

VILNIAUS UNIVERSITETAS
GAMTOS TYRIMŲ CENTRAS

EGLĖ JAKUBAVIČIŪTĖ

**TRISPYGLIŲ DYGLIŲ (*GASTEROSTEUS ACULEATUS* L.) EKOLOGINĖ
REIŠMĖ BALTIJOS JŪROJE: MITYBA BEI IŠTEKLIŲ GRUPIŲ
IDENTIFIKAVIMAS**

Daktaro disertacijos santrauka
Biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra (03B)

Vilnius, 2018

Disertacija rengta 2013 – 2017 m. Gamtos tyrimų centre.

Mokslinis vadovas:

Dr. Linas Ložys (Gamtos tyrimų centras, biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra – 03B).

Mokslinis konsultantas:

Dr. Jens Olsson (Švedijos Žemės ūkio universitetas, biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra – 03B).

Disertacija ginama viešame disertacijos Gynimo tarybos posėdyje.

Pirmininkas:

Prof. dr. Darius Daunys (Klaipėdos universitetas, biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra – 03B).

Nariai:

Prof. dr. Ulrika Candolin (Helsinkio universitetas, biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra – 03B),

Prof. habil. dr. Sergej Olenin (Klaipėdos universitetas, biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra – 03B),

Dr. Aleksandras Rybakovas (Gamtos tyrimų centras, biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra – 03B),

Dr. Vesta Skrodenytė-Arbačiauskienė (Gamtos tyrimų centras, biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra – 03B).

Disertacija bus ginama viešame disertacijos Gynimo tarybos posėdyje 2018 m. kovo 23 d. 14 val. Gamtos tyrimų centro 101 auditorijoje. Adresas: Akademijos g. 2, Vilnius, Lietuva

Disertacijos santrauka išsiuntinėta 2018 m. vasario 23 d.

Disertaciją galima peržiūrėti Vilniaus universiteto bei Gamtos tyrimų centro bibliotekose ir VU interneto svetainėje adresu:

www.vu.lt/lt/naujienos/ivykiu-kalendorius

TURINYS

Ižanga.....	4
Darbo tikslas ir uždaviniai.....	6
Mokslinis naujumas ir reikšmė.....	6
Rezultatų pristatymas ir aprobavimas.....	7
Medžiaga ir metodika	8
I dalis. Mityba pelagialėje	8
II dalis. Mityba priekrantėje	9
III dalis. Morfologija	10
Rezultatai	12
I dalis. Mityba pelagialėje	12
II dalis. Mityba priekrantėje	14
III dalis. Morfologija	15
Rezultatų aptarimas	17
Išvados	21
Padėka.....	22
Bibliografija.....	23
Summary.....	27
Curriculum Vitae	28

IŽANGA

Žmogaus poveikis jūrų ekosistemoms tik didėja, o Baltijos jūra yra viena iš labiausiai paveiktų jūrų pasaulyje (Halpern et al., 2008). Dėl gamtinių sistemų sudėtingumo, dažnai nepakankamai įvertinama, kokių mastu vienas ar kitas faktorius paveiks ekosistemą. Net ir sąlyginai nedidelis pokytis gali nulemti nelauktą įvykių grandinę. Tokio nepakankamo įvertinimo pavyzdys galėtų būti trispyglė dyglė (*Gasterosteus aculeatus*) Baltijos jūroje – maža, menkaverte laikoma žuvis.

Dėl intensyvios žvejybos bei klimato kaitos poveikio pastaraisiais dešimtmečiais Baltijos jūros ekosistema išgyveno reikšmingus pokyčius – bendrijų pasikeitimus (Möllmann et al., 2008). Eksploatacija, klimato kaita sukėlė aukštesniųjų plėšrūnų (menkių, ešerių, lydekų) gausumo sumažėjimą (Möllmann et al., 2008; Ljunggren et al., 2010), kas, savo ruožtu, sumažino spaudimą planktofagams (strimelėms, brėtlingiams, dyglėms). Per pastaruosius du dešimtmečius trispyglių dyglių populiacija Baltijos jūroje stipriai išaugo, ypač vakarinėje dalyje (Ljunggren et al., 2010; Bergström et al., 2015).

Pakitimai mitybiniame tinkle gali turėti reikšmingų pasekmių visai vandens telkinio būklei. Mitybinių grandinių struktūra didele dalimi nulemia populiacijų dinamiką, bendrijų struktūrą ir potencialų verslinių žuvų laimikių dydį (Levinton, 1982). Nemažai trofinių ryšių tyrimų Baltijos jūroje (ir kitur) yra atlikta su komercinės reikšmės žuvų rūšimis (Casini et al., 2004; Möllmann et al., 2004, 2005). Tačiau trūksta žinių apie mažos arba jokios verslinės vertės neturinčias, bet svarbų vaidmenį ekosistemoje atliekančias rūšis. Pastarųjų didelis gausumas ir biomasė, mitybinių nišų persidengimas su verslinių žuvų-plėšrūnių jaunikliais, ar netgi maitinimasis jais (vadinamoji aukos-plėšrūnui kilpa, *angl.* prey-to-predator) gali sukelti trofines kaskadas, reikšmingai pakeisti ekosistemos funkcionavimo ypatumus (Köster and Möllmann, 2000; Möllmann et al., 2008). Nors trispyglės dyglės gerai ištyrinėtos elgsenos bei evoliucinės ekologijos prasme (Bell and Foster, 1994; Huntingford and Ruiz-Gomez, 2009), jų vaidmuo ir funkcionavimo ypatybės ekosistemoje yra žymiai mažiau žinomi. Išaugus trispyglių dyglių populiacijai Baltijos jūroje, atkreiptinas dėmesys į šią spragą (Eriksson et al., 2011; Sieben et al., 2011a).

Trispyglės dyglės migruoja tarp atviros jūros, kur žiemą maitinasi, ir priekrantės, kur pavasarį neršia – taigi, gali funkcionuoti kaip veiksnys, jungiantis ir perduodantis efektus tarp dviejų sistemų (Ljunggren et al., 2010; Eriksson et al., 2011). Leinikki (1995),

Peltonen et al. (2004), Lankov et al. (2010) tyrė trispyglių dyglių mitybą Botnijos, Rygos bei Suomijos įlankose. Vis dėlto, nėra duomenų apie trispyglių dyglių mitybos sezoniškumą pelagialėje, taip pat trūksta palyginamosios analizės su kitais pagrindiniais Baltijos jūros planktofagais – strimele bei brėtlingiu. Tokių žinių poreikis yra ypač išaugęs, kuomet trispyglių dyglių populiacija auga, o minėtų silkinių įmitimas yra suprastėjęs (Casini et al., 2011). Pakitimai pelaginiame mitybiniame tinkle gali paveikti ištiesą Baltijos jūros ekosistemą (Andersson et al., 2017), tad trispyglių dyglių mitybos tyrimai kitų pagrindinių planktofagių žuvų mitybos kontekste reikalingi norint geriau suprasti šių žuvų sąveiką atviroje jūroje.

Yra įrodymų, kad trispyglės dyglės gali paspartinti neigiamus trofinių kaskadų procesus priekrantėje: didelis jų tankumas sumažina dumbliais mintančių moliuskų ir vėžiagyvių paplitimą, dėl to padidėja siūlinių dumblių produkcija, suprastėja buveinių ir vandens kokybė priekrantėje (Ljunggren et al., 2010; Eriksson et al., 2011; Sieben et al., 2011a). Norint atskleisti egzistuojančius ryšius, siekiant modeliuoti galimą trispyglių dyglių įtaką mitybiniame tinkle, poveikį bei pasekmes tam tikriems ekosistemos elementams, mitybinio objekto nustatymas iki, kiek įmanoma, žemesnio taksono yra ypač svarbus. Vis dėlto, nepaisant daugybės atliktų tyrimų trofinėje vandens ekologijoje (Belgrano et al., 2005), gauti visapusišką, išsamią ir patikimą informaciją vis dar sunku. Nors daug yra taikoma metodų mitybinimas ryšiams tirti, visi jų turi savų trūkumų. Šiuo metu sparčiai vystomas naujas, daug žadantis metodas - DNR metabarkodinimas.

Išteklių valdymo planų parengimui būtini tikslinės populiacijos diferenciacijos tyrimai. Priešingu atveju, gresia pereksplotavimas arba nenumatytas poveikis (Begg and Waldman, 1999). Dėl žybaus trispyglių dyglių gausumo didėjimo Baltijos jūroje, yra svarstomos potencialios tikslinės trispyglių dyglių žvejybos galimybės. Tačiau, nepaisant keletos atliktų genetinių studijų (DeFaveri and Merilä, 2013; DeFaveri et al., 2013), iki šiol trispyglių dyglių išteklių grupės (*angl.* stocks) Baltijos jūroje nėra nustatytos. Trispyglių dyglių morfologinių požymių analizė galėtų papildyti jau atliktus genetinius tyrimus, juolab, kad išskiriant žuvų išteklių grupes (vienetus), rekomenduojama remtis daugiau negu vienu metodu (Begg and Waldman, 1999; ICES, 2014).

Tikėtina, kad trispyglių dyglių vaidmuo, kartu su augančia jų populiacija, Baltijos jūroje tik didės. Dar daugiau, eutrofikacija, klimato kaita, invazinės rūšys ir kiti veiksniai gali sumažinti Baltijos jūros ekosistemos atsparumą bei galimybes sušvelninti trispyglių

dyglių gausėjimo tendenciją bei pasekmes (Eklöf et al., 2012; Olsson et al., 2013). Atsižvelgiant į trispyglių dyglių gebėjimą paspartinti neigiamus trofinių kaskadų procesus (Ljunggren et al., 2010; Eriksson et al., 2011; Sieben et al., 2011a; Östman et al., 2016), nedelsiant reikalingi išsamesni tyrimai apie trispyglių dyglių vaidmenį mitybiniuose tinkluose, jų populiacijos diferenciaciją, bei kaip tai gali turėti reikšmės komercinei žvejybai Baltijos jūroje.

DARBO TIKSLAS IR UŽDAVINIAI

Tikslas:

Ištirti trispyglės dyglės *Gasterosteus aculeatus* ekologinę reikšmę mitybiniuose tinkluose bei populiacijos diferenciaciją Baltijos jūroje.

Uždaviniai:

1. Įvertinti trispyglės dyglės mitybą Baltijos jūros pelagialėje ir galimą konkurenciją su brėtlingiu ir strimele;
2. Įvertinti trispyglės dyglės mitybą Baltijos jūros priekrantėje;
3. Nustatyti galimą trispyglės dyglės populiacijos diferenciaciją Baltijos jūroje.

MOKSLINIS NAUJUMAS IR REIKŠMĖ

Baltijos jūros žuvų mitybos tyrimų, nagrinėjančių komerciškai nesvarbias rūšis bei apimančių skirtingus sezonus trūksta, tad šis darbas prisideda prie tokios spragos užpildymo. Trispyglės dyglės vaidmuo, ypač pelagialėje, lig šiol buvo menkai tyrinėtas; šiame darbe nagrinėtas mitybinis dyglių persidengimas su kitomis komerciškai svarbiomis žuvų rūšimis – strimėle bei brėtlingiu – suteikia naudingos informacijos ir gali pasitarnauti rengiant žuvų išteklių valdymo planus (pvz., Tarptautinės jūrų tyrimų tarybos – *International Council for the Exploration of the Sea, ICES*).

Šiame darbe pirmąkart sėkmingai pritaikytas naujas, progresyvus DNR metabarkodinimo metodas trispyglių dyglių mitybai tirti. Taip pat šis darbas yra vienas pirmųjų bandymų išskirti trispyglių dyglių išteklių grupes - vienetus (*angl. stocks*).

Pirmąkart, pasitelkiant morfologinę analizę, vienu metu išsamiai tirtos skirtingo plastiškumo ypatybės (kaulinės plokštelės, kūno bei otolitų forma), siekiant atskleisti galimą trispyglės dyglės populiacijos diferenciaciją bei išteklių grupių pasiskirstymą Baltijos jūroje. Šio darbo rezultatai gali būti panaudoti: 1) strimelių, brėtlingių išteklių valdymo planuose Baltijos jūroje, taip pat ir trispyglių dyglių išteklių valdymo planuose ateityje; 2) įgyvendinant ekosisteminio požiūrio valdymą Baltijos jūroje, kadangi tam reikalingos žinios apie visus svarbius ekosistemos komponentus (įtraukiant anksčiau dėmesio nesusilaukusias rūšis).

REZULTATŲ PRISTATYMAS IR APROBAVIMAS

Šio darbo rezultatai pristatyti 2 nacionalinėse bei 2 tarptautinėse konferencijose, taip pat tarptautinėse Helsinkio komisijos (HELCOM FISH) žuvų darbo grupėse. Parengtos 3 mokslinės publikacijos.

Publikacijų sąrašas:

- I. **Jakubavičiūtė, E.**, Casini, M., Ložys, L., Olsson, J., 2017. Seasonal dynamics in the diet of pelagic fish species in the southwest Baltic Proper. *ICES Journal of Marine Science J. du Cons.* 74, 750–758. doi:10.1093/icesjms/fsw224
- II. **Jakubavičiūtė, E.**, Bergström, U., Eklöf, J., Haenel, Q., Bourlat, S.J., 2017. DNA metabarcoding reveals diverse diet of the three-spined stickleback in a coastal ecosystem. *PLoS One*, 12, 10, e0186929. doi: 10.1371/journal.pone.0186929.
- III. **Jakubavičiūtė, E.**, De Blick, Y., Dainys, J., Ložys, L., Olsson, J. Morphological divergence of three-spined stickleback in the Baltic Sea – implications for stock identification. *Fisheries Research* (atiduota spaudai).

Konferencijos:

1. **Jakubavičiūtė, E.**, 2017. Trispyglių dyglių ekologinė reikšmė Baltijos jūroje: mityba bei išteklių grupių identifikavimas. Jaunųjų mokslininkų konferencija „Bioateitis 10: gamtos ir gyvybės mokslų perspektyvos“. Lietuvos mokslų akademija, Vilnius. 2017-12.

2. **Jakubavičiūtė, E.**, Casini, M., Ložys, L., Olsson, J., 2016. Are three-spined sticklebacks important food competitors for sprat and herring? Seasonal dynamics in the diet of pelagic fish species in the western Baltic Sea. International Council for the Exploration of the Sea (ICES) Annual Science Congress. Riga, Latvia. 2016-09.
3. **Jakubavičiūtė, E.**, Olsson, J., Dainys, J., Ložys, L., 2016. Planktofagių žuvų mityba Baltijos jūros pelagialėje: trispyglės dyglės – mažos ir mažareikšmės? 9-oji mokslinė-praktinė konferencija „Jūros ir krantų tyrimai 2016“. Klaipėda. 2016-04.
4. **Jakubavičiūtė, E.**, Olsson, J., Kirka, M., Dainys, J., Ložys, L., 2015. Seasonal dynamics of diet composition of pelagic fish species in Western Gotland Basin. 10th Baltic Sea Science Congress. Riga, Latvia. 2015-06.

Pranešimai darbo grupėse:

5. **Jakubavičiūtė, E.**, Bergström, U., Haenel, Q., Bourlat, S.J., Eklöf, J., 2017. DNA metabarcoding reveals diverse but selective diet of three-spined stickleback in a coastal ecosystem. HELCOM FISH-PRO, Tallinn, Estonia. 2017-02.
6. **Jakubavičiūtė, E.**, 2016. Diet of three-spined sticklebacks in relation to herring and sprat in the Kalmar Sound, Western Gotland Basin. HELCOM FISH-PRO, Riga, Latvia. 2016-02.
7. **Jakubavičiūtė, E.**, 2015. Small fish – big challenges: three-spined stickleback in the Baltic Sea. HELCOM FISH-PRO, Copenhagen, Denmark. 2015-02.

MEDŽIAGA IR METODIKA

I dalis. Mityba pelagialėje

Žuvys buvo pagautos Kalmar sąsiauryje, pietvakarinėje centrinės Baltijos jūros dalyje, pelaginiu tralu 2009 - 2011 m. Naudojant WP2 tinklą (57 cm skersmens žiedas, 90 µm akies dydis) su įmontuotu vandens srauto matuokliu, buvo renkami duomenys apie mitybinių objektų (mezo- ir mikro- zooplanktono) gausumą (Díaz-Gil et al., 2014). Skrandžių turinys (N=498) analizuotas vizualiai, pagal morfologinius raktus, nustatant

mitybinius objektus iki žemiausio galimo taksono. Didesni mitybiniai objektai (*Insecta*, *Mysidae*) suskaičiuoti visi, likusi dalis (zooplanktonas) praskiesta vandenyje ir Bogorovo kameroje suskaičiuota bent 100 individų kiekvienam skrandžiui. Iš viso, išanalizuoti 163 trispyglių dyglių, 186 strimėlių bei 149 brėtlingių skrandžiai. Mitybinė sudėtis išreikšta procentine dalimi pagal skaičių (%N) bei biomasę (%B), mitybos persidengimas - Morisita indeksu C_H (Horn, 1966), mitybos selektyvumas – V-indeksu (Pearre, 1982).

II dalis. Mityba priekrantėje

Mėginiai surinkti 2014 m. gegužę pietvakarinėje Baltijos jūros dalyje – priekrantėje, šešiolikoje skirtingo uždaroimo įlankų, naudojant žiauninius tinklus (standartas EN 14757:2005). Tuo pačiu metu, 3-5 zooplanktono bei bentoso mėginiai buvo imti kiekvienoje įlankoje, siekiant gauti duomenų apie prieinamą mitybinę bazę dyglėms.

Du metodai – tradicinė skrandžio turinio analizė vizualiai, pagal morfologinius raktus (Hyslop, 1980) bei sparčiai vystomas naujas - DNR metabarkodavimas (*angl.* DNA metabarcoding) – buvo naudojami paraleliai trispyglių dyglių mitybai priekrantėje nustatyti. Tie patys mėginiai tirti naudojant abu metodus (N=192), taip įgalinant vėlesnį metodų palyginimą.

Visų pirma, žuvų skrandžių turinys išplautas 80% etanolio tirpalu, ir vizualiai, iki žemiausio galimo taksono, identifikuoti mitybiniai objektai. Iki DNR ekstrakcijos kiekvieno žuvies individo skrandžio turinys laikytas -20°C temperatūroje, 80% etanolio tirpale. DNR ekstrakcija vykdyta naudojant specialų rinkinį, pagal gamintojo nurodymus (UltraClean® Tissue and Cells DNA Isolation Kit, MO BIO Laboratories). Citochromo c oksidazės (CO1) žymuo padaugintas taikant dvigubos polimerazinės grandininės reakcijos (PGR) amplifikacijos metodą (*angl.* dual PCR, Bourlat et al., 2016). Pradmenys parinkti remiantis Leray et al. (2013b), taip, kad susidarytų norimo 313 bazių porų fragmento („minibarkodo“) kopijos. Tam, kad būtų išvengta neinformatyvių paties individo *G. aculeatus* sekų, PGR metu buvo naudojamas ir blokuojantis pradmuo (*angl.* blocking primer) (Leray et al., 2013a). Tyrimui buvo naudojamas MiSeq (Illumina) naujos kartos sekoskaitos (*angl.* next generation sequencing) analizatorius.

Bioinformatinė duomenų analizė vykdyta pasitelkiant Qiime 1.9.1 programinę įrangą (Caporaso et al., 2010) bei specialius Python scenarijus (*angl.* scripts). Galutinį

duomenų rinkinį sudarė >10 mln. (10 586 546) nuskaitytų DNR sekų fragmentų (*angl.* reads). CROP algoritmas (Hao et al., 2011) naudotas sekų suskirstymui į taksonominius vienetus (*angl.* operational taxonomic units, OTUs). CO1 sekų taksonominiam priskyrimui sukurta duomenų bazė, sudaryta iš Metazoa sekų iš BOLD duomenų bazės (*angl.* Barcode of Life Database, <http://www.boldsystems.org/>), taip pat papildyta Echinodermata, Mollusca, Cnidaria ir Arthropoda sekomis iš SweBol (*angl.* Swedish Barcode of Life database), bei Chironomidae, Nemertea, Xenacoelomorpha ir Oligochaeta sekomis iš dar neskeltų duombazių.

Mitybos sudėtis išreikšta aptinkamumo dažniu ($\%F_i$) – tai procentinė dalis visų dyglių skrandžių, kuriuose buvo aptiktas mitybinis objektas i ; $\%F_{vis}$ – dažnis, apskaičiuotas remiantis vizualinės skrandžio turinio analizės rezultatais, $\%F_{bar}$ – remiantis metabarkodinimo rezultatais. Siekiant nustatyti santykinį tam tikro mitybinio objekto gausumą dyglių skrandžiuose, apskaičiuotos kiekvieno taksono proporcijos kiekviename skrandyje, remiantis DNR sekoskaitos rezultatais: tam tikro taksono fragmentų kiekis (*angl.* reads), kiekvieno individo skrandyje - $\%N_{bar}$.

Jacobso indeksu (Jacobs, 1974) išreikštas mitybos selektyvumas: $D=(r-p)/(r+p-2pr)$, kur r atitinka $\%N_{bar}$, p – mitybinio objekto gausumas aplikoje (dalis procentais zooplanktono arba bentoso bendrijoje tam tikroje tiriamoje įlankoje). Indeksas svyruoja nuo -1 (maksimaliai negatyvi selekcija, t.y. mitybinis objektas nesirenkamas) iki 1 (maksimaliai teigiamas pasirinkimas, t.y. mitybinis objektas itin mėgstamas), 0 indikuoja atsitiktinį resursų naudojimą.

Zooplanktono analizė atlikta pagal HELCOM protokolą (HELCOM, 2013).

Dviejų naudotų metodų – DNR metabarkodinimo bei vizualinės skrandžio turinio analizės – taksonominė rezoliucija palyginta kiekvienam mitybiniam objektui, rastam skrandyje, suteikiant rangus: rūšis= 1, gentis= 2, šeima= 3, infra-būrys= 4, būrys= 5, infra-klasė= 6, klasė= 7, skyrius= 8 (pvz., Berry et al., 2015).

III dalis. Morfologija

Morfologijos tyrime analizuotos trispyglės dyglės, reprezentuojančios du pagrindinius genetinius klasterius Baltijos jūroje (DeFaveri et al., 2013), kuriuos patogumo dėlei šiame darbe vadinsime rytiniu ir vakariniu. Rytinį klasterį reprezentuoja trispyglės dyglės,

sugautos Kuršių mariose (toliau – „rytai“), vakarinį – dyglės iš Kalmar sąsiaurio, Botnijos jūros bei centrinės Baltijos (toliau – „vakarai“). Kuršių mariose dyglės buvo pagautos bradiniu bei gaudyklėmis, Botnijos jūroje, centrinėje Baltijos jūroje, bei Kalmar sąsiauryje – pelaginiu tralu 2010-2014 metais. Analizuotos skirtingo plastiškumo savybės: kaulinių plokštelių skaičius, trispyglės dyglės kūno forma, bei otolitų forma.

Žuvis, mažesnės nei 40 mm (TL), į analizę neįtrauktos, siekiant užtikrinti, kad kaulinių plokštelių formavimasis jau yra baigęsis (Wootton, 1976; Bell, 1981). Statistinis patikrinimas, ar kaulinių plokštelių skaičius skiriasi tarp „rytų“ ir „vakarų“, skirtingose Baltijos jūros vietose, atliktas naudojant kovariančių analizę ANCOVA, kur žuvų dydis (TL) imtas kaip kovariantė (kintamasis, į kurio reikšmę rezultatams taip pat atsižvelgiama, *angl.* covariate). Iš viso, kaulinių plokštelių skaičius nustatytas 397 žuvis (N_{rytai}=130, N_{vakarai}=267).

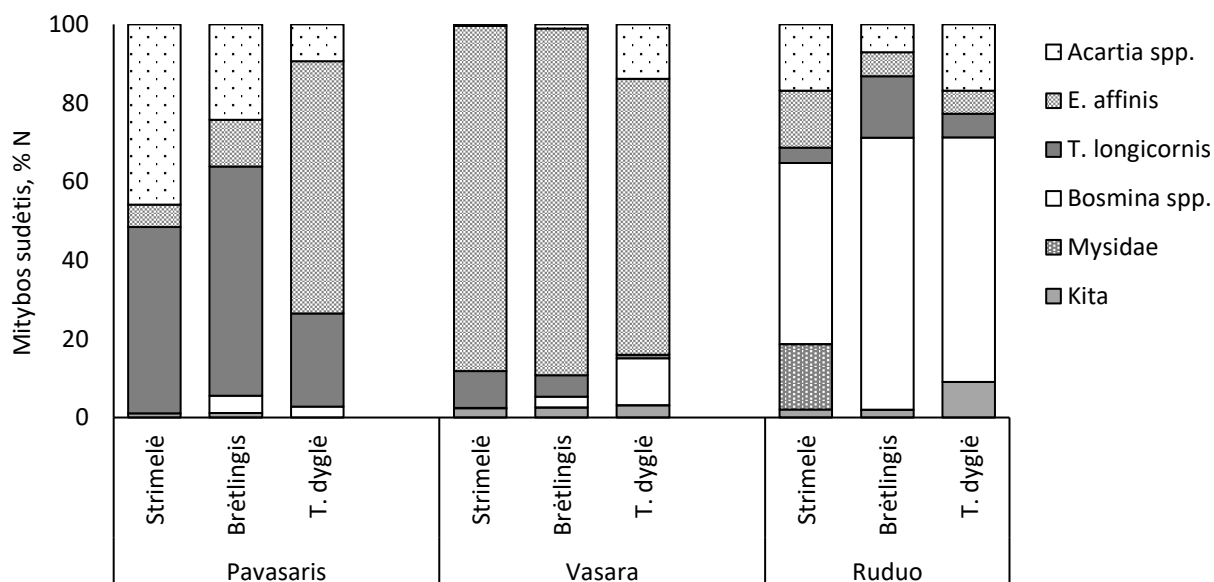
Geometrinės morfometrijos metodai (Bookstein, 1991; Zelditch et al., 2012) taikyti analizuojant trispyglių dyglių kūno formą. Kiekvienam individui suskaitmeninti 22 morfometriniai žymenys (*angl.* landmarks) naudojant tpsDig v 2.3 programinę įrangą (Rohlf, 2017). Siekiant sumažinti alometrinius efektus (*angl.* allometry), įtrauktos tik suaugusios, 5 – 7 cm ilgio žuvis (Walker, 1993). Iš viso, išanalizuota 270 individų kūno forma (N_{rytai}=123, N_{vakarai}=147). Kūno formos skirtumams įvairiose Baltijos jūros vietose statistiškai patikrinti, kūno formą aprašančioms koordinatėms buvo taikoma permutacinė daugiamatė dispersinė analizė MANCOVA, kur kovariantė – žuvies dydžio atitikmuo, log-transformuotas individo centroidinis dydis (*angl.* log-transformed fish centroid size, Zelditch et al., 2012), grupuojant pagal vietą (rytai – vakarai, Kuršių marios, Botnijos jūra, centrinė Baltijos jūra, Kalmar sąsiauris). Kūno formų palyginimui tarp „rytų“ ir „vakarų“ taip pat taikyta diskriminantinė analizė (*angl.* Discriminant Functions analysis), validacija atlikta Jackknife metodu.

Otolitų formos analizei naudotos *Sagittae* otolitų poros. Otolitų kontūrai analizuoti Fourier bei Wavelet metodais, naudojant *ShapeR* programinės įrangos paketą (Libungan and Pálsson, 2015). Statistinis palyginimas atliktas permutaciniu dispersinės analizės ANOVA testu (*angl.* ANOVA-like permutation test). Iš viso, otolitų forma išanalizuota 71 individui (N_{rytai}=32, N_{vakarai}=39).

REZULTATAI

I dalis. Mityba pelagialėje

Visos trys tirtos žuvų rūšys – strimelė, brėtlingis bei trispyglė dyglė – beveik išimtinai maitinasi irklakojais ir šakotaūšiais vėžiagyviais. Svarbiausi mitybiniai objektai (tiek pagal skaičių, tiek pagal masę) – *Eurytemora affinis*, *Acartia* spp., *Temora longicornis* bei *Bosmina* spp. (1 pav.). Pavasarį didžiausią strimelių bei brėtlingių mitybos dalį sudarė *T. longicornis*, o dyglių – *E. affinis*. *E. affinis* taip pat buvo pagrindinis mitybos objektas vasarą, o rudenį mityboje ėmė vyrauti *Bosmina* spp. Rudenį tik strimelių mityboje rasta mizidžių.



1 pav. Strimelių, brėtlingių bei trispyglių dyglių mitybos sudėtis skirtingais sezonais Baltijos jūros pelagialėje, Kalmar sąsiauris.

Perteklinė ir dalinė perteklinė analizės (*angl.* (p)RDA) parodė, kad didžiausią variacijos dalį žuvų mityboje paaiškina sezonai (13 %), o žuvų rūšis ir žuvų dydis (ilgis, TL) yra apytiksliai vienodai svarbūs veiksniai (po 2,5 %). Tą patvirtino ir klasterinė analizė (UPGMA su Bray-Curtis panašumo indeksu, žr. publikaciją nr. I).

Nustatytos aukštos mitybos persidengimo (C_H) reikšmės tarp visų trijų žuvų rūšių (1 lentelė), ypač vasaros metu.

1 Lentelė. Trispyglės dyglės, strimelės bei brėtlingio mitybos persidengimo reikšmės (C_H) skirtingais sezonais. Raidės nurodo strimelių bei brėtlingių dydį (TL): A – ≤ 10 cm, B – 10-15 cm, C – > 15 cm. Trispyglės dyglės visos ≤ 7 cm.

Sezonas	Trispyglė dyglė-Strimelė				Trispyglė dyglė-Brėtlingis			Strimelė-Brėtlingis					
	A	B	C	Vid.	A	B	Vid.	A-A	B-A	C-A	B-B	C-B	Vid.
Pavasaris	0,67	0,61	0,87	0,69	0,66	0,76	0,71	0,98	0,98	0,94	0,91	0,86	0,94
Vasara		0,95	0,94	0,94		0,95	0,95				0,99	0,99	0,99
Ruduo	0,69	0,78	0,72	0,74	0,67	0,93	0,8		0,7	0,51	0,88	0,61	0,69

Tiriant selektyvumą (2 lentelė), paaiškėjo, kad iš visų mitybinių objektų, visos žuvų rūšys teikė pirmenybę kalanoidams *E. affinis* (ypač vasaros metu), taip pat šakotaūsiams *Bosmina* spp. (rudeni). Visuomet, išskyrus pavasarį, pasižymėjo neigiamu selektyvumu *Acartia* spp. Irklakojams *T. longicornis* preferencija nebuvo tokia ryški. Visos žuvų rūšys iš esmės selektyviai rinkosi tuos pačius mitybinius objektus, ir tam tikros zooplanktono rūšys kaip maisto šaltinis žuvims buvo priimtinesnės nei kitos.

2 Lentelė. Trispyglės dyglės, strimelės bei brėtlingio mitybos selektyvumo pagrindiniams mitybos objektams (V-indekso) reikšmės skirtingais sezonais. Low ir Up žymi 95% pasikliautinius intervalus, paryškintos reikšmės – statistiškai reikšmingus indeksus, $p < 0,05$.

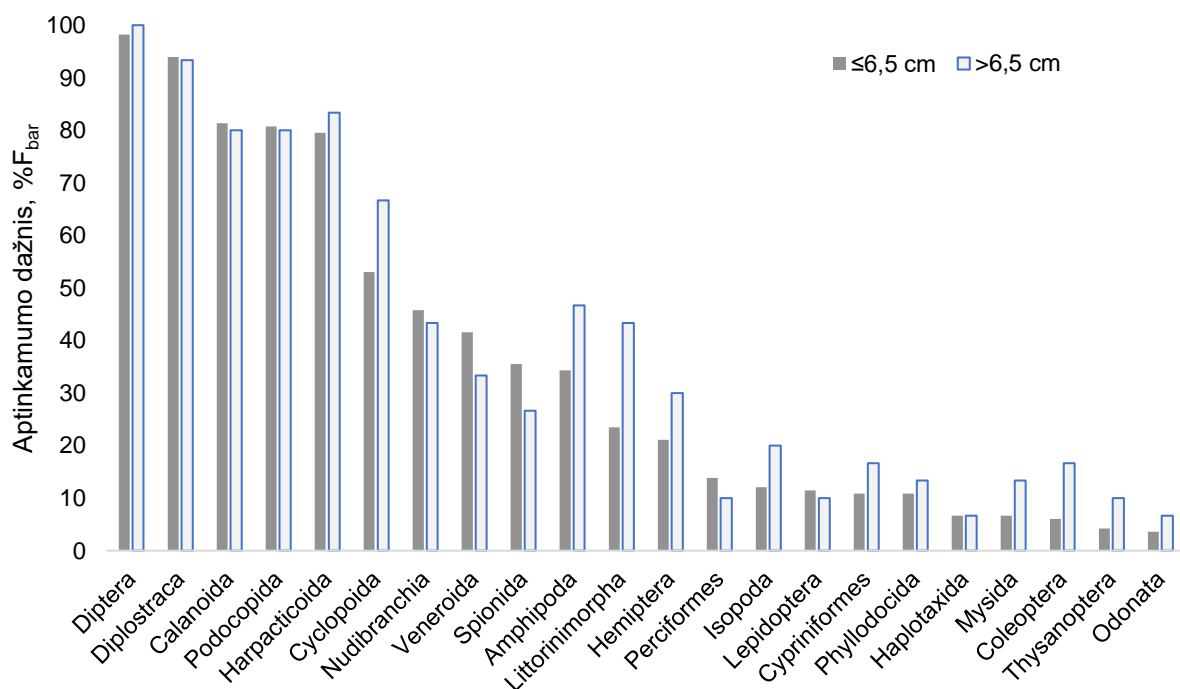
Sezonas	Mitybinis objektas	Trispyglė dyglė			Brėtlingis			Strimelė		
		Vid.	Low	Up	Vid.	Low	Up	Vid.	Low	Up
Pavasaris	<i>Acartia</i> spp,	0,57	-0,17	0,94	0,58	0,32	0,81	0,76	0,59	0,88
	<i>Bosmina</i> spp,	0,33	0,00	1,00	0,15	0,00	0,37			
	<i>Eurytemora affinis</i>				0,15	-0,04	0,40	0,04	-0,04	0,17
	<i>Temora longicornis</i>				0,02	-0,07	0,14	0,12	0,02	0,24
Vasara	<i>Acartia</i> spp,	-0,12	-0,19	-0,03	-0,30	-0,31	-0,28	-0,31	-0,32	-0,30
	<i>Bosmina</i> spp,	0,16	0,10	0,22	0,00	-0,03	0,04	-0,07	-0,08	-0,06
	<i>Eurytemora affinis</i>	0,39	0,30	0,46	0,58	0,54	0,62	0,58	0,53	0,61
	<i>Temora longicornis</i>	-0,21	-0,22	-0,19	-0,10	-0,14	-0,07	-0,03	-0,05	0,00
Ruduo	<i>Acartia</i> spp,	-0,09	-0,15	-0,02	-0,15	-0,19	-0,11	-0,20	-0,26	-0,14
	<i>Bosmina</i> spp,	0,70	0,62	0,77	0,65	0,57	0,73	0,44	0,33	0,54
	<i>Eurytemora affinis</i>	0,04	0,00	0,09	0,07	0,03	0,10	0,13	0,05	0,21
	<i>Temora longicornis</i>	-0,05	-0,09	0,01	0,09	0,01	0,18	-0,11	-0,16	-0,05

II dalis. Mityba priekrantėje

DNR metabarkodinimo pagalba buvo aptiktas neįprastai įvairus trispyglių dyglių racionas – iš viso, net 120 taksonų nustatyta trispyglių dyglių skrandžiuose. Iš jų, kaip tikslinis grobis, o ne atsitiktiniai ar antriniai mitybiniai objektai, nustatyti 103 taksonai, kurie ir naudoti tolimesnėje analizėje.

Mityboje dominavo chironomidai, irklakojai, bei šakotaūšiai. Rūšies lygmeniu, kaip pagrindiniai mitybiniai objektai, nustatyti chironomidai *Tanytarsus usmaensis*, harpaktikoidai *Tachidius discipes* bei šakotaūšiai *Pleopis polyphemoides*.

Didelių trispyglių dyglių (>6,5 cm) mityba skyrėsi nuo mažesnių individų (≤6,5 cm) ($F=1,95$, $p=0,044$). Šoniplaukos (Amphipoda), lygiakojai (Isopoda), pilvakojai moliuskai (Gastropoda), taip pat kai kurie vabzdžiai (Hemiptera, Coleoptera) buvo gausesnė didelių trispyglių dyglių mityboje (2 pav.).



2 pav. Trispyglių dyglių mityba priekrantėje. Trispyglės dyglės pagal dydį (TL) suskirstytos į dvi grupes: daugiau ir mažiau už 6,5 cm.

Žymiai aukštesnė taksonominė rezoliucija buvo pasiekta naudojant DNR metabarkodinimo metodą, taip pat ir didesnis nustatytų taksonų skaičius kiekviename skrandyje (žr. 2 lentelę). Vis dėlto, vizualinės skrandžio turinio analizės bei DNR

metabarkodinimo rezultatai iš esmės atitiko – abu metodai atskleidė tuos pačius dominuojančius mitybinius objektus (žr. publikaciją nr. II).

2 Lentelė. Metodų palyginimas.

	Vizualinė skrandžio turinio analizė	DNR metabarkodinimas
Vidutinis taksonominis rangas	Būrys	Gentis
Vidutinis nustatytų taksonų skaičius/ skrandžiui	1,96 ± 1 (SD)	21,7 ± 8,8 (SD)
Nustatytų taksonų skaičius, iš viso	21	120

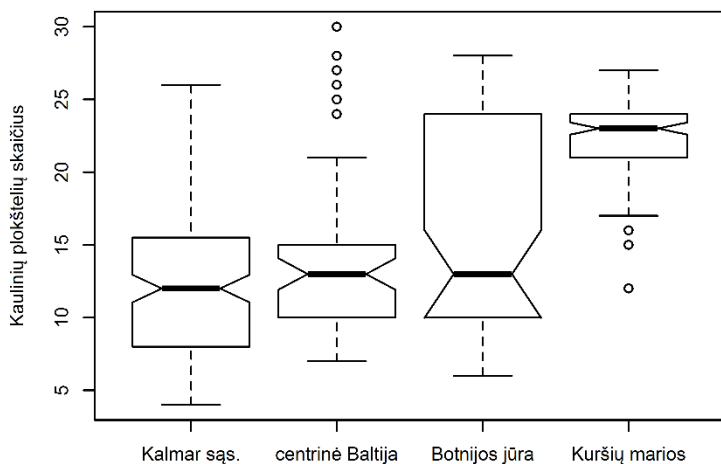
Lyginant trispyglių dyglių skrandžių turinį su epifaunos bei zooplanktono bendrijų sudėtimi bei gausumu visose tirtose šešiolikoje įlankų, nustatyta, kad trispyglės dyglės teikia pirmenybę šakotaūsiams *Pleopsis polyphemoides* ($p=0,003$) ir *Evadne nordmanni* ($p=0,038$), taip pat chironomidams ($p=0,003$). Tačiau pasižymėjo neigiamu selektyvumu kalanoidams *Acartia* spp. ($p=0,0076$), šoniplaukoms Gammaridae ($p=0,0066$), bei pilvakojams moliuskams ($p=0,0007$).

III dalis. Morfologija

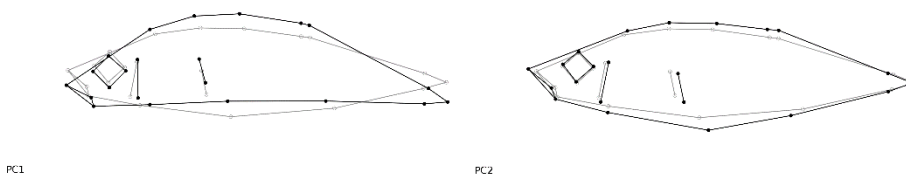
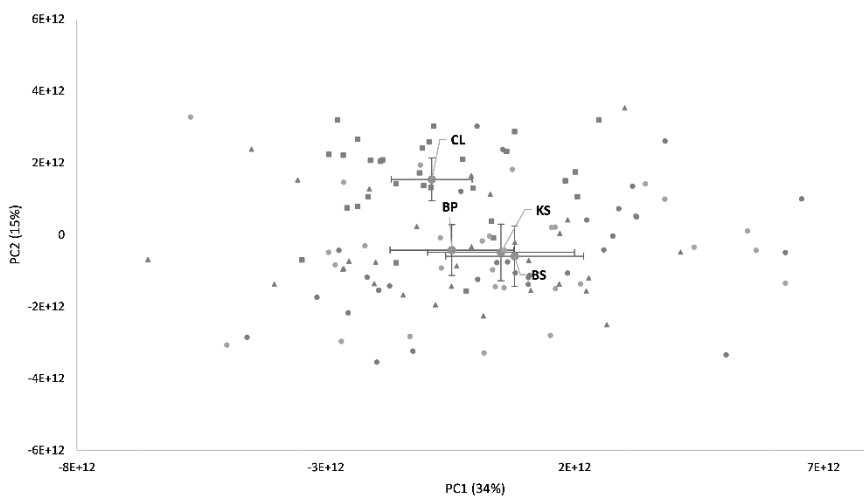
Kaulinių plokštelių skaičius reikšmingai skyrėsi tarp rytinės ir vakarinės Baltijos jūros dalies ($F=244,16$, $p<0,0001$). Rytuose (Kuršių mariose) trispyglės dyglės vidutiniškai turėjo $22,7 \pm 0,2$ (SE) kaulines plokšteles, kai vakaruose – $13,5 \pm 0,4$. Skirtingose vakarinės Baltijos jūros dalyse kaulinių plokštelių skaičius varijavo, tačiau reikšmingai nesiskyrė: $15,4 \pm 0,9$ Botnijos jūroje, $14,3 \pm 0,85$ centrinėje Baltijoje, $12,5 \pm 0,5$ Kalmar sąsiauryje (3 pav.).

Rasta, kad trispyglių dyglių kūnai rytuose (Kuršių mariose) yra platesni, lyginant su kūno forma individų, pagautų vakarinėje dalyje (4 pav.). Tokią diferenciaciją tarp rytų – vakarų patvirtina ir aukšta teisingai priskirtų individų procentinė dalis (93%) Jackknife metodu. Tarp žuvų iš vakarinės Baltijos jūros dalies, trispyglės dyglės iš Kalmar sąsiaurio turėjo ilgesnius snukius, bei buvo labiau dorzaliai lenktos (CVA, žr. publikaciją nr. III) lyginant su žuvimis iš Botnijos jūros bei centrinės Baltijos.

Nors nedideli pokyčiai žuvų otolithų *excisura major* srityje pastebėti (žr. publikaciją nr. III), otolithų forma tarp tirtų žuvų reikšmingai nesiskyrė (Wavelet: $F=1,56$, $p=0,14$; Fourier: $F=0,7$, $p=0,7$).



3 pav. Trispyglių dyglių iš skirtingų Baltijos jūros vietų kaulinių plokštelių skaičius.



4 pav. Trispyglių dyglių iš skirtingų Baltijos jūros vietų kūno formos principinių komponentių analizė (vidurkis \pm SD). CL – Kuršių marios, BP – centrinė Baltijos jūros dalis, KS – Kalmar sąsiauris, BS – Botnijos jūra. Apačioje: kūno formos pokyčiai (juodas kontūras) lyginant su vidutine forma (pilkas kontūras) išilgai PC1 ašies (kairėje), ir išilgai PC2 ašies (dešinėje).

REZULTATŲ APTARIMAS

Per pastaruosius du dešimtmečius trispyglių dyglių gausumas Baltijos jūroje stipriai išaugo, ypač vakarinėje Baltijos jūros dalyje – tendencija akivaizdi tiek pelagialėje, tiek priekrantėje (Bergström et al., 2015). Kartu su populiacijos skaitlingumo didėjimu, daugėja ir įrodymų, kad trispyglė dyglė gali reikšmingai paveikti tiek priekrantės, tiek pelagialės ekosistemas, jų mitybinius tinklus (Eriksson et al., 2011; Sieben et al., 2011b; Byström et al., 2015, taip pat žr. publikaciją nr. I). Šiame kontekste trispyglių dyglių išteklių valdymas tampa vis aktualesnis, juolab, kad šiuo metu yra svarstomos trispyglių dyglių eksploatacijos žuvų pašarui bei biodujų gamybai galimybės (Olsson et al., unpublished). Efektyviam valdymui būtina išsami informacija apie trispyglių dyglių vietą mitybiniame tinkle, populiacijos diferenciaciją bei išteklių vienetų, kas ir buvo šio darbo uždaviniai.

Mityba pelagialėje

Baltijos jūros pelagialės bendrijoje dominuoja strimelės bei brėtlingiai - santykinai gerai ištyrinėtos, komerciškai svarbios žuvų rūšys, tačiau žymią biomasės dalį (Jurvelius et al., 1996; Ljunggren et al., 2010; Olsson et al., unpublished) sudaro ir kita planktofagių žuvų rūšis – trispyglės dyglės, kurių funkcinis vaidmuo šioje ekosistemoje menkai žinomas.

Baltijos jūros planktofagių žuvų - strimelių, brėtlingių bei dyglių – mityba jūros pelagialėje kinta priklausomai nuo sezono. Mitybos persidengimo reikšmės (C_H) yra aukštos, rodančios potencialiai reikšmingą konkurenciją tarp šių planktofagių, netgi tarp mažų trispyglių dyglių ir didesnių strimelių. Visos trys žuvų rūšys teikia pirmenybę toms pačioms zooplanktono rūšims, kas rodo dar didesnę konkurencijos tikimybę.

Nors tirtų žuvų rūšių vertikalus pasiskirstymas nebūtinai persidengia ar persidengia ne visada (trispyglės dyglės linkusios maitintis arčiau vandens paviršiaus, Peltonen et al., 2004), mitybos persidengimas vis tiek gali turėti poveikį silkinėms, ypač jeigu mitybiniai resursai riboti. Silkinių įmitimas (*angl. condition*), ypač strimelių, yra sumažėjęs (Casini et al., 2011), taigi, auganti trispyglių dyglių populiacija ir galima mitybinė konkurencija gali neigiamai veikti silkinių populiacijas.

Mityba priekrantėje

Žinoma, kad Baltijos jūros priekrantėje trispyglės dyglės gali paspartinti ekosistemos struktūros bei funkcionavimo pasikeitimus per trofines kaskadas bei intra-plėšrūnizmą (*angl.* intraguild predation) (Ljunggren et al., 2010; Eriksson et al., 2011; Byström et al., 2015; Candolin et al., 2016). Vis dėlto, turint omenyje mitybinių tinklų sudėtingumą, ryšių kompleksiskumą, bei augantį tokių žinių poreikį iš išteklių valdymo pusės, tyrimai apie trispyglių dyglių vaidmenį priekrantės ekosistemos mitybinėse grandinėse vis dar yra itin paklausūs ir reikalingi.

Šio tyrimo metu DNR metabarkodinimo pagalba atskleista neįtikėtinai įvairi (mitybiniai objektai iš >100 taksonų) trispyglių dyglių mityba, pabrėžianti egzistuojančių ryšių gausą. Jokia ligšiolinė studija neišaiškino tokios trispyglių dyglių grobio įvairovės, tikriausiai dėl naudotų metodų ribotumo (žr. apibendrinančią tyrimų lentelę S3, publikacija nr. II). Toks platus mitybinių objektų spektras (tiek pelaginių, tiek bentosinių organizmų) indikuoja, kad spartus trispyglių dyglių populiacijos augimas gali turėti įtakos daugybei Baltijos jūros priekrantės ekosistemos dalių.

Baltijos jūros priekrantėje pastebėtas intra-plėšrūnizmas: trispyglės dyglės minta plėšrių žuvų (tokių kaip lydekos ar ešeriai) ikreliais ir lervutėmis ir/arba konkuruoja su jų jaunikliais bei lervutėmis dėl maistinių išteklių, kas sumažina plėšrūnų populiacijos atsikūrimo galimybes (Ljunggren et al., 2010; Byström et al., 2015). Ešeržuvės (*Perciformes*) buvo aptiktos šešiuose dyglių skrandžiuose, tad negalime atmesti, kad dyglės nesimaitina plėšrūnų lervutėmis ar ikreliais. Šio tyrimo metu šakotūsiai vėžiagyviai buvo nustatyti kaip vienas svarbiausių maistinių objektų trispyglėms dyglėms, kas rodo potencialią konkurenciją su kitų žuvų rūšių jaunikliais, kadangi nustatyta preferencija šakotūsiam yra gerai žinoma, ir būdinga ne tik trispyglėms dyglėms (Campbell, 1991; Leinikki, 1995; Lankov et al., 2010). Dar daugiau, yra žinoma, kad trispyglės dyglės gali reikšmingai sumažinti zooplanktono bendrijų skaitlingumą panašiose sistemose (Jakobsen et al., 2003).

Mitybos sudėtis leidžia daryti prielaidas ir apie tam tikrus trispyglių dyglių erdvinio pasiskirstymo ypatumus. Pavyzdžiui, didelės trispyglės dyglės (>6,5 cm), lyginant su mažesniais individais, daugiau maitinasi ciklopoidais *Eucyclops macruroides* – tipine litoralės zonos rūšimi. Apskritai, imtyje didelių dyglių daug nebuvo (žiauninias tinklais

nepagauta), kas vėlgi indikuoja, kad didesnės žuvys galimai yra labiau paplitusios arčiau kranto, sekloje augmenijos turtingoje litoralėje, kur nebuvo galima žvejoti tinklais. Šoniplaukos Gammaridae yra gausiausios būtent tokioje buveinėje, tad ir didesnę mitybos dalį sudarė didesnėse dyglėse (>6,5 cm).

Trispyglės dyglės rodė teigiamą preferenciją šakotaūsiams *Pleopsis polyphemoides* bei *Evadne nordmanni*, tačiau reikšmingai vengė kalanoidų *Acartia* spp; šie rezultatai sutampa su kitomis studijomis, darytomis su jūrų bei gėlavandenėmis populiacijomis (Campbell, 1991; Leinikki, 1995; Lankov et al., 2010). Šakotaūsiams būdingas lėtesnis vengimo atsakas (*angl.* avoidance response) lyginant su greitai plaukiojančiais kopepodais, kas ir daro šakotūsius lengvu ir energetiškai optimaliu grobiu (Drenner et al., 1978; Viitasalo et al., 2001).

Abu naudoti metodai – tradicinė vizualinė skrandžio turinio analizė bei DNR metabarkodinimas – iš esmės davė panašius, atitinkančius rezultatus. Vis dėlto, DNR metabarkodinimo pagalba, buvo pasiekta žymiai geresnė taksonominė rezoliucija bei buvo atskleista plati mitybinių objektų įvairovė, ko padaryti įprastais metodais nebūtų įmanoma. Ryšių kompleksškumo atskleidimas, mitybinio objekto nustatymas iki rūšies yra ypač svarbūs siekiant modeliuoti trispyglių dyglių įtaką mitybiame tinkle, galimą poveikį bei pasekmes visai ekosistemai.

Morfologija

Kaulinių plokštelių skaičiaus variacija gali iliustruoti trispyglių dyglių populiacijos diferenciaciją (pvz., Hermida et al., 2005), juolab, kad tokie pokyčiai gali atsirasti labai greitai (Kristjansson et al., 2002). Pagal šią plastišką morfologinę savybę šio tyrimo metu atskleistas ryškus skirtumas tarp trispyglių dyglių rytinėje ir vakarinėje Baltijos jūros dalyse. Tiek didesnis kaulinių plokštelių skaičius, tiek platesnė kūno forma rytinėje dalyje (Kuršių mariose), tikėtina, yra atsakas į aukštesnį lokalaus plėšrūnizmo lygį (Bell and Foster, 1994; Walker and Bell, 2000; taip pat žr. publikaciją nr. III).

Nors otolitų forma yra labai naudingas įrankis žuvų išteklių vienetams atskirti (pvz., Libungan et al., 2015), šioje studijoje jokių skirtumų tarp trispyglių dyglių iš Kuršių marių, Botnijos jūros, bei Kalmar sąsiaurio otolitų formų nerasta, galimai dėl aukšto šios savybės konservatyvumo.

Taigi, trispyglių dyglių diferenciaciją atspindi labiausiai plastiškos savybės (kaulinių plokštelių skaičius ir kūno forma), bet ne otolitų forma, kuri yra mažiausiai plastiška iš tirtų morfologinių savybių. Atsižvelgus į šiuos rezultatus, galima daryti prielaidą, kad trispyglių dyglių populiacijos diferenciacija Baltijos jūroje yra arba neseniai įvykusi, arba silpna; panašios nuomonės laikėsi ir kiti autoriai, kurie rėmėsi trispyglių dyglių erdvinės sinchronijos tyrimais ar molekuliniais žymenimis (Östman et al., 2017).

Apibendrinant, šis tyrimas pateikia įrodymų, kad trispyglės dyglės gali būti funkciškai svarbios įvairiose Baltijos jūros sistemose – tiek pelagialėje, tiek priekrantėje, ir į jų galimą įtaką mitybiniam tinklams turėtų būti atsižvelgta, rengiant populiacijų valdymo planus bei siekiant geros aplinkos būklės Baltijos jūroje.

IŠVADOS

1. Baltijos jūros pelagialėje pagrindiniai trispyglių dyglių mitybiniai objektai kinta priklausomai nuo sezono. Pavasarį trispyglės dyglės renkasi irklakojus *Acartia* spp., vasarą - *Eurytemora affinis*, rudens metu - šakotaūsius *Bosmina* spp.
2. Baltijos jūros pelagialėje trispyglių dyglių, strimėlių bei brėtlingių mityba reikšmingai persidengia. Didžiausias mitybinis persidengimas tarp trispyglių dyglių ir silkinių rastas vasaros metu (94-95%), mažesnis - rudenį (67-93%), mažiausias - pavasarį (61-87%).
3. DNR metabarkodavimas atskleidė itin įvairią (dyglių skrandžiuose rasta >100 taksonų), tačiau selektyvią trispyglių dyglių mitybą Baltijos jūros priekrantėje. Trispyglės dyglės teigiamai rinkosi chironomidus (Chironomidae) bei šakotaūsius (Cladocera). Šoniplaukos (Amphipoda), lygiakojai (Isopoda), bei pilvakojai moliuskai (Gastropoda) buvo gausesni didelių trispyglių dyglių (>6,5 cm) mityboje.
4. DNR metabarkodavimas gali reikšmingai papildyti tradicinę vizualinę skrandžio turinio analizę mitybos tyrimuose, tačiau jos nepakeičia, bent kol DNR metabarkodavimo metodas nėra labiau išvystytas.
5. Trispyglės dyglės iš rytinės Baltijos jūros dalies (Kuršių marių) turi reikšmingai daugiau kaulinių plokštelių bei platesnius kūnus palyginus su individais iš vakarinės Baltijos jūros dalies (Botnijos jūros, centrinės Baltijos, bei Kalmar sąsiaurio). Kaulinių plokštelių skaičius koreliuoja su vietinių plėšrių žuvų santykinu gausumu.
6. Mažiausiai plastiška tarp tirtų morfologinių savybių - otolitų forma - tarp trispyglių dyglių iš rytinės (Kuršių marių) ir vakarinės Baltijos jūros dalies (Botnijos jūros, Kalmar sąsiaurio) nesiskyrė, kas galimai rodo neseniai įvykusią arba silpnai išreikštą trispyglių dyglių išteklių grupių diferenciaciją.
7. Bendrai, šio darbo rezultatai pabrėžia būtinybę įtraukti gausėjančią trispyglių dyglių populiaciją į išteklių valdymo ir stebėsenos planus, kadangi trispyglės dyglės gali paveikti daugelį mitybinio tinklo (tiek pelaginio, tiek bentosinio) dalių, tiek Baltijos jūros pelagialėje, tiek priekrantėje.

PADĖKA

Be daugybės žmonių pagalbos šis darbas nebūtų išvydęs dienos šviesos. Visų pirma, dėkoju savo vadovui dr. Linui Ložiui už suteiktą galimybę ir pasitikėjimą. Didelė garbė ir pasisekimas buvo dirbti su vadovu – konsultantu dr. Jens Olsson, kurio neįkainojama pagalba, konsultacijos, diskusijos ir palaikymas skatino nesustoti ir siekti daugiau. Taip pat nuoširdžiai dėkoju dr. Harry Gorfine, visuomet palaikiusiam, skatinusiam patikėti savo jėgomis, bei kantriai mokiusiam mane anglų kalbos.

Esu labai laiminga turėjusi galimybę prisidėti prie naujo metodo vystymo Goteburgo universitete, už tai esu dėkinga dr. Ulf Bergström ir dr. Johan Eklöf. Ačiū dr. Sarah Bourlat, padėjusiai žengti į DNR metabarkodinimo džungles, ir Quiterie už kantrybę atsakinėjant į nesibaigiančius mano klausimus.

Dėkoju Lietuvos mokslo tarybai už finansinę paramą.

Už pagalbą renkant mėginius, draugišką atmosferą ir visokeriopą pagalbą dėkoju Vandens išteklių departamento (Švedijos žemės ūkio universitetas) darbuotojams bei visam Jūros ekologijos laboratorijos (Gamtos tyrimų centras) kolektyvui.

Bet svarbiausia, ačiū draugams bei šeimos nariams, kurie per visus šiuos metus manęs neapleido, nors aš juos apleidau. Ačiū Jums už tikėjimą, kai pati netikėjau.

BIBLIOGRAFIJA

1. Andersson, A., Tamminen, T., Lehtinen, S., Jürgens, K., Labrenz, M., Viitasalo, M. The pelagic food web, 2017. In: Snoeijs-Leijonmalm, P., Schubert, H., Radziejewska, T. (Eds.), *Biological Oceanography of the Baltic Sea*. Springer Netherlands; pp. 281-332
2. Begg, G.A., Waldman, J.R., 1999. An holistic approach to fish stock identification. *Fish. Res.* 43, 35–44. doi:10.1016/S0165-7836(99)00065-X
3. Belgrano, A., Scharler, U.M., Dunne, J., Ulanowicz, R.E., 2005. *Aquatic food webs: an ecosystem approach*. Oxford University Press, New York.
4. Bell, M.A., 1981. Lateral Plate Polymorphism and Ontogeny of the Complete Plate Morph of Threespine Sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*). *Evolution* (N. Y). 35, 67–74. doi:10.2307/2407942
5. Bell, M.A., Foster, S.A., 1994. *The Evolutionary Biology of the Threespine Stickleback*. Oxford University Press, Oxford.
6. Bergström, U., Olsson, J., Casini, M., Eriksson, B.K., Fredriksson, R., Wennhage, H., Appelberg, M., 2015. Stickleback increase in the Baltic Sea – A thorny issue for coastal predatory fish. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 163, 1–9. doi:10.1016/j.ecss.2015.06.017
7. Berry, O., Bulman, C., Bunce, M., Coghlan, M., Murray, D.C., Ward, R.D., 2015. Comparison of morphological and DNA metabarcoding analyses of diets in exploited marine fishes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 540, 167–181. doi:10.3354/meps11524
8. Boursat, S.J., Haenel, Q., Finnman, J., Leray, M., 2016. Preparation of Amplicon Libraries for Metabarcoding of Marine Eukaryotes Using Illumina MiSeq: The Dual-PCR Method. In: Boursat, S.J. (Ed), *Marine Genomics - Methods and protocols*. Springer New York; pp. 197-207
9. Byström, P., Bergström, U., Hjälten, A., Ståhl, S., Jonsson, D., Olsson, J., 2015. Declining coastal piscivore populations in the Baltic Sea: Where and when do sticklebacks matter? *Ambio* 44, 462–471. doi:10.1007/s13280-015-0665-5
10. Bookstein, F.L., 1991. *Morphometric tools for landmark data: geometry and biology*, Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511573064
11. Campbell, C.E., 1991. Prey Selectivities of Threespine Sticklebacks (*Gasterosteus-Aculeatus*) and Phantom Midge Larvae (*Chaoborus* Spp) in Newfoundland Lakes. *Freshw. Biol.* 25, 155–167. doi:10.1111/j.1365-2427.1991.tb00481.x
12. Candolin, U., Johanson, A., Budria, A., 2016. The Influence of Stickleback on the Accumulation of Primary Production: a Comparison of Field and Experimental Data. *Estuaries and Coasts* 39, 248–257. doi:10.1007/s12237-015-9984-9
13. Caporaso, J.G., Kuczynski, J., Stombaugh, J., Bittinger, K., Bushman, F.D., Costello, E.K., Fierer, N., Peña, A.G., Goodrich, J.K., Gordon, J.I., Huttley, G.A., Kelley, S.T., Knights, D., Koenig, J.E., Ley, R.E., Lozupone, C.A., McDonald, D., Muegge, B.D., Pirrung, M., Reeder, J., Sevinsky, J.R., Turnbaugh, P.J., Walters, W.A., Widmann, J., Yatsunencko, T., Zaneveld, J., Knight, R., 2010. QIIME allows analysis of high-throughput community sequencing data. *Nat. Methods* 7, 335–6. doi:10.1038/nmeth.f.303
14. Casini, M., Cardinale, M., Arrhenius, F., 2004. Feeding preferences of herring (*Clupea harengus*) and sprat (*Sprattus sprattus*) in the southern Baltic Sea. *ICES J. Mar. Sci.* 61, 1267–1277. doi:10.1016/j.icesjms.2003.12.011
15. Casini, M., Kornilovs, G., Cardinale, M., Möllmann, C., Grygiel, W., Jonsson, P., Raid, T., Flinkman, J., Feldman, V., 2011. Spatial and temporal density dependence regulates the condition of central Baltic Sea clupeids: Compelling evidence using an extensive international acoustic survey. *Popul. Ecol.* 53, 511–523. doi:10.1007/s10144-011-0269-2

16. DeFaveri, J., Jonsson, P.R., Merilä, J., 2013. Heterogeneous Genomic Differentiation in marine threespine sticklebacks: adaptation along an environmental gradient. *Evolution* 67, 2530–46. doi:10.1111/evo.12097
17. DeFaveri, J., Merilä, J., 2013. Evidence for adaptive phenotypic differentiation in Baltic Sea sticklebacks. *J. Evol. Biol.* 26, 1700–1715. doi:10.1111/jeb.12168
18. Díaz-Gil, C., Werner, M., Lövgren, O., Kaljuste, O., Grzyb, A., Margoński, P., Casini, M., 2014. Spatio-temporal composition and dynamics of zooplankton in the Kalmar Sound (western Baltic Sea) in 2009–2010. *Boreal Environ. Res.* 19, 323–335.
19. Drenner, R.W., Strickler, J.R., O'Brien, W.J., 1978. Capture probability: the role of zooplankton escape in the selective feeding of planktivorous fish. *J. Fish. Res. Board Canada* 35, 1370–1373.
20. Eklöf, J.S., Alsterberg, C., Havenhand, J.N., Sundback, K., Wood, H.L., Gamfeldt, L., 2012. Experimental climate change weakens the insurance effect of biodiversity. *Ecol. Lett.* 15, 864–872. doi:10.1111/j.1461-0248.2012.01810.x
21. Eriksson, B.K., Sieben, K., Eklöf, J., Ljunggren, L., Olsson, J., Casini, M., Bergström, U., 2011. Effects of altered offshore food webs on coastal ecosystems emphasize the need for cross-ecosystem management. *Ambio* 40, 786–797. doi:10.1007/s13280-011-0158-0
22. Halpern, B.S., Walbridge, S., Selkoe, K.A., Kappel, C. V., Micheli, F., D'Agrosa, C., Bruno, J.F., Casey, K.S., Ebert, C., Fox, H.E., Fujita, R., Heinemann, D., Lenihan, H.S., Madin, E.M.P., Perry, M.T., Selig, E.R., Spalding, M., Steneck, R., Watson, R., 2008. A global map of human impact on marine ecosystems. *Science*. 319, 948–52. doi:10.1126/science.1149345
23. Hao, X., Jiang, R., Chen, T., 2011. Clustering 16S rRNA for OTU prediction: A method of unsupervised Bayesian clustering. *Bioinformatics* 27, 611–618. doi:10.1093/bioinformatics/btq725
24. HELCOM, 2013. Manual for Marine Monitoring in the COMBINE. Programme of HELCOM.
25. Hermida, M., Fernández, J.C., Amaro, R., San Miguel, E., 2005. Morphometric and meristic variation in Galician threespine stickleback populations, northwest Spain. *Environ. Biol. Fishes* 73, 189–200. doi:10.1007/s10641-005-2262-0
26. Hyslop, E.J., 1980. Stomach contents analysis—a review of methods and their application. *J. Fish Biol.* 17, 411–429. doi:10.1111/j.1095-8649.1980.tb02775.x
27. Horn, H.S., 1966. Measurement of “Overlap” in Comparative Ecological Studies. *Am. Nat.* 100, 419. doi:10.1086/282436
28. Huntingford, F.A., Ruiz-Gomez, M.L., 2009. Three-spined sticklebacks *Gasterosteus aculeatus* as a model for exploring behavioural biology. *J. Fish Biol.* 75, 1943–1976. doi:10.1111/j.1095-8649.2009.02420.x
29. ICES, 2014. First Interim Report of the Stock Identification Methods Working Group (SIMWG). ICES CM 2014/SSGSUE:02
30. Jacobs, J., 1974. Quantitative measurement of food selection. *Oecologia* 14, 413–417. doi:10.1007/BF00384581
31. Jakobsen, T.S., Hansen, P.B., Jeppesen, E., Grønkjær, P., Søndergaard, M., 2003. Impact of three-spined stickleback *Gasterosteus aculeatus* on zooplankton and chl a in shallow, eutrophic, brackish lakes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 277–284. doi:10.3354/meps262277
32. Jurvelius, J., Leinikki, J., Mamylov, V., Pushkin, S., 1996. Stock assessment of pelagic three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*): A simultaneous up- and down-looking echo-sounding study. *Fish. Res.* 27, 227–241.
33. Köster, F., Möllmann, C., 2000. Egg cannibalism in Baltic sprat *Sprattus sprattus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 196, 269–277.

34. Kristjánsson, B.K., Skulason, S., Noakes, D.L.G., Kristjánsson, B., 2002. Rapid divergence in a recently isolated population of threespine stickleback (*Gasterosteus aculeatus* L.). *Evol. Ecol. Res.* 4, 659–672.
35. Lankov, A., Ojaveer, H., Simm, M., Pöllupüü, M., Möllmann, C., 2010. Feeding ecology of pelagic fish species in the Gulf of Riga (Baltic Sea): the importance of changes in the zooplankton community. *J. Fish Biol.* 77, 2268–84. doi:10.1111/j.1095-8649.2010.02805.x
36. Leinikki, J., 1995. The diet of three-spined stickleback in the Gulf of Bothnia during its open water phase. *Aqua Fenn.* 25, 71–75.
37. Leray, M., Agudelo, N., Mills, S.C., Meyer, C.P., 2013a. Effectiveness of Annealing Blocking Primers versus Restriction Enzymes for Characterization of Generalist Diets: Unexpected Prey Revealed in the Gut Contents of Two Coral Reef Fish Species. *PLoS One* 8, e58076. doi:10.1371/journal.pone.0058076
38. Leray, M., Yang, J.Y., Meyer, C.P., Mills, S.C., Agudelo, N., Ranwez, V., Boehm, J.T., Machida, R.J., 2013b. A new versatile primer set targeting a short fragment of the mitochondrial COI region for metabarcoding metazoan diversity: application for characterizing coral reef fish gut contents. *Front. Zool.* 10, 34. doi:10.1186/1742-9994-10-34
39. Levinton, J.S., 1982. *Marine ecology*. Prentice-Hall.
40. Libungan, L.A., Óskarsson, G.J., Slotte, A., Jacobsen, J.A., Pálsson, S., 2015. Otolith shape: A population marker for Atlantic herring *Clupea harengus*. *J. Fish Biol.* 86, 1377–1395. doi:10.1111/jfb.12647
41. Libungan, L.A., Pálsson, S., 2015. ShapeR: An R Package to Study Otolith Shape Variation among Fish Populations. *PLoS One* 10, e0121102. doi:10.1371/journal.pone.0121102
42. Ljunggren, L., Sandstrom, A., Bergström, U., Mattila, J., Lappalainen, A., Johansson, G., Sundblad, G., Casini, M., Kaljuste, O., Eriksson, B.K., 2010. Recruitment failure of coastal predatory fish in the Baltic Sea coincident with an offshore ecosystem regime shift. *ICES J. Mar. Sci.* 67, 1587–1595. doi:10.1093/icesjms/fsq109
43. Möllmann, C., Kornilovs, G., Fetter, M., Koster, F.W., 2004. Feeding ecology of central Baltic Sea herring and sprat. *J. Fish Biol.* 65, 1563–1581. doi:10.1111/j.1095-8649.2004.00566.x
44. Möllmann, C., Kornilovs, G., Fetter, M., Koster, F.W., 2005. Climate, zooplankton, and pelagic fish growth in the central Baltic Sea. *ICES J. Mar. Sci.* 62, 1270–1280. doi:10.1016/j.icesjms.2005.04.021
45. Möllmann, C., Müller-Karulis, B., Kornilovs, G., John, M.A.S., 2008. Effects of climate and overfishing on zooplankton dynamics and ecosystem structure: regime shifts, trophic cascade, and feedback loops in a simple ecosystem. *ICES J. Mar. Sci.* 65, 302–310.
46. Olsson, J., Bergström, L., Gårdmark, A., 2013. Top-Down Regulation, Climate and Multi-Decadal Changes in Coastal Zoobenthos Communities in Two Baltic Sea Areas. *PLoS One* 8, e64767. doi:10.1371/journal.pone.0064767
47. Östman, Ö., Eklöf, J., Eriksson, B.K., Olsson, J., Moksnes, P.O., Bergström, U., Cao, Y., 2016. Top-down control as important as nutrient enrichment for eutrophication effects in North Atlantic coastal ecosystems. *J. Appl. Ecol.* 53, 1138–1147. doi:10.1111/1365-2664.12654
48. Östman, O., Olsson, J., Dannewitz, J., Palm, S., Florin, A.B., 2017. Inferring spatial structure from population genetics and spatial synchrony in demography of Baltic Sea fishes: implications for management. *Fish Fish.* 18, 324–339. doi:10.1111/faf.12182
49. Pearre, S., 1982. Estimating Prey Preference by Predators: Uses of Various Indices, and a Proposal of Another Based on χ^2 . *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39, 914–923. doi:10.1139/f82-122

50. Peltonen, H., Vinni, M., Lappalainen, A., Ponni, J., 2004. Spatial feeding patterns of herring (*Clupea harengus* L.), sprat (*Sprattus sprattus* L.), and the three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus* L.) in the Gulf of Finland, Baltic Sea. ICES J. Mar. Sci. 61, 966–971. doi:10.1016/j.icesjms.2004.06.008
51. Rohlf, F.J., 2017. TpsDig2. available at <http://life.bio.sunysb.edu/morph/>
52. Sieben, K., Ljunggren, L., Bergström, U., Eriksson, B.K., 2011a. A meso-predator release of stickleback promotes recruitment of macroalgae in the Baltic Sea. J. Exp. Mar. Bio. Ecol. 397, 79–84. doi:10.1016/j.jembe.2010.11.020
53. Sieben, K., Rippen, A.D., Eriksson, B.K., 2011b. Cascading effects from predator removal depend on resource availability in a benthic food web. Mar. Biol. 158, 391–400. doi:10.1007/s00227-010-1567-5
54. Viitasalo, M., Flinkman, J., Viherluoto, M., 2001. Zooplanktivory in the Baltic Sea: A comparison of prey selectivity by *Clupea harengus* and *Mysis mixta*, with reference to prey escape reactions. Mar. Ecol. Prog. Ser. 216, 191–200. doi:10.3354/meps216191
55. Walker, J.A., 1993. Ontogenetic allometry of threespine stickleback body form using landmark-based morphometrics. In: Marcus, L.F., Bello, E., Garcia-Valdecasas, A. (Eds), Contributions to morphometrics. Madrid: Museo Nacional de Ciencias Naturales; pp. 193–214.
56. Walker, J.A., Bell, M.A., 2000. Net evolutionary trajectories of body shape evolution within a microgeographic radiation of threespine sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*). J. Zool. 252, 293–302. doi:10.1111/j.1469-7998.2000.tb00624.x
57. Wootton, R.J., 1976. The biology of the sticklebacks. Academic Press, London.
58. Zelditch, M.L., Swiderski, D.L., Sheets, H.D.H.D., Fink, W.L., 2012. Geometric Morphometrics for Biologists: A Primer, Geometric Morphometrics for Biologists-A Primer. Academic Press. doi:10.1016/B978-0-12-386903-6.00001-0

SUMMARY

Over the past two decades, abundance of three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) has increased dramatically in the Baltic Sea, especially in the western parts. Evidence is accumulating stickleback populations can affect the Baltic Sea ecosystem structure and functioning, both at the coast and offshore. It is likely that the role of sticklebacks in the ecosystem will become even more significant via their future expansion. However, although three-spined sticklebacks is a thoroughly studied species in terms of its behavioural and evolutionary ecology, its functional role and interactions within Baltic Sea is poorly known. Fishery targeting sticklebacks in the Baltic Sea is now under consideration, which, in turn, requires information about stickleback population structure and stocks. Thus, the aim of this study was to get a better understanding of ecological role of the three-spined stickleback in the Baltic Sea, with emphasis on feeding ecology and stock delineation as implied by morphology.

A considerable diet overlap and significant similarities in prey preferences between sticklebacks and clupeids (herring and sprat) in the Baltic Sea offshore was found, indicating a potential resource competition. By means of DNA metabarcoding, a highly diverse diet of stickleback has been revealed at the coast (>100 taxa), highlighting many feeding connections present. Considering a wide variety of both pelagic and benthic organisms found in their diet, sharp increase in stickleback abundance may affect many parts of the Baltic Sea coastal ecosystem.

Morphometrics were employed to analyse divergence among sticklebacks from western and eastern Baltic Sea. Results showed that fish from the eastern Baltic (Curonian Lagoon) have significantly higher number of body plates and deeper bodies, potentially indicating a response to higher predation pressure compared to the other areas studied (Bothnian Sea, Kalmar Sound, and Baltic Proper). Otolith shape, did, however, not show any divergence among the areas studied, suggesting stock differentiation may be rather recent or weak. Overall, results emphasize the need not to overlook the species, to include consideration of sticklebacks in management plans and monitoring programs because this species is likely to be exerting significant influence on many components of pelagic and benthic food webs, in offshore and coastal habitats of the Baltic Sea.

CURRICULUM VITAE

Eglė Jakubavičiūtė

Gimimo data: 1988 07 05
Gimimo vieta: Panevėžys, Lietuva
El. paštas: ejakubaviciute@ekoi.lt,
ejakubaviciute@yahoo.com

Darbo patirtis

Nuo 2018 Jaunesnioji mokslo darbuotoja
Gamtos tyrimų centras, Akademijos g. 2 Vilnius

2011-2016 Biologė
Gamtos tyrimų centras, Akademijos g. 2 Vilnius

2008-2011 Vyr. laborantė
Gamtos tyrimų centras, Akademijos g. 2 Vilnius

Išsilavinimas

2013-2017 Doktorantūros studijos
Jungtinė Gamtos tyrimų centro ir Vilniaus universiteto doktorantūra

2011-2013 Ekologijos magistras *Magna Cum Laude*
Vilniaus universitetas, Universiteto g. 3, LT-01513, Vilnius

2007-2011 Ekologijos ir aplinkotyros bakalauras
Vilniaus universitetas, Universiteto g. 3, LT-01513, Vilnius

Stażuotės

2017 05-07 Švedijos žemės ūkio universitetas (SLU), Švedija
Trispyglių dyglių išteklių vertinimas

2015 09-2016 02 Goteburgo universitetas, Švedija
DNR metabarkodavimas trispyglių dyglių mitybos tyrimuose

2014 11 Pakrančių tyrimų institutas, Öregrund, Švedija
Trispyglių dyglių amžiaus nustatymo bei morfologijos analizės mokymai

2014 02 Švedijos žemės ūkio universitetas (SLU), Švedija
Ekosistemų funkcionavimo kursai

2014 02 Upsalos universitetas, Švedija
R programavimo kursai

2013 02-05 Suomijos Medžiojamosios faunos ir žuvininkystės tyrimų institutas.
Joensu, Suomija

Syko populiacijos Oulujarvi ežere modeliavimas

2012 01-06 Danijos techninis universitetas (DTU), Kopenhaga, Danija
(Studijų mainų programa Erasmus). *Matematinis modeliavimas biologijoje, žuvininkystės ekologija, vandens ekosistemų valdymas*

Apdovanojimai

2014 LMA Aukštųjų mokyklų studentų mokslinių darbų konkurso nugalėtoja
2013 (Biologijos, medicinos ir geologijos sekcija)

Publikacijos, neįtrauktos į disertaciją

1. Vainikka, A., **Jakubavičiūtė, E.**, Hyvarinen, P., 2017. Synchronous decline of three morphologically distinct whitefish (*Coregonus lavaretus*) stocks in Lake Oulujarvi with concurrent changes in the fish community. *Fisheries Research*, 196: 34-46. doi: 10.1016/j.fishres.2017.08.013
2. Dainys, J., Gorfine, H., Šidagytė, E, **Jakubavičiūtė, E.**, Kirka, M., Pūtys, Ž., Ložys, L., 2017. Do young on-grown eels, *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758), outperform glass eels after transition to a natural prey diet? *Journal of Applied Ichthyology*, 33, 3: 361-365. doi: 10.1111/jai.13347
3. Dainys, J., Gorfine, H., Šidagytė, E, **Jakubavičiūtė, E.**, Kirka, M., Pūtys, Ž., Ložys, L., 2017. Are Lithuanian eels fat enough to reach the spawning grounds? *Environmental Biology of Fishes*, 1-10.
4. Ložys, L., Shiao, Jen-Chieh, Iizuka, Y, Minde, A., Pūtys, Ž., **Jakubavičiūtė, E.**, Dainys, J., Gorfine, H., Tzeng, Wann-Nian., 2017. Habitat use and migratory behaviour of pikeperch *Sander lucioperca* in Lithuanian and Latvian waters as inferred from otolith Sr:Ca ratios. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 198: 43-52. doi: 10.1016/j.ecss.2017.08.020
5. Dainys, J., Pūtys, Ž., Bacevičius, E., Shiao, J.-C., Iizuka, Y., **Jakubavičiūtė, E.**, Ložys, L. 2017. First record of tub gurnard, *Chelidonichthys lucerna* (Linnaeus, 1758), from the south-eastern Baltic Sea (Lithuania). *Journal of Applied Ichthyology*, 33: 1223-1225. doi: 10.1111/jai.13491
6. Bergström, L., Heikinheimo, O., Svirgsden, R., Kruze, E., Ložys, L., Lappalainen, A., Saks, L., Minde, A., Dainys, J., **Jakubavičiūtė, E.**, Adjers, K., Olsson, J., 2016. Long term changes in the status of coastal fish in the Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 169: 74–84.

7. Troynikov, V. S., Whitten, A., Gorfine, H., Ložys, L., Pūtys, Ž., **Jakubavičiūtė, E.**, Dainys, J., 2013. Cormorant catch concerns for fishers: estimating the size-selectivity of a piscivorous bird. PLoS One, 11: e77518. doi: 10.1371/journal.pone.0077518
8. Troynikov, V. S., Gorfine, H. K., Ložys, L., Pūtys, Ž., **Jakubavičiūtė, E.**, Day, R. W., 2011. Parameterization of European perch *Perca fluviatilis* length-at-age data using stochastic Gompertz growth models. Journal of Fish Biology, 79: 1940–1949.
9. **Jakubavičiūtė, E.**, Pūtys, Ž., Dainys, J., Ložys, L. 2011. Perch (*Perca fluviatilis*) growth, mortality and stock exploitation by 40–45 mm mesh-sized gillnet fishery in the Curonian Lagoon. Acta Zoologica Lituanica, 21: 215-220.

Tarptautinės konferencijos, neįtrauktos į disertaciją

1. **Jakubavičiūtė E.**, Vainikka A., Hyvarinen P. 2014. Fisheries impact on different whitefish (*Coregonus lavaretus*) morphs in Lake Oulujarvi. World conference on Natural Resource Modeling. Vilnius, Lithuania.
2. **Jakubavičiūtė E.**, Dainys J. Ložys L. 2012. Roach (*Rutilus rutilus*) behavioral and growth response to water salinity. 6th international student conference „Aquatic environmental research”. Palanga, Lithuania.
3. Dainys J., **Jakubavičiūtė E.**, Ložys L. 2012. Water salinity influence on perch (*Perca fluviatilis*) growth. 6th international student conference „Aquatic environmental research”. Palanga, Lithuania.
4. Gorfine, H. K., Troynikov, V. S., Ložys, L., Pūtys, Ž., **Jakubavičiūtė E.**, and Day, R. W. 2011. Fish cohort response to gear selectivity - a stochastic framework. World Conference on Natural Resource Modeling, Ottawa, Canada.
5. **Jakubavičiūtė E.**, Pūtys Ž., Gorfine H., Bukontaitė R., Ložys L. 2011. Perch (*Perca fluviatilis*) stock exploitation by Great cormorants (*Phalacrocorax carbo sinensis*) and fishery in the Curonian lagoon. 54th International Scientific Conference for Young Students of Physics and Natural Sciences “Open readings”. Vilnius, Lithuania.
6. Butkauskas D., Ragauskas A., Sruoga A., Ložys L., Rashal I., Tzeng W.-N., Žalakevičius M. **Jakubavičiūtė E.** (presenter). 2011. Evaluation of the impact of nuclear power plant on perch population by means of genetic based analysis. Joint Symposium for the International Collaborative Study among Taiwan-Lithuania-Latvia. Keelung, Taiwan.
7. **Jakubavičiūtė E.**, Ložys L. 2010. Evaluation of perch (*Perca fluviatilis*) stock exploitation using 40-45 mm gillnets in the Curonian Lagoon. 5th International Student

Conference “Biodiversity and functioning of aquatic ecosystems in the Baltic Sea region”. Klaipeda, Lithuania.

8. **Jakubavičiūtė E.**, Ložys L. 2009. Evaluation of perch (*Perca fluviatilis*) population age structure in the Curonian Lagoon using fish otolith processing and statistical analysis methods. 4th International Student Conference “Biodiversity and functioning of aquatic ecosystems in the Baltic Sea region”. Dubingiai, Lithuania.

Nacionalinės konferencijos, neįtrauktos į disertaciją

1. **Jakubavičiūtė E.** 2013. Ešerio populiacijos Kuršių mariose modeliavimo galimybių analizė. Jaunųjų mokslininkų konferencija „Bioateitis: gamtos ir gyvybės mokslų perspektyvos“. Lietuvos mokslų akademija, Vilnius.
2. Dainys J., **Jakubavičiūtė E.**, Pūtys Ž., Ložys L. 2013. Water salinity influence on perch (*Perca fluviatilis* L.) growth. 7-oji nacionalinė jūros mokslų ir technologijų konferencija „Jūros ir krantų tyrimai – 2013“. Klaipėda.
3. Pūtys, Ž., **Jakubavičiūtė, E.**, Dainys, J., Ložys, L. 2013. Didžiųjų kormoranų ir verslinės žvejybos konkurencija Kuršių mariose. 7-oji nacionalinė jūros mokslų ir technologijų konferencija „Jūros ir krantų tyrimai – 2013“. Klaipėda.
4. **Jakubavičiūtė E.**, Ložys L. 2010. Ešerių (*Perca fluviatilis* L.) populiacijos Kuršių mariose amžinės struktūros nustatymas ir išteklių eksploatacijos vertinimas. LMT Studentų mokslinė konferencija. Vilnius.