pav. 3). Jūrinėje aplinkoje dažniausiai aptinkami polimerai polietilenas (PE) vidutiniškai sudarė $12,7 \pm 16,82$ %, polipropilenas (PP) $8,4 \pm 12,58$ %, polistirenas $3,3 \pm 4,58$ %, poliamidas (PA) $4,5 \pm 6,36$ %. Lagūnose ir ežeruose stebėtas aptinkamų polimerų įvairovės padidėjimas. Be anksčiau aptiktų polimerų tokių kaip polietilenas (PE), kurio aptikimas $32,7 \pm 17,90$ %, polipropilenas (PP) $33,3 \pm 20,01$ %, polistirenas (PS) $5 \pm 5,66$ %, taip pat aptinkami ir polietileno tereftalatas (PET) $3,5 \pm 3,54$ % ar potencialia aplinkai toksiškas polivinilo chloridas (PVC) $3,3 \pm 0,58$ %. Komunalinėse nuotekose rastų polimerų įvairovė didžiausia ($N = 10$): polietilenas (PE) $30,22 \pm 34,24$ %, polipropilenas (PP) $17,43 \pm 15,2$ %, polistirenas (PS) $3,11 \pm 1,6$ %, polietileno tereftalatas (PET) $3,50 \pm 2,1$ %, polivinilo chloridas (PVC) $3,17 \pm 0,3$ %, poliamidas (PA) $13,17 \pm 35,36$ %, poliuretanas (PU) $1,50 \pm 0,1$ %, polikarbonatas (PC) $9,58 \pm 24,1$ %, polietersulfonas (PES) $0,89 \pm 0,1$ %, tereftalatas (TPA) $2,50 \pm 0,2$ %.



3 pav. Polimerų santykinė įvairovė skirtingose aplinkose, pagal literatūroje aprašytus rezultatus.

Rezultatų aptarimas ir išvados. Remiantis atliktu spektroskopiniu tyrimu, kurio metu analizuoti skirtingų aplinkų – komunalinių nuotekų, Kuršių marių ir Baltijos jūros – mėginiai, nustatyta, kad dažniausiai aptinkami mikroplastiko polimerai buvo polikarbonatas (PC), polietilenas (PE) ir polipropilenas (PP). Palyginus su literatūroje (Hidalgo-Ruz ir kt., 2012; Haseler ir kt., 2020; Urban-Malinga ir kt., 2020; Aigars ir kt., 2021) pateikiamais rezultatais, kur dominuojantys mikroplastiko polimerai yra PE, PP ir PS, mūsų tyrime gauti duomenys neišsiskiria iš kitų regionų. Pabrėžtina, kad dažniausiai mikroplastikio tyrimuose yra randamas mikrop্লাуšas, ypač nagrinėjant $\geq 300 \mu$ dydžio frakciją, kuris ir nulemia tekstilės pramonėje sutinkamų polimerų dominavimą ir mažą polimerų įvairovę. Vis dėlto, tyrimai, kuriuose yra identifikuojama skirtingos formos mikrošiukšlės, o ypač dalelės, granulės ir t.t., aptinkamų skirtingų polimerų kiekis yra didesnis (Uurasjärvi ir kt., 2019; Zhang ir kt., 2019; Fiore ir kt., 2020; Aigars ir kt., 2021; Deimantovica ir kt., 2023; Kubra ir kt., 2024; Islam ir kt., 2024). Šiame tyrime nagrinėtos išskirtinai tik mikrodalelės, neįtraukinat mikrop্লাуšo, todėl gauti rezultatai – dažnas polikarbonato (PC) sutinkamumas ar polivinilo (PV) atkreipia dėmesį, kad mikrodalelės gali būti siejamos su tokių aplinkai toksiškų medžiagų kaip Bifenolis-A ar ftalatai patekimu į jūrinę aplinką.

Padėka. Darbas dalinai buvo atliktas bendradarbiaujant su Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijos Klaipėdos regiono aplinkos apsaugos departamento, jūrinių tyrimų grupe, renkant mėginius valstybinio monitoringo ekspedicijų metu, moksliniu laivu "Vėjūnas".

Literatūra

- Aigars, J., Barone, M., Suhareva, N., Putna-Nimane, I., & Dimante-Deimantovica, I. (2021). Occurrence and spatial distribution of microplastics in the surface waters of the Baltic Sea and the Gulf of Riga. *Marine Pollution Bulletin*, 172, 112860. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112860>
- Alimba CG, Faggio C (2019) Microplastics in the marine environment: current trends in environmental pollution and mechanisms of toxicological profile. *Environ Toxicol Pharmacol* 68:61–74. doi: 10.1016/j.etap.2019.03.001
- Cowger W., Gray A., Christiansen S. H., DeFrond H., Deshpande A. D., Hemabessiere L., Lee E., Mill L., Munno K., Ossmann B. E., Pittroff M., Rochman, C., Sarau G., Tarby S., & Primpke S. (2020). Critical review of processing and classification techniques for images and spectra in microplastic research. *Applied Spectroscopy*, 74(9), 989–1010. <https://doi.org/10.1177/0003702820929064>
- Cristaldi, A., Fiore, M., Zuccarello, P., Oliveri Conti, G., Grasso, A., Nicolosi, I., Copat, C., & Ferrante, M. (2020). Efficiency of wastewater treatment plants (WWTPs) for microplastic removal: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(21), 8014. <https://doi.org/10.3390/ijerph17218014>
- Dimante-Deimantovica, I., Bebrite, A., Skudra, M., Retike, I., Viška, M., Bikše, J., Barone, M., Prokopovica, A., Svipta, S., & Aigars, J. (2023). The baseline for micro- and mesoplastic pollution in open Baltic Sea and Gulf of Riga beach. *Frontiers in Marine Science*, 10, 1251068. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1251068>
- Haseler, M., Balciunas, A., Hauk, R., Sabaliauskaite, V., Chubarenko, I., Ershova, A., & Schernewski, G. (2020). Marine litter pollution in Baltic Sea beaches – Application of the sand rake method. *Frontiers in Environmental Science*, 8, 599978. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.599978>
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. (2012). Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science & Technology*, 46(6), 3060–3075. <https://doi.org/10.1021/es2031505>
- Islam, A. R. M. T., Hasan, M., Sadia, M. R., Mubin, A.-N., Ali, M. M., Senapathi, V., Idris, A. M., & Malafaia, G. (2024). Unveiling microplastics pollution in a subtropical rural recreational lake: A novel insight. *Environmental Research*, 250, 118543. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118543>

- Komorowska-Kaufman, M., & Marciniak, W. (2024). Removal of microplastic particles during municipal wastewater treatment: A current review. *Desalination and Water Treatment*, 317, 100006. doi: 10.1016/j.dwt.2023.100006
- Lavoy, M., & Crossman, J. (2021). A novel method for organic matter removal from samples containing microplastics. *Environmental Pollution*, 286, 117357. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117357>
- Li, B., Liang, W., Liu, Q. X., Fu, S., Ma, C., Chen, Q., Su, L., Craig, N. J., & Shi, H. (2021). Fish ingest microplastics unintentionally. *Environmental Science & Technology*, 55(15), 10471–10479. doi: 10.1021/acs.est.1c01753
- Narloch, I., Gackowska, A., & Wejnerowska, G. (2022). Microplastic in the Baltic Sea: A review of distribution processes, sources, analysis methods and regulatory policies. *Environmental Pollution*, 315, 120453. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120453>
- Mishra, A., Goel, D., & Shankar, S. (2023). Bisphenol A contamination in aquatic environments: A review of sources, environmental concerns, and microbial remediation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(10). <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11977-1>
- Morgado, V., Gomes, L., Bettencourt da Silva, R. J. N., & Palma, C. (2021). Validated spreadsheet for the identification of PE, PET, PP and PS microplastics by micro-ATR-FTIR spectra with known uncertainty. *Talanta*, 234, 122624. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2021.122624>
- Ren, P., Dou, M., Wang, C. *et al.* Abundance and removal characteristics of microplastics at a wastewater treatment plant in Zhengzhou. *Environ Sci Pollut Res* 27, 36295–36305 (2020). doi:10.1007/s11356-020-09611-5
- Riya, K. K., Anisuzzaman, M., Azad, M. A. S., Nur, A.-U. U., Banik, P., Paray, B. A., Arai, T., Yu, J., & Hossain, M. B. (2024). Characteristics, contamination levels, and ecosystem risk assessment of microplastics in surface water of a highly urbanized river from a developing country. *ACS Omega*, 9(52), 50922–50932. <https://doi.org/10.1021/acsomega.4c01528>
- Schernewski, G., Radtke, H., Hauk, R., Baresel, C., Olshammar, M., Osinski, R., & Oberbeckmann, S. (2020). Transport and behavior of microplastics emissions from urban sources in the Baltic Sea. *Frontiers in Environmental Science*, 8, 579361. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.579361>
- Seewoo, B. J., Wong, E. V. S., Mulders, Y. R., Goodes, L. M., Eroglu, E., Brunner, M., Gozt, A., Toshniwal, P., Symeonides, C., & Dunlop, S. A. (2024). Impacts associated with the plastic polymers polycarbonate, polystyrene, polyvinyl chloride, and polybutadiene across their life cycle: A review. *Heliyon*, 10(12), e32912. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e32912W.
- Urban-Malinga, B., Zalewski, M., Jakubowska, A., Wodzinowski, T., Malinga, M., Pałys, B., & Dąbrowska, A. (2020). Microplastics on sandy beaches of the southern Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 155, 111170. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111170>
- Uurasjärvi, E., Hartikainen, S., Setälä, O., Lehtiniemi, M., & Koistinen, A. (2020). Microplastic concentrations, size distribution, and polymer types in the surface waters of a northern European lake. *Water Environment Research*, 92(1), 149–156. <https://doi.org/10.1002/wer.1229>
- Zhang, J., Wang, L., Halden, R. U., & Kannan, K. (2019). Polyethylene terephthalate and polycarbonate microplastics in sewage sludge collected from the United States. *Environmental Science & Technology Letters*, 6(11), 650–655. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.9b00601>

SVETIMŽEMIŲ IR VIETINIŲ MELSVABAKTERIŲ ATSAKAS Į TEMPERATŪROS POKYČIUS KLIMATO KAITOS SĄLYGOMIS

Karina Šmeliova, Izabelė Šuikaitė, Judita Koreivienė

Valstybinis mokslinių tyrimų institutas Gamtos tyrimų centras, Vilnius

karina.smeliova@gamtc.com

Per pastarąjį dešimtmetį Europoje stebimos klimato tendencijos rodo temperatūros kilimą 1,3 °C ir visame žemyne dažnėjančius ekstremalių temperatūrų reiškinius. Klimato atšilimas yra svarbus veiksnys, lemiantis svetimžemių melsvabakterių plitimą už natūralių arealų ribų į vidutinių platumų zonos vandens telkinius, kur jų įsikūrimą gali paskatinti kylanti vandens temperatūra. Įsikūrusios svetimžemės rūšys gali nukonkuruoti vietines melsvabakterių ir dumblių rūšis, paveikti mitybinius tinklus ir buveinių struktūrą. Tyrimui pasirinktos Nostocales eilei priklausančios melsvabakterės turinčios specializuotas ląsteles – (heterocitas ir akinetas), kurių dėka geba fiksuoti azotą bei išlikti esant nepalankioms aplinkos sąlygoms. Dėka šių prisitaikymų, Nostocales melsvabakterės dažnai formuoja žydėjimus darydamos reikšmingą poveikį vandens ekosistemoms. Šio tyrimo tikslas – monokultūrų eksperimento metu palyginti iš Lietuvos ežerų izoliuotų vietinės Europai rūšies *Aphanizomenon gracile* ir sparčiai mūsų žemyne plintančios svetimžemės rūšies *Chrysosporum bergii* augimo greičius penkiose temperatūrose (15, 20, 25, 30 ir 35 °C). Po dešimt kiekvienos rūšies izoliatų buvo auginta 8 dienas klimatinėse kamerose 12:12 dienos/nakties režimu prie 3,2–3,5 kLux šviesos intensyvumo. Fluorescencijos intensyvumas matuotas fluorimetru kas antrą dieną, augimo greitis įvertintas eksponentinėje kultūrų augimo fazėje. Gauti rezultatai parodė, kad vietinė *A. gracile* geriau vystosi žemesnėje temperatūroje (15 °C ir 20 °C) nei svetimžemė *C. bergii*. Tuo tarpu *C. bergii* parodė didesnę termotolerantiškumą aukštomis (30 °C ir 35 °C) temperatūroms. Taigi, klimato kaitos sąlygomis tikėtina, kad svetimžemė rūšis įgytų konkurencinį pranašumą prieš vietinę rūšį. Dauguma *A. gracile* izoliatų nesivystė esant 35 °C temperatūrai. Nustatyti reikšmingi skirtumai tarp izoliatų, išskirtų iš skirtingų ežerų, o tai rodo, kad ežero abiotinė aplinka taip pat gali turėti įtakos rūšies augimo greičiui. Šio eksperimentinio tyrimo rezultatai parodo klimato šiltėjimo įtaką svetimžemių melsvabakterių įsitvirtinimui ir plitimui vidutinėse platumose.

INOVATYVŲ SPRENDIMAI PAJŪRIO IR JŪRŲ TERITORIJŲ PLANAVIMUI: BALTICSEA2LAND PROJEKTO REZULTATAI

Greta Tautavičiūtė

Asociacija Klaipėdos regionas, Klaipėda
greta@klaipedaregion.lt

Šiuo metu Baltijos jūroje vyksta daug kompleksinių procesų. Vienas iš jų – šiuo metu Baltijos jūroje derinami vėjo jėgainių parkų, žvejybos, turizmo, saugumo interesai. Minimi interesai turi būti suderinti taip, jog visi tilptume toje pačioje Baltijos jūroje ir į visas sritis ir interesus būtų tinkamai atsižvelgta. Tuo tikslu Europos Sąjunga yra išleidusi Jūrinio teritorinio planavimo (ang. Maritime spatial planning) direktyvą (2014), kuria nustatoma jūrinių teritorijų planavimo sistema.

Asociacija „Klaipėdos regionas“, atstovaudama septynias Klaipėdos regionui priklausančias savivaldybes bei suprasdama, koks sudėtingas teritorijų ir interesų planavimo procesas, ir dažnai susidurdama su tinkamu skirtingų interesų atstovavimu ir derinimu, 2022 metais įsitraukė į Interreg Baltijos jūros regiono programos 2021–2027 m. finansuojamą projektą „Integruoto valdymo skatinimas bendram tvariam žmogiškojo ir gamtos kapitalo naudojimui pakrantėse“ (angl. „Fostering integrated governance for the joint sustainable use of human and natural capital in the near shore zone - Baltic Sea2Land“).

Baltic Sea2Land projekto konsorciumą sudaro 13 partnerių ir 5 asocijuotos struktūros iš Latvijos, Estijos, Lietuvos, Lenkijos, Suomijos, Vokietijos.



1 pav. Baltic Sea2Land projekto partneriai.

Pagrindiniai projekte numatyti tikslai:

1) *subalansuoti skirtingų suinteresuotų grupių, veikiančių pakrančių teritorijose, interesus* (tvarios mėlynosios ekonomikos sektorių, pvz., turizmo, energetikos, žuvininkystės, gamtos apsaugos ir vietos bendruomenių interesus ir pan.) bei *skatinti tvarų žmogiškojo ir gamtinio kapitalo naudojimą* Baltijos jūros regione (pritaikant projekto metu išgrynintus sprendimus);

2) skatinti įvairiapusį ir integruotą pakrančių teritorijų valdymą, apjungiant įvairių valdymo lygių (nuo vietos iki tarptautinio) suinteresuotų pusių dialogą ir bendradarbiavimą.

Asociacijos „Klaipėdos regionas“ tikslas projekte – Klaipėdos regiono specializacijos strategijos 2030 m. (2021) jūrinės ekonomikos krypties stebėsenos ir vertinimo sistemos sukūrimas, siekiant analizuoti ir stebėti ekonominius rezultatus bei Klaipėdos regiono lyderystę mėlynojoje ekonomikoje.

Siekiant projekto metu išsikeltų tikslų, projekto „Baltic Sea2Land“ metu sukurta viešai prieinama virtuali erdvinio duomenų ir planavimo įrankių platforma „Sea2Land Navigator“, palengvinanti daugiapakopį pakrančių zonų valdymą, skatinanti integruotą požiūrį į planavimą ir efektyvinanti visų suinteresuotų pusių bendravimą bei bendradarbiavimą. Naudodamas tris pagrindinius įrankius – daugiapakopį valdymo įrankį, duomenų bei žinių centrus, Navigatorius leidžia ne tik stebėti projekte dalyvaujančių partnerių geografinius duomenis, tačiau ir nepasiklysti planavimo procesuose.



2 pav. Baltic Sea2Land Navigatoriaus dalys

Daugiapakopio valdymo įrankis (angl. Multi-Level Governance Tool) palengvina ir skatina daugiapakopio valdymo įgyvendinimą jūrų ir pakrančių planavime, strategijų rengime. Šis Navigatoriaus įrankis padeda ekspertams planuoti valdymą, atliekant interaktyvias užduotis ir suteikiant prieigą prie įvairių išteklių bei erdvinių duomenų.

Naudodama šį įrankį Asociacija „Klaipėdos regionas“ atliko Klaipėdos regiono specializacijos strategijos 2030 m. jūrinės ekonomikos krypties peržiūrą, kartu su ekspertais ir strategijoje numatytais partneriais parengė stebėsenos ir vertinimo sistemą, kuri padės efektyviau stebėti jūrinės ekonomikos progresą ir rodiklius Klaipėdos regione.

Duomenų centras (angl. Data Hub) yra įvairių su pakrančių planavimu ir Jūrinių teritorijų planavimu susijusių duomenų, įskaitant geografinius ir ekonominius duomenis, saugykla, kuri gali būti naudinga bendraujant su suinteresuotosiomis šalimis, politikos formuotojais, rengiant mokslinius straipsnius, apžvalgas, atliekant jūrinės krypties analizes.

Asociacija „Klaipėdos regionas“ šioje Navigatoriaus dalyje patalpino iš suinteresuotų šalių surinktus Klaipėdos regiono geografinius duomenis, tokius kaip – Saugomų teritorijų valstybės kadastras, Cheminio ginklo rajonai, sąvartų koordinatės ir kt. Taip pat patalpino surinktus duomenis, susijusius su turizmu, jūrų transportu, jūros gyvaisiais ir negyvaisiais ištekliais.

Blue Economy indicators



Coastal Tourism



Marine Living



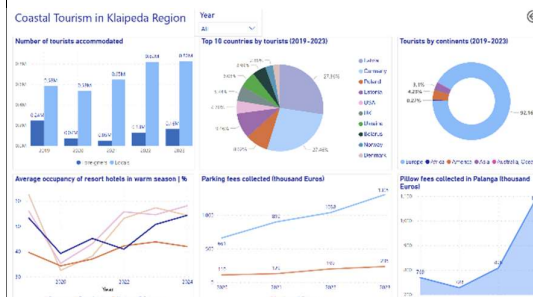
Energy



Maritime Transport



Shipbuilding & Repair



3 pav. Klaipėdos regiono jūriniai rodikliai

Paskutinėje *Žinių centro* (angl. Knowledge Hub) dalyje galima rasti informaciją, susijusią su gerosiomis projekte dalyvaujančių partnerių (tame tarpe ir asociacijos „Klaipėdos regionas“) patirtimis teritorijų planavimo procesuose, susipažinti su naudotais metodais, kitų šalių jūrinių teritorijų planavimo dokumentais ir kt. aktualia informacija.

Padėka. Baltic Sea2Land projektas finansuojamas Europos Sąjungos Interreg Baltic Sea Region 2021 – 2027 m. programos lėšomis. Projekto numeris: #C018

Literatūra

EUROPOS PARLAMENTO IR TARYBOS DIREKTYVA 2014/89/ES 2014 m. liepos 23 d. Prieiga internetu: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/ALL/?uri=CELEX:32014L0089>

Klaipėdos regiono specializacijos strategija 2030 m. Prieiga internetu: https://klaipedaregion.lt/wp-content/uploads/2021/09/KR-SS-2030_pagrindinis-dokumentas.pdf

EO4SWIM: INTERAKTYVIO MAUDYKLŲ VANDENS KOKYBĖS STEBĖSENOS PLATFORMOS KŪRIMAS NAUDOJANT PALYDOVINIUS DUOMENIS

Rūta Tiškuvienė, Martynas Bučas, Jonas Gintauskas, Diana Vaičiūtė, Marija Kataržytė, Donata Overlingė, Edvinas Tiškus

Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas, Klaipėda
ruta.tiskuviene@ku.lt

Ivadas. Maudyklų vandens kokybė turi reikšmingą įtaką žmonių sveikatai ir gerovei, prisideda prie poilsio, atsipalaidavimo, kultūrinės reikšmės bei estetinio pasitenkinimo (Elliott et al., 2018). Rekreacinės paskirties vandens telkiniai – jūros priekrantė, ežerai ir upės – dažnai patiria mikrobiologinę ar cheminę taršą, vandens kokybės pablogėjimą dėl eutrofikacijos (WHO, 2021). Vandens kokybės blogėjimas gali būti siejamas ne tik su kenksmingų fitoplanktono dumblių žydėjimu, deguonies stoka, buveinių nykimu bei grėsme biologinei įvairovei, bet ir tiesioginiu pavojumi žmonių sveikatai, pavyzdžiui, virškinimo ar kvėpavimo sutrikimais bei odos infekcijomis (Tiwari, Oliver, Bivins, Sherchan ir Pitkänen, 2021).

Pasaulio sveikatos organizacija (PSO) ir Europos Sąjungos Maudyklų direktyva numato rekomendacijas siekiant užtikrinti saugias maudymosi sąlygas ir stebėti vandens kokybės rodiklius. Tarp jų – fekaliniai indikatoriai mikroorganizmai, tokie kaip žarninės lazdelės (*Escherichia coli*) ir žarniniai enterokokai, fizikinės ir cheminės savybės (pH, temperatūra, maistinių medžiagų kiekiai), taip pat biologiniai rodikliai, įskaitant chlorofilo a koncentraciją bei melsvabakterių žydėjimus (Vaičiūtė et al., 2021; Tiwari et al., 2021). Tokiose augalinės kilmės organiniuose likučiuose kaip makrofītų šašos gali kauptis fekalinės taršos mikroorganizmai ir tokiu būdu prisidėti prie maudyklų vandens kokybės pablogėjimo (Kalvaitienė, Vaičiūtė, Bučas, Gyraitė ir Kataržytė, 2023).

Tradicinė maudyklų stebėseną, pagrįsta *in situ* mėginių ėmimu ir laboratorine analize, yra daug laiko reikalaujanti veikla, kuri riboja galimybes greitai reaguoti į staigius vandens kokybės pokyčius (Kataržytė, Vaičiūtė ir Nasvytis, 2019; Rojas et al., 2022). Duomenų trūkumas realiuoju laiku ypač svarbus dinamiškose maudymosi vietose, kurias veikia intensyvus sezoninis turizmas, greitai besikeičiančios hidrometeorologinės sąlygos ir ilgalaikiai klimato pokyčiai, susiję su neįprastai aukšta vandens temperatūra ar padidėjusiu kritulių kiekiu. Todėl regioninių ir nacionalinių priemonių, skirtų maudyklų vandens kokybės stebėsenai, valdymui ir informacijos sklaidai, kūrimas tampa vis aktualesnis. „EO4Swim“ projektas – tai Žemės stebėjimu pagrįsta paslauga, skirta maudyklų stebėsenai. Projekto metu siekiama sukurti prototipinę sistemą, kuri, remdamasi palydoviniais Žemės stebėjimo duomenimis, užtikrintų operatyvų maudyklų vandens kokybės vertinimą ir teiktų išankstinius įspėjimus apie kokybės pokyčius tiek atsakingoms institucijoms, tiek gyventojams ir poilsiautojams.

Metodai. Interaktyvios platformos prototipo kūrimas buvo paremtas kompleksiniu požiūriu, apimančiu tarptautinių reikalavimų ir nacionalinių teisės aktų analizę, suinteresuotojų šalių ir bendruomenės įtraukimą, vartotojų poreikių identifikavimą, optimalių algoritmų kūrimą ir sistemos prototipo testavimą.

Platformos prototipo funkcionalumas buvo pagrįstas įvairių palydovinių duomenų – Sentinel-2 MSI, Sentinel-3 OLCI ir SLSTR, Landsat OLI ir TIRS – integracija bei pažangių algoritmų taikymu siekiant nustatyti Lietuvos maudyklų vandens kokybės rodiklius. Atlikus maudyklų klasifikavimą pagal vandens kokybės rodiklius, žemėnaudą ir galimos taršos rizikos laipsnį (pvz., žemės ūkio plotas, atstumas iki nuotekų sistemų ir upių, reljefas), pasirinkti tinkamiausi vandens kokybės rodiklių apskaičiavimo algoritmai, kurie toliau buvo pritaikyti skirtingoms jūros ir vidaus vandens telkinių aplinkoms. Sukurtas platformos prototipas testuotas pasirinktose bandomosiose vietose, įvertinant jo tikslumą lyginant su lauko matavimų duomenimis.

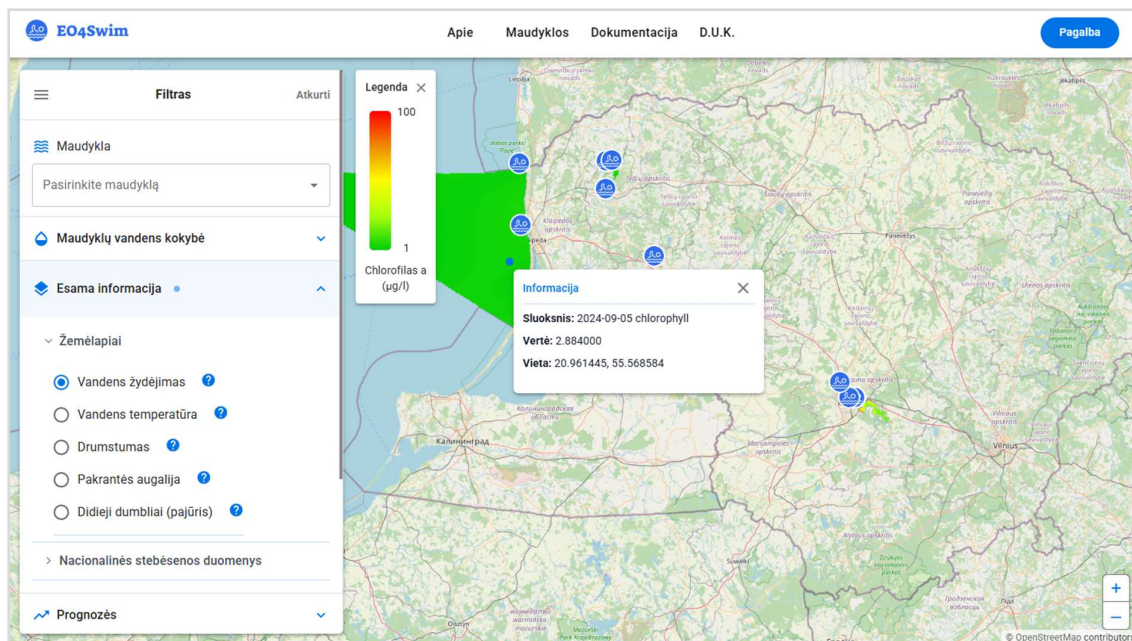
Pats platformos prototipo kūrimas apėmė žiniatinklio pagrindu veikiančios vartotojo sąsajos kūrimą naudojant React (atvirojo kodo „Javascript“ biblioteką, skirtą sukurti vientisą ir interaktyvią vartotojo sąsają), OpenLayers (atvirojo kodo „Javascript“ biblioteką, skirtą integruoti interaktyvius žemėlapius iš rastrinių ir vektorinių duomenų) bei Python (palydovinių duomenų apdorojimui naudojamą programavimo kalbą). Duomenų vizualizacija ir filtravimas vykdomi realiuoju laiku, siekiant užtikrinti efektyvų vartotojų informavimą apie maudyklų būklę.

Rezultatai. Siekiant sukurti vartotojų poreikius atitinkančią maudyklų vandens stebėsenos sistemą, pirmiausia buvo atlikta apklausa, kurioje dalyvavo tiek atsakingų institucijų atstovai, tiek poilsiautojai. Jos tikslas buvo išsiaiškinti visuomenės informacijos poreikius bei pageidaujamus rodiklius, susijusius su vandens kokybe. Apklausos rezultatai leido identifikuoti aktualiausius parametrus ir informaciją, kuri buvo integruota į

platformą, siekiant padidinti jos aktualumą skirtingoms vartotojų grupėms – nuo visuomenės iki sprendimus priimančių institucijų.

Remiantis šiais rezultatais, sukurtas interaktyvus platformos prototipas (1 pav.), skirtas maudyklų vandens kokybės stebėsenai. Prototipo funkcionalumą sudaro:

1. Duomenų filtrų juosta su vandens kokybės parametru ir datos pasirinkimo galimybėmis bei interaktyvus žemėlapis, kuriame vizualizuojami pasirinktų parametru duomenys.
2. Realioju laiku teikiama informacija apie vandens kokybę, remiantis automatiniais palydovinių duomenų apdorojimo algoritmais. Integruoti tokie parametrai kaip chlorofilo a koncentracija, drumstumas, paviršiaus temperatūra, pakrančių augmenija ir dumblių sąnašos. Duomenys atnaujinami kasdien šiltuoju metų laiku, priklausomai nuo debesuotumo ir palydovinių vaizdų prieinamumo.
3. Ankstyvojo (iki trijų dienų) išpėjimo funkcija, kuri leidžia greičiau nei tradiciniais matavimo metodais prognozuoti galimą vandens žydėjimą.
4. Integruoti skirtingų palydovų duomenys užtikrina optimalią erdvinę (nuo 10 m iki 300 m) ir laiko (kas 1–3 dienas) raišką.
5. Įdiegta maudyklų klasifikavimo pagal rizikos laipsnį sistema, leidžianti institucijoms taikyti tikslius stebėsenos sprendimus.
6. Siekiant pagerinti duomenų tikslumą jūrų pakrančių ir vidaus vandenų zonose, buvo pritaikyti dugno įtaką vandens kokybės parametru apskaičiavimui koreguojantys algoritmai.
7. Platforma pasižymi vartotojui draugiška sąsaja su vizualizuotais duomenimis, pritaikyta skirtingoms vartotojų grupėms – valstybinėms institucijoms, verslo sektoriui bei plačiajai visuomenei.



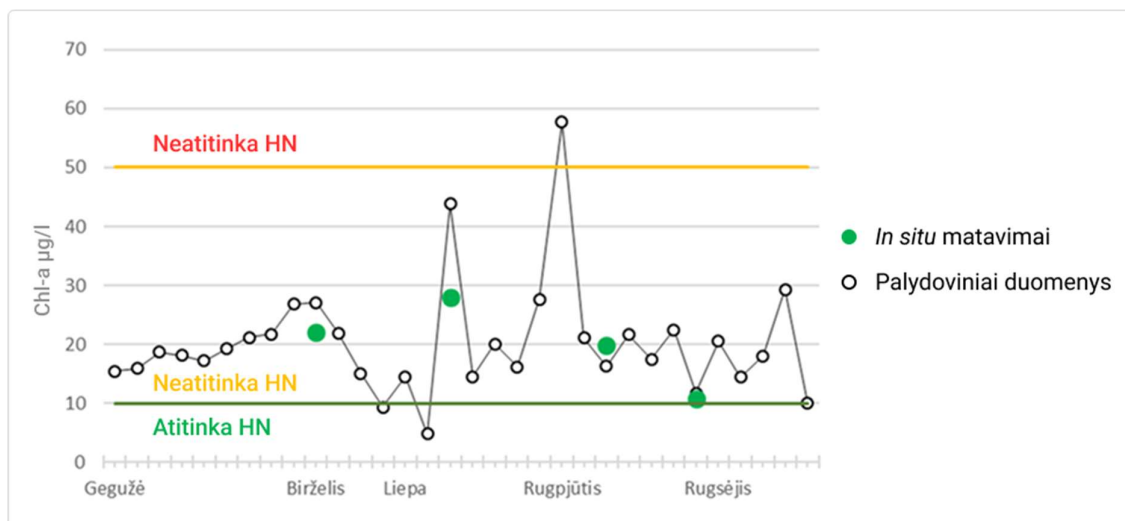
1 pav. EO4Swim platformos prototipas.

Rezultatų aptarimas. Sukurtas interaktyvios platformos prototipas reikšmingai pagerina maudyklų vandens kokybės stebėseną ir informacijos prieinamumą, užtikrindamas operatyvesnę reakvimą į potencialias grėsmes poilsiautojams, susijusias su maudyklų vandens kokybe, nei tradiciniai metodai, kurių matavimai dažniausiai yra nepastovūs ir atliekami rečiau nei kartą per mėnesį. Ši platforma leidžia nuolat stebėti vandens kokybės pokyčius, taip padidinant informacijos kiekį lyginant su nacionalinės stebėsenos duomenimis, kurie dažniausiai atnaujinami tik kas dvi savaites.

Viena iš reikšmingiausių funkcijų – ankstyvojo išpėjimo sistema, leidžianti prognozuoti vandens kokybės pablogėjimą, pavyzdžiui, galimą eutrofikaciją ar žydėjimą, dar prieš pasirodant vizualiems požymiams. Ši funkcija gali reikšmingai prisidėti prie rizikų visuomenės sveikatai mažinimo.

Praktinį platformos naudingumo pavyzdį iliustruoja 2 pav., kuriame pateiktas palyginimas tarp *in situ* ir palydovinių chlorofilo a matavimų Plungės Godingos tvenkinio maudykloje (šalia V. Mačernio g. 67B). Palydoviniai duomenys atspindi bendras tendencijas ir leidžia fiksuoti reikšmingus pokyčius tarp retesnių

tradicinių matavimų. Grafike taip pat pažymėtos Lietuvos higienos normų ribos. Matoma, kad palydoviniai duomenys padeda nustatyti viršytas ribas tarp oficialių matavimų, o tai yra svarbu siekiant greito reagavimo.



2 pav. Chlorofilo a koncentracijos ribinės vertės pagal Lietuvos higienos normą (HN 92:2018). Gondingos tvenkinio maudyklos (šalia V. Mačernio g. 67B) pavyzdys: geltona riba – neatitinka HN (maudytis nerekomenduojama), raudona riba – neatitinka HN (maudytis draudžiama).

Be to, šis platformos prototipas gali tapti vieningu sprendimų priėmimo ir valdymo įrankiu regioninėms ir nacionalinėms institucijoms, kurios dirba su aplinkosauga, maudyklų ir vandens telkinių kokybe. Jo integravimas ateityje gali prisidėti prie Europos Sąjungos Maudyklų vandens direktyvos (2006/7/EB), Bendrosios vandens pagrindų direktyvos (2000/60/EB) ir Jūrų strategijos pagrindų direktyvos (2008/56/EB) įgyvendinimo.

Nepaisant akivaizdžių platformos prototipo privalumų, jos praktinį pritaikymą vis dar riboja šie iššūkiai: sudėtingas atmosferinės korekcijos taikymas pakrančių zonose, nepalankios meteorologinės sąlygos (pvz., debesuotumas), ribojančios palydovinių duomenų prieinamumą, bei būtinybė nuolat tobulinti algoritmus, atsižvelgiant į sezoninius svyravimus ir klimato kaitos nulemtus pokyčius.

Išvados. „EO4Swim“ projekto metu sukurtas interaktyvus maudyklų vandens kokybės stebėsenos platformos prototipas demonstruoja inovatyvaus požiūrio į aplinkos stebėseną potencialą. Ši platforma ne tik pagerina informacijos apie vandens kokybę prieinamumą ir patikimumą, bet ir prisideda prie efektyvesnio sprendimų priėmimo, susijusio su visuomenės sveikatos užtikrinimu ir aplinkos apsauga.

Tolimesniuose platformos tobulinimo etapuose numatoma integruoti dirbtinio intelekto metodus, vykdyti debesimis uždengtų vietovių duomenų ekstrapoliaciją bei kurti mobiliąją aplikaciją, siekiant dar labiau padidinti platformos prieinamumą ir vartotojų įsitraukimą. Sukurtas prototipas sudaro pagrindą komercinei paslaugai, kuri galėtų būti pritaikyta ir kitose šalyse, taip pat integruota į esamas ar planuojamas duomenų ir informacijos prieigos paslaugas.

Padėka. Darbas atliktas įgyvendinant Europos kosmoso agentūros (ESA) finansuojamą projektą „Palydoviniais duomenimis pagrįsta paslauga maudyklų vandens kokybės stebėsenai“ („EO4Swim“, sutarties Nr. 4000142905/23/NL/MH/rp). Projektas finansuojamas Lietuvos mokslo tarybos (LMT) ir Lietuvos Respublikos švietimo, mokslo ir sporto ministerijos remiamo projekto, sutarties Nr. S-A-UEI-23-9, lėšomis.

Literatūra

- Elliott, L. R., White, M. P., Grellier, J., Rees, S. E., Waters, R. D., Fleming, L. E. (2018). Recreational visits to marine and coastal environments in England: Where, what, who, why, and when? *Marine Policy*, 97, 305–314. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.03.013>.
- Europos Parlamentas ir Taryba (2014). *Direktyva 2006/7/EB dėl maudyklų vandens kokybės valdymo (Konsoliduota redakcija 2014-01-01)*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02006L0007-20140101>.
- Kalvaitienė G., Vaičiūtė D., Bučas M., Gyraitė G., Kataržytė M. (2023). Macrophytes and their wrack as a habitat for faecal indicator bacteria and *Vibrio* in coastal marine environments. *Marine Pollution Bulletin*, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115325>.

- Kataržytė, M., Vaičiūtė, D., Nasvytis, P. (2019). Excellent bathing waters in coastal areas: is microbial pollution the only important parameter? *Ocean & Coastal Management*, 182, 104922. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104922>.
- Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro įsakymas (2018). *Lietuvos higienos norma HN 92:2018 „Papildiniai ir jų maudyklų vandens kokybė“*.
- Rojas, C. A., Reis, G. M., Albayrak, A. R., Osmanoglu, B., Bobadilla, L., Smith, R.N. (2022). Combining Remote and In-situ Sensing for Persistent Monitoring of Water Quality. *OCEANS 2022 – Chennai, IEEE*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/OCEANShennai45887.2022.9775339>.
- Tiwari, A., Oliver, D. M., Bivins, A., Sherchan, S. P., Pitkänen, T. (2021). Bathing Water Quality Monitoring Practices in Europe and the United States. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, 5513. <https://doi.org/10.3390/ijerph18115513>.
- Vaičiūtė D., Bučas M., Bresciani M., Dabulevičienė T., Gintauskas J., Mėžinė J., Tiškus E., Umgiesser G., Morkūnas J., De Santi F., Bartoli M. (2021). Hot moments and hotspots of cyanobacteria hyperblooms in the Curonian Lagoon (SE Baltic Sea) revealed via remote sensing-based retrospective analysis. *Science of The Total Environment*, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145053>.
- World Health Organization (WHO) (2021). *Guidelines on recreational water quality: Volume 1 – Coastal and fresh waters*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240031302>.

PALYDOVINIAIS DUOMENIMIS PAGRĮSTOS INTERNETINĖS APLIKACIJOS VANDENS KOKYBĖS IR LAIVYBOS STEBĖSENAI

Diana Vaičiūtė, Edvinas Tiškus, Rūta Tiškuvienė, Jonas Gintauskas, Martynas Bučas

Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas, Klaipėda
diana.vaiciute@ku.lt

Įvadas. Dabartinių ir būsimų Žemės stebėjimo (EO, angl. Earth Observation) misijų apimtis, įvairovė ir sudėtingumas bei duomenų perdavimo sparta nuolat didėja. Tai kelia iššūkių, turinčių įtakos visai EO duomenų integravimo grandinei – nuo duomenų rinkimo, apdorojimo, analizės ir pateikimo galutiniams vartotojams. Iki šiol Baltijos šalyse buvo sukurta daug įvairių EO duomenų apdorojimo būdų siekiant šią informaciją panaudoti aplinkos stebėsenai, kaitos ir būklės vertinimu, ar greitam reagavimui į grėsmę saugumui (pvz., Ansper-Toomsalu ir kt., 2024; Vaičiūtė ir kt., 2024; Soomets ir kt., 2022, 2020). Tačiau visiško perėjimo prie realaus laiko (operatyvaus) šių duomenų apdorojimo ir vizualizavimo nebuvo atlikta. Nors archyvų ir geoportalų, kur teikiami globalūs EO duomenimis grįstų informacinių produktų pasauliniu lygiu, yra (pvz. Copernicus programos paslaugos), tokie sektoriai, kaip vandens ekologinės būklės ar navigacijos jūroje stebėsenai, reikalauja regioninio dėmesio, nes globalūs produktai neatitinka realios situacijos, duomenys nėra tikslūs (Kutser ir kt., 2018). Šiuo pagrindu įgyvendinamas Europos Kosmoso Agentūros EO-BALP projektas, kuriame Klaipėdos universiteto pagrindinis tikslas yra sukurti dvi internetines aplikacijas, kurių viena būtų skirta vandens kokybės stebėsenai, o kita – laivybos stebėsenai Baltijos jūroje.

Metodai. Klaipėdos universiteto mokslininkai yra sukūrę ar patikrinę nemažai EO duomenų apdorojimo metodų (Tiškus ir kt., 2022; Vaičiūtė ir kt., 2021; Dabulevičienė ir kt., 2020;) vandens kokybės parametrų kartografavimui. Kuriant vandens kokybės stebėsenai skirtą internetinę aplikaciją buvo atrinkti ir automatizuoti EO duomenų apdorojimo algoritmai, kurie leidžia kartografuoti pagrindinius parametrus: chlorofilo-a, bendrųjų suspenduotų medžiagų koncentraciją, vandens paviršiaus temperatūrą ir pakrančių augaliją. Naudojami MSI/Sentinel-2, OLCI/Sentinel-3 ir TIRS/Landsat-8/9 duomenys.

Kuriant laivybos stebėsenai skirtą internetinę aplikaciją buvo automatizuotas EO duomenų apdorojimo algoritmas, kuris leidžia aptikti ir sukartografuoti jūroje esančius laivus. Naudojami SAR/Sentinel-1 duomenys. Papildomai buvo integruotos automatinės identifikavimo sistemos (AIS), kurių duomenys taip pat yra archyvuojami.

Internetinėms aplikacijoms buvo sukurtas draugiškas vartojimui vizualinis ir funkcinis dizainas. Operatyviam veikimui buvo priimami optimaliausi duomenų automatinio atsiuntimo, apdorojimo, saugojimo ir publikavimo informacinių technologijų sprendimai, kurie užtikrina, jog EO duomenys bus iš karto apdorojami jiems pasirodžius archyvuose ir publikuoti internetinėse aplikacijose.

Rezultatai. EO-BALP projekto metu buvo sukurtos dvi internetinės aplikacijos (1 pav.). Vandens kokybės stebėsenos internetinė aplikacija apima visų Baltijos regiono šalių vandens telkinius (šalims priklausančią Baltijos jūros teritoriją, vidaus vandens telkinius). Aplikacija leidžia vizualizuoti vandens kokybės parametrų (chlorofilo-a, bendrųjų suspenduotų medžiagų koncentracijos, vandens paviršiaus temperatūros ir pakrančių augalijos) žemėlapius pasirinktame vandens telkinyje, vizualizuoti šių parametrų laiko eilutes prieš tai nurodžius pageidaujamą laikotarpį, vizualizuoti papildomus informacinius sluoksnius, pavyzdžiui, vandens telkinius, nacionalinio monitoringo vietas, ortofotonuotaukas ir pan.

Laivybos stebėsenos internetinė aplikacija apima Baltijos jūros teritoriją priklausančią visos Baltijos regiono šalims. Aplikacija leidžia vizualizuoti aptiktus laivus iš SAR duomenų, sužinoti jų ilgį ir plotį, o taip pat laivus, kurie buvo identifikuoti AIS, kartu su plaukimo kursu ir visa papildoma informacija apie laivą (tipas, šalis, kursas ir kt.). Aplikacijoje yra integruota papildoma informacija, pavyzdžiui, laivybos keliai ir jūriniai objektai.



1 pav. Vandens kokybės stebėsenai (kairėje) ir laivybos stebėsenai (dešinėje) skirtos internetinės aplikacijos.

Rezultatų aptarimas ir išvados. Įgyvendinant EO-BALP projektą buvo sukurtos vandens kokybės ir laivybos stebėsenos internetinės aplikacijos, kurios netrukus taps atviros visiems vartotojams. Informacija teikiama apimant visas tris Baltijos šalis (Lietuvą, Latviją ir Estiją). Tai yra pradinės šių aplikacijų versijos ir ateityje planuojama tobulinti tiek EO duomenų apdorojimui skirtus algoritmus siekiant užtikrinti kuo tikslesnę teikiamą informaciją, tiek jų operatyvumą. Planuojama integruoti daugiau parametrų ir EO duomenų šaltinių, optimizuoti funkcionalumą, jog atitiktų įvairių institucijų, kurios atlieka vandens aplinkos monitoringą, rūpinasi ir užtikrina regioninį saugumą, poreikius.

Padėka. Dėkojame projektui "Baltijos šalių Žemės stebėjimo platforma viešajam sektoriui" (EO-BALP), kuris finansuojamas Europos kosmoso agentūros (sutarties Nr. 4000142702/23/I-NB).

Literatūra

- Ansper-Toomsalu, A., Uusoue, M., Kangro, K., Hieronymi, M. & Alikas, K. (2024). Suitability of different in-water algorithms for eutrophic and absorbing waters applied to Sentinel-2 MSI and Sentinel-3 OLCI data. *Front. Remote Sens.*, 5. <https://doi.org/10.3389/frsen.2024.1423332>.
- Dabulevičienė T., Vaičiūtė, D. & Kozlov, I.E. (2020). Chlorophyll-a Variability during Upwelling Events in the South-Eastern Baltic Sea and in the Curonian Lagoon from Satellite Observations. *Remote Sensing*, 12(21), 3661, <https://doi.org/10.3390/rs12213661>.
- Kutser, T., Paavel, B., Kaljurand, K., Ligi, M. & Randla, M. (2018). Mapping Shallow Waters of the Baltic Sea with Sentinel-2 Imagery. In *Proceedings of the 2018 IEEE/OES Baltic International Symposium (BALTIC), Klaipėda, Lithuania, 12–15 June 2018*, pp. 1–6. <https://doi.org/10.1109/BALTIC.2018.8634850>.
- Soomets, T., Toming, K., Paavel, B. & Kutser, T. (2022). Evaluation of Remote Sensing and Modeled Chlorophyll-a Products of the Baltic Sea. *J. Appl. Remote Sens.*, 16, 046516. <https://doi.org/10.1117/1.JRS.16.046516>.
- Soomets, T., Uudeberg, K., Jakovels, D., Brauns, A., Zagars, M., Kutser, T., (2020). Validation and comparison of water quality products in baltic lakes using sentinel-2 msi and sentinel-3 OLCI data. *Sensors*, 20(3), 742. <https://doi.org/10.3390/s20030742>.
- Tiškus, E. Vaičiūtė, D., Bučas, M. & Gintauskas, J., 2022. Evaluation of common reed (*Phragmites australis*) bed changes in the context of management using earth observation and automatic threshold. *European Journal of Remote Sensing*, 56 (1), 2161070. <https://doi.org/10.1080/22797254.2022.2161070>.
- Vaičiūtė, D., Bučas, M., Bresciani, M., Dabulevičienė, T., Gintauskas, J., Mėžinė, J., Tiškus, E., Umgieser, G., Morkūnas, J., De Santi, F. & Bartoli, M. (2021). Hot moments and hotspots of cyanobacteria hyperblooms in the Curonian Lagoon (SE Baltic Sea) revealed via remote sensing-based retrospective analysis. *Science of the Total Environment* 769, art. no. 145053. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145053>.
- Vaičiūtė, D., Sokolov, Y., Bučas, M., Dabulevičienė, T. & Zotova, O., (2024). Earth Observation-Based Cyanobacterial Bloom Index Testing for Ecological Status Assessment in the Open, Coastal and Transitional Waters of the Baltic and Black Seas. *Remote Sensing*, 16, 696. <https://doi.org/10.3390/rs16040696>.

KAI KURIŲ *PLATICTHYS SPP.* PLEKŠNIŲ FENOTIPŲ IR ASIMETRIJOS DAŽNUMO ĮVERTINIMAS BALTIJOS JŪROS LIETUVOS PRIEKRANTĖJE

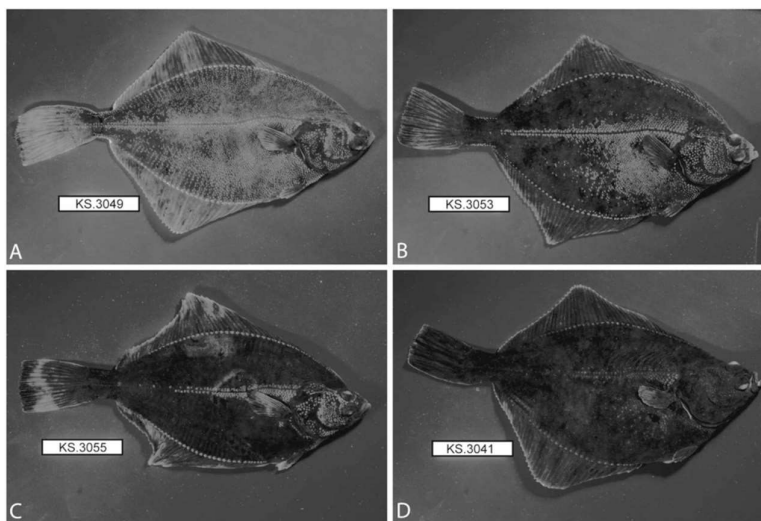
Tomas Zolubas, Žilvinas Kregždys, Deividas Jucevičius, Jelena Aleksejeva, Marijus Špėgys, Antanas Kontautas, Remigijus Sakas

Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas, Klaipėda
tomas.zolubas@ku.lt

Įvadas. Beveik prieš dešimtmetį buvo atrasta, kad Baltijos jūroje gyvena ne viena, bet dvi *Platichthys* genties plekšnių rūšys (Momigliano et al., 2018). Atradimo autoriai išskyrė naują rūšį – Baltijos plekšnę (*Platichthys solemdali*), kuri nuo europinės upinės plekšnės (*Platichthys flesus*) gali būti nesunkiai atskiriama pagal ikrų morfologiją, ikrų ir spermatozoidų fiziologiją bei taikant populiacijos genetinę ir filogenetinę analizę. Straipsnyje pažymėta, kad nėra išorinių morfologinių savybių, kad šias rūšis būtų galima aiškiai atskirti vieną nuo kitos, tačiau tuo pačiu buvo pateikta informacija, kad skiriasi šių rūšių padengimo kaulinėmis plokštelėmis fenotipų dažnumas. Tarptautinė jūrų tyrinėjimo taryba plekšnių (*Platichthys spp.*) išteklį, aktualų ir Lietuvos žvejams, vertina ir valdo kaip sudarytą iš dviejų rūšių santykiu: 45 % – Europinė plekšnė ir 55 % – Baltijos plekšnė. Atsižvelgiant į tai, kad nei tikras dviejų *Platichthys* plekšnių santykis, nei fenotipų dažnių pasiskirstymas Lietuvos vandenyse nežinomas, buvo atliktas pilotinis skirtingų fenotipų paplitimo Lietuvos priekrantės zonoje tyrimas. Šio tyrimo metu buvo surinkti duomenys ir apie *Platichthys spp.* šoninę polimorfizmą, atsirandantį ankstyvose žuvų vystymosi stadijose ir liekanti visą ontogenezės laikotarpį. Daugelis *Platichthys* genties rūšių žuvų paprastai yra dešiniašonės, tačiau *P. flesus* rūšiai dažna ir kairiašonių žuvų polimorfinė savybė. Darbo tikslas – įvertinti plekšnių skirtingo padengimo kaulinėmis plokštelėmis fenotipų, asimetrinių morfų (dešiniašonių ir kairiašonių) ir lyčių pasiskirstymą Baltijos jūros Lietuvos priekrantės zonoje.

Metodai. Duomenys surinkti 2020–2024 metais vykdant Lietuvos žuvininkystės duomenų rinkimo programą. Plekšnės buvo gaudomos dviem žvejybos įrankiais: įvairiaakiais 14, 17,5, 20, 30, 40, 45, 50, 60, 70 mm akies dydžio tinklaičiais ir smulkiaake traukiamąja draga. Įvairiaakiais tinklaičiais buvo žvejojama 5 priekrantės monitoringo stotyse ties Šventąja, Palanga, Karkle, Smiltynė bei Nida vasario–lapkričio mėnesiais ir sugautos įvairių dydžių ir amžiaus žuvys. Smulkiaake traukiamąja draga žvejota priekrantės sėkliuose visoje priekrantėje 16 skirtingų vietų nuo Būtingės iki Nidos rugpjūčio mėnesį ir sugauti beveik vien tik 0+ amžiaus jaunikliai. Žuvų biologinė analizė buvo vykdoma pagal visuotinai naudojamas metodikas (Pravdin, 1966; Bukelskis, Kublickas, 1988).

Padengimo kaulinėmis plokštelėmis fenotipai išskirti vadovaujantis Voronina (1999) ir Momigliano et al. (2018) (1 pav.).



1 pav. *Platichthys* plekšnių padengimo kaulinėmis plokštelėmis fenotipai pagal (Momigliano et al., 2018): A fenotipas – kūnas pilnai padengtas kaulinėmis plokštelėmis; B fenotipas – nugarinė ir analinė kūno sritis mažiau padengtos kaulinėmis plokštelėmis; C fenotipas – kaulinės plokštelės dengia tik šoninę liniją ir galvą; D fenotipas – kaulinės plokštelės dengia tik šoninę liniją.

Šoninio polimorfizmo tipas nustatytas, atsižvelgiant į tai, ant kurios plekšnės pusės randamos jos akys: dešiniašonės plekšnės nustatytos tada, kai akys randamos dešinėje galvos pusėje, kairiašonės – kai akys randamos kairėje galvos pusėje (Yershov et al., 2022).

Padengimo kaulinėmis plokštelėmis fenotipai nustatyti 3 464, šoninio polimorfizmo tipas – 3 449, lytis – 3 534 suaugusių plekšnių individams. Papildomai šoninio polimorfizmo tipui nustatyti ištirti 1 172 jauniklių (0+ amžiaus) individai.

Rezultatai. Kadangi per visą tyrimų laikotarpį kaulinių plokštelių padengimo D tipas buvo nustatytas tik 4 individams, į tolimesnę analizę jie buvo neįtraukti. Tyrimai parodė, kad Lietuvos priekrantėje dažniausiai sutinkamos patelės (77,1 %); vertinant pagal šoninį polimorfizmą – dešiniašonės (83,5 %); pagal kūno padengimą kaulinėmis plokštelėmis – B fenotipą (71,0 %) plekšnės (1 lentelė).

1 lentelė. Įvairių savybių plekšnių (*Platichthys* spp.) tyrimų rezultatai

Padengimo kaulinėmis plokštelėmis fenotipai	A tipo fenotipas	B tipo fenotipas	C tipo fenotipas	Tirtų individų skaičius
	17,52 %	71,02 %	11,46 %	N = 3 464
Šoninis polimorfizmas suaugusioms plekšnėms	Dešiniašonės	Kairiašonės		Tirtų individų skaičius
	83,53 %	16,47 %		N = 3 449
Šoninis polimorfizmas 0+ amžiaus plekšnėms	Dešiniašonės	Kairiašonės		Tirtų individų skaičius
	83,28 %	16,72 %		N = 1 172
Lytis	Patinai	Patelės		Tirtų individų skaičius
	22,86 %	77,14 %		N = 3 534

Tyrimų metu, taip pat buvo nustatytas faktas, kad plekšnių lyčių santykis gali žymiai skirtis priklausomai nuo tyrimų vietovės. Pvz., Šventosios tyrimų stotyje patelės sudarė 65 %, o tuo tarpu Nidos tyrimų stotyje – 85,9 %.

Rezultatų aptarimas. Žuvų oda ir žvynai sudaro fizinį barjerą su išorine aplinka ir turi atlaikyti tiesioginius fizinius pažeidimus gyvenamoje buveinėje. Plekšniažuvės ypač priklauso nuo savo žvynų fizinės apsaugos, kadangi didžiąją dalį laiko leidžia gulėdamos ant substrato, o sugebėjimas atsilaikyti prieš mechaninį duriamąjį poveikį priklauso nuo žvynų storio (Minicozzi, 2019). Tais atvejais, kai kūno maskuotės adaptacija prie naujos aplinkos užtrunka ilgesnį laiką (kuris gali trukti ir vieną dieną), pasidengimas smėliu leidžia kompensuoti maskuotės trūkumą (Ryer et al., 2008). Spinner ir kt. (2016) tyrimų rezultatai parodė žvynų morfologijos įtaką sąveikai su nuosėdomis ir leido suprasti žvynų sugebėjimą išlaikyti smėlį. Atidengti tam tikru kampu žvynai ir didesnis spyglių skaičius ant akių kūno pusės padidina trintį, ypač nuosėdoms, kurių grūdelių dydis yra mažesnis. Taip pat tyrimų rezultatai leidžia daryti prielaidą, kad žvynų evoliuciją bent iš dalies lėmė jų sąveika su nuosėdomis.

Momigliano ir kt. (2018) savo tyrimais nustatė, kad nėra patikimų išorinių morfologinių požymių, kad būtų galima aiškiai atskirti *P. flesus* ir *P. solemdali* vieną nuo kitos, tuo pačiu pateikė informaciją, kad skiriasi šių rūšių padengimo kaulinėmis plokštelėmis fenotipų dažnumas. Nors jie ištyrė tik 50 individų *P. solemdali*, bet net 26 (52,0 %) iš jų buvo priskirtos C fenotipui, 7 individai – A fenotipui, 15 individų – B fenotipui ir tik 2 individai – D fenotipui. Tuo tarpu iš 19 tirtų *P. flesus*, tik du individai (10,5 %) buvo priskirti C fenotipui (Momigliano et al., 2018). Pateikta informacija, leidžia manyti, kad siekiant atrinkti žuvis įvairiems naujos rūšies *P. solemdali* tyrimams, vertėtų atrinkti plekšnes, turinčias C tipo padengimą kaulinėmis plokštelėmis, kurių nustatytas dažnumas mūsų priekrantėje – tik 11,5 %. Kitas kriterijus, galintis padėti atrinkti *P. solemdali* individus būtų didesnis nerštinių individų imitimo koeficientas, nes prieš nerštą ir neršto metu *P. flesus* nesimaitina, tuo tarpu *P. solemdali* – maitinasi (Nissling, 2015).

Nors *Platichthys* genties plekšnės paprastai yra dešiniašonės, tačiau *P. stellatus* ir *P. flesus* išsiskiria tuo, kad joms dažna (sutinkama dideliu dažniu) kairiašonė morfa. Plekšnių šoninis polimorfizmas yra susijęs su ekologine atranka tarp skirtingų morfų, tačiau yra ir kita hipotezė, pagal kurią dešiniašonės ir kairiašonės žuvys atsiranda dėl sutrikdytos organizmo homeostazės, vystymosi metu atsiradusių klaidų (Russo et al., 2012). Russo ir kt. (2012) tyrimai parodė, kad dešiniašonės ir kairiašonės *P. flesus* morfos nėra visiškai veidrodiniai viena kitos atvaizdai, bet skiriasi savo kūno forma bei mitybos išteklį panaudojimu. Dešiniašonės plekšnės pasižymėjo labiau verpstės formos kūnu: pailgesne galva ir uodeginiu stiebu. Yershov ir kt. (2022) apibendrino dešiniašonių

ir kairiašonių *P. flesus* morfų tyrimus Baltojoje ir Baltijos jūrose. Buvo nustatyta, kad Baltojoje jūroje kairiašonių morfų dažnumas skirtingose vietose svyravo nuo 3,3 % iki 28,4 %, o Baltijos jūroje nuo 20,1 % iki 42,7 %. Fornbacke ir kt. (2002) tyrę *P. flesus* išilgai Švedijos krantų, tarp suaugusių individų kairiašonę morfą nustatė 20,1–27,5 % dažnumu, tačiau tarp 0+ amžiaus individų jis buvo 34 %. Autoriai parodė, kad mažėjant druskingumui mažėjo ir kairiašonių plekšnių dažnumas. Dideliam kairiašonių plekšnių dažnumo 0+ amžiaus grupėje faktui paaiškinti, pateikė hipotezę, kad ankstyvose vystymosi stadijose joms geriau sekėsi konkuruoti 0+ amžiaus su jūrinėmis plekšnėmis (*Pleuronectes platessa*), kurios yra dešiniašonės, o vėliau susidūrė su didesniu mirtingumu. Šios pateiktos informacijos kontekste mūsų tyrimų rezultatai įdomūs tuo, kad Lietuvos priekrantėje buvo nustatytas mažiausias kairiašonės morfos dažnumas visoje Baltijoje (16,5 %), be to, jis beveik nesiskyrė tarp suaugusių individų ir šiųmetukų (16,7 %).

Išvados. Šiame darbe pastebėti skirtingų fenotipų ir šoninės asimetrijos morfų paplitimo skirtumai tarp Lietuvos priekrantėje ir kitose Baltijos jūros dalyse sugaunamų plekšnių, todėl tikslinga vykdyti tolesnius ir išsamesnius *Platichthys* spp. plekšnių tyrimus. Iš kitos pusės, atsižvelgiant į plekšnių C fenotipo 1) retą sutinkamumą mūsų priekrantės vandenyse (11,5 %) ir 2) ankstesnių tyrimų metu nustatytą žymiai aukštesnį šio fenotipo paplitimą tarp Baltijos plekšnių *P. solemdali*, tikėtina, kad mūsų vandenyse ši neseniai nustatyta nauja plekšnių rūšis yra reta.

Literatūra

- Bukelskis, E., Kublickas, A. (1988). Ichtiologijos laboratoriniai darbai. Vilnius: VVU. 75p.
- Fornbacke, M., Gombrii, M., & Lundberg, A. (2002). Sidedness Frequencies in the Flounder *Platichthys flesus* (Pleuronectiformes) along a Biogeographical Cline. *Sarsia*, 87(5), 392–395. <https://doi.org/10.1080/0036482021000155835>.
- Yershov, P. N., Fuks, G. V., & Khaitov, V. M. (2022). Spatial Variation in the Frequency of Left-Sided Morph in European Flounder *Platichthys flesus* (Linnaeus, 1758) from the Marginal Arctic (the White Sea). *Diversity*, 14(11), 1004. <https://doi.org/10.3390/d14111004>.
- Mikelsaar, N. (1958). "Über die Anwendung der Methode der ausgeglichenen Skalen bei der Untersuchung der artinneren Gruppierungen der Flunder," in *Hidrobioloogilised Uurimused*, eds H. Haberman, H. Simm, and N. Mikelsaar (Tartu: Eesti NSV Teaduste Akadeemia Zoologia ja Botaanika Instituut), 287–314.
- Minicozzi, M. R., Perez, J., Kimball, D. S., & Gibb, A. C. (2019). Scale thickness predicts skin puncture-force resistance in three pleuronectiform fishes. *Integrative Organismal Biology*, 1(1), Article obz005. <https://doi.org/10.1093/iob/obz005>.
- Momigliano, P., Denys, G. P. J., Jokinen, H. & Merilä, J. (2018). *Platichthys solemdali* sp. nov. (Actinopterygii, Pleuronectiformes): A New Flounder Species From the Baltic Sea. *Frontiers in Marine Science*. 5. Art. 225:1–21. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00225>.
- Nissling, A. (2015). Fecundity regulation in relation to habitat utilisation of two sympatric flounder (*Platichthys flesus*) populations in the brackish water Baltic Sea. *Journal of Sea Research*.
- Ryer, C. H., Lemke, J. L., Boersma, K. & Levas, C. (2008). Adaptive coloration, behavior and predation vulnerability in three juvenile north Pacific flatfishes. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 359, 62–66.
- Russo, T., Pulcini, D., Costantini, D., Pedreschi, D., Palamara, E., Boglione, C., Cataudella, S., Scardi, M., & Mariani, S. (2012). "Right" or "wrong"? Insights into the ecology of sidedness in european flounder, *Platichthys flesus*. *Journal of morphology*, 273(3), 337–346. <https://doi.org/10.1002/jmor.11027>.
- Spinner, M., Kortmann, M., Traini, C. et al. (2016). Key role of scale morphology in flatfishes (Pleuronectiformes) in the ability to keep sand. *Sci Rep* 6, 26308. <https://doi.org/10.1038/srep26308>.
- Voronina, E.P. (1999). Morphology and systematics of river flounders of the genus *Platichthys*. *J. Ichthyol.* 39(8):588–599.
- Pravdin, I. F. 1966. *Rukovodstvo po izučēniju rib*. Maskva. Piščievaja promišlienost, 376 p (rusų k.).

AUTORIŲ SĄRAŠAS

Aleksejeva J.....	169	Mazaratij I.....	122
Anne O.....	56	Mazur-Marzec H.....	76
Balčiūnas A.....	26, 156	Mažeika	15
Baranauskaitė S.	8	Mėžinė J.	52
Berežnova O.	12	Mockutė M.....	56
Bitinas A.	15, 24	Morkūnas J.80, 125, 137, 139	
Blažauskas	30	Morkūnė R.80, 125, 137, 139	
Blažauskas N.	30	Mukauskas N.....	146
Bučas M.26, 111, 149, 163, 167		Nachtsheim D.....	47
Bukėnaitė K.....	117	Narsčius A.....	30
Celiešiūtė-Germanienė R.117		Navašinskienė J.	60
Chimienti M.	80	Navickaitė M.....	117
Čepulis M.....	30	Nika N.	109
Česonienė L.	17	Olenin S.....	62
Dailidienė I.	106	Overlingė D.....	76, 163
Damušytė A.	24	Pareigytė M.....	76, 149
Daugnora L.	15	Paulauskienė T.	146
Davydov O.	24	Petkuvienė J.....	76, 118, 146
Dukanauskaitė K.	101	Pilkaitytė R.	152
Eigirdas V.....	80, 137	Plikūnaitė R.	72
Embrasaitė U.....	76, 118	Povilanskas R.....	35
Espinosa R. P.....	146	Quintana C. O.	56
Ferrario J.....	12	Rapalis P.	101
Fezzi C.	8	Razinkovas-Baziukas A. 129	
Gardauskė V.	122	Rybarczyk P.....	56
Gedminienė J.....	122	Sabaliauskaitė V.....	156
Gestoso I.	12	Sakas R.....	39, 169
Gintauskas J.26, 56, 149, 163, 167		Sakovskaja I.	76
Glück D.	56	Salvador P.....	80
Godienė G.....	114	Sarcevičius S.	83
Grinienė E.	30	Schubert H.....	56
Grušas A.	43	Siebert U.	47
Idzelytė R.....	52, 129	Songailaitė R.....	15
Igošina M.	118	Srėbalienė G.	12
Izotova L.	125, 139	Stančikaitė M.....	15
Jakulytė D.....	155	Stankevič V.	117
Janavičiūtė A.....	139	Staponkus R.....	43, 86
Jonynaitė K.	117	Stauskis G.	90
Jucevičius D.....	169	Stirkė A.	117
Jurkienė A.	35	Stonkė E.	96
Kaynaroglu B.	129	Strakšienė G.	155
Kalvaitienė G.....	76, 149	Survilienė V.	43
Karčauskienė D.....	56	Suzdalev S.	83
Kataržytė M.76, 146, 149, 163		Šaparnis L.....	101
Kato A.	80	Šileikienė D.	17
Kęstutytė J.....	133	Šmeliova K.....	160
Kleiva Ž.	47	Špėgys M.....	39, 169
Kontautas A.....	39, 169	Šuikaitė I.	160
Koreivienė J.....	160	Švagždys A.....	39
Kregždys Ž.	39, 169	Taraškevičius R.	83
Kuzminskaitė U.....	137	Tautavičiūtė G.	161
Lenko K.	43	Tiškus E.....	26, 56, 163, 167
Lepeška V.	139	Tiškuvienė	167
Lesutienė J.....	8	Tiškuvienė R.	163, 167
Lileikytė A.	101	Traškinaitė D.....	103
Ljungberg E.	56	Uebe J.....	146
Lupeikaitė-Kuncienė L.....	47	Umgiesser G.....	52, 129
Marcinauskas L.	117	Unger P. F.	109
Markovskaja S.	142	Vaičiūtė D.26, 72, 76, 111, 149, 163, 167	

Vasiliauskienė E.	106
Venslovaitė M.	39, 109
Zaidė A.	111
Zarankaitė E.	122
Zemlys P.	52

Zhang N.	8
Zolubas T.	39, 169
Žaromskis R.	114
Žilius M.	129
Žuolytė A.	142