

VILNIAUS UNIVERSITETAS  
GAMTOS TYRIMŲ CENTRAS

JUSTAS DAINYS

**ĮŽUVINTŲ EUROPINIŲ UNGURIŲ (*ANGUILLA ANGUILLA L.*)  
MIGRACIJA LIETUVOJE IR POTENCIALUS INDĖLIS Į NERŠTINIŲ  
IŠTEKLIŲ ATKŪRIMĄ**

Daktaro disertacijos santrauka

Biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra (03B)

Vilnius, 2017

Disertacija rengta 2012–2016 metais Gamtos tyrimų centre.

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

Disertacija ginama viešame disertacijos Gynimo tarybos posėdyje:

Pirmininkė – dr. Nijolė Kazlauskienė (Gamtos tyrimų centras, biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra – 03B).

Nariai:

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

dr. Tomas Virbickas (Gamtos tyrimų centras, biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra – 03B),

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

dr. Markus Vetemaa (Tartu universitetas, biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra – 03B).

Disertacija bus ginama viešame disertacijos Gynimo tarybos posėdyje 2017 m. rugpjūčio mėn. 25 d. 14 val. Gamtos tyrimų centro 101 auditorijoje.

Adresas: Akademijos g. 2, Vilnius, Lietuva

Disertacijos santrauka išsiuntinėta 2017 m. liepos mėn. 25 d.

Disertaciją galima peržiūrėti Vilniaus universiteto bei Gamtos tyrimų centro bibliotekose ir VU interneto svetainėje adresu [www.vu.lt/naujienos/ivykiu-kalendosius](http://www.vu.lt/naujienos/ivykiu-kalendosius)

## IVADAS

**Darbo aktualumas.** Anot Jungtinių Tautų maisto ir žemės ūkio organizacijos pateikiamų duomenų, šiuo metu daugiau nei 70 % žuvų populiacijų yra atsidūrusios pavojuje dėl pernelyg intensyvaus išteklių eksploatavimo. Europinis upinis ungurys (*Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758)) yra viena iš labiausiai neigiamai paveiktų rūšių. Nuo 1980 m. visame ungurių paplitimo areale populiacijų pasipildymas jaunikliais sumažėjo nuo 50 % iki 99 %, lyginant su buvusiu kiekiu, o ungurių populiacija atsidūrė kritinėje būklėje (ICES, 2010; Jacoby ir Gollock, 2014). Konkrečios to priežastys iki šiol nėra aiškios, tačiau manoma, jog neigiamos įtakos galėjo turėti Golfo srovės pokyčiai, padidėjęs žvejybinis mirtingumas, buveinių praradimas, neigiamas taršos bei parazitų poveikis (Wirth, 2003; Dekker, 2004).

Siekiant atkurti sumenkusius ungurių išteklius, 2007 m. buvo išleistas Europos Sąjungos tarybos reglamentas (EB) Nr. 1100/2007, nurodantis visoms šalims narėms, kurios patenka į natūralų europinio upinio ungurio paplitimo arealą, parengti nacionalinius ungurių išteklių valdymo planus (UVP). Lietuvos UVP Europos Komisijoje buvo patvirtintas 2009 m. Pagrindinis plano tikslas – atstatyti sidabrinių ungurių, išmigruojančių į jūrą, gausumą iki 40 %, lyginant su buvusiomis referentinėmis sąlygomis (be antropogeninio poveikio), bei vykdyti tolesnę populiacijos būklės stebėseną. Viena iš pagrindinių priemonių, numatytų šiems tikslams pasiekti, yra vandens telkinių išžuvinimas unguriais (Dekker ir Beaulaton, 2016). Nepaisant to, vandens telkinių žuvinimas akvakultūroje augintomis žuvimis ne visada duoda tokį rezultatą, kokio tikimasi (Larscheid, 1995; Blaxter, 2000). Pastaruoju metu stikliniai unguriukai, prieš juos išžuvinant į natūralius vandens telkinius, yra paauginami akvakultūroje. Manoma, jog paauginti unguriukai turi išgyvenamumo pranašumą po išžuvinimo, lyginant su stikliniais unguriukais, tačiau šis teiginys yra spekuliatyvus, nes mokliškai pagrįstų duomenų vis dar trūksta (ICES, 2015). Po išžuvinimo praėjus keliolikai ar net keliasdešimčiai metų unguriai subręsta, pasiekia sidabrinio ungurio stadiją ir pradeda nerštinę migraciją. Ankstesnių tyrimų rezultatai (Winter ir kt., 2006, 2007; Bruijs ir Durif, 2009; Aarestrup ir kt., 2010) parodė, jog nerštinių migracijų upėmis metu gali žūti žymi migruojančių ungurių dalis. Verslinė žvejyba ir neigiamas hidroelektrinių (HE) turbinų poveikis migruojantiems unguriams laikomos pagrindinėmis mirtingumo upėse priežastimis (Winter ir kt., 2006). Įprasta, jog turbinos dydis ir žuvų mirtingumo lygis turbinoje yra atvirkščiai proporcingi (Calles ir kt., 2010). Anksčiau atlikti tyrimai parodė, jog sidabrinių ungurių mirtingumas migracijų per HE metu yra nevienodas ir priklausomai nuo įvairių veiksnių, tačiau svyruoja tarp 15 % ir 30 % didelėse bei 50 % ir 100 % mažose Kaplan turbinose, kurios yra naudojamos didžiojoje dalyje hidroelektrinių (Monten, 1985; Haddingh ir Baker, 1998). Ungurių mirtingumas „cross-flow“ tipo turbinose (pvz. Banki, CINK, Ossberger), kurios yra naudojamos dalyje mažųjų HE, anksčiau tirtas apskritai nebuvo, tačiau tikėtina, jog šios turbinos gali būti ypač pavojingos migruojantiems unguriams. Atlikti tyrimai rodo, jog kitų žuvų rūšių jauniklių mirtingumas šiose turbinose yra žymiai didesnis nei Kaplan ar Francis turbinose ir siekia iki 75 % (Gloss ir Wahl, 1983; Dubois ir Gloss, 1993).

Maždaug pusė Lietuvos ungurių populiacijos nerštinių migracijų upėmis metu nėra veikiamos hidroelektrinių turbinų (Ložys ir kt., 2008), tačiau duomenys apie ungurių

migracijos sėkmę ir greitį nepatvenktose upėse (Simon ir kt., 2011; Bultel ir kt., 2014; Stein ir kt., 2016) bei estuarijose (Amilhat ir kt., 2008; Charrier ir kt., 2012) yra negausūs. Be to, Lietuvos ir Vakarų Europos upės skiriasi savo hidrologiniu režimu, temperatūra, nuotėkiu bei fiziko-cheminėmis savybėmis (Gailiušis ir kt., 2001), taigi duomenų apie ungurių migracijų ypatybes šiaurrytinėje arealo dalyje labai trūksta. Atsižvelgiant į tarptautines pastangas atkuriant ungurių išteklius bei siekiant veiksmingo UVP įgyvendinimo, sidabrinių ungurių nerštinės migracijos ypatybių ir sėkmės įvertinimas šiaurrytinėje arealo dalyje neabejotinai svarbus.

Iš Lietuvos vidaus vandens telkinių upėmis neršti migruojantys sidabriniai unguriai galiausiai pasiekia Kuršių marias ir per Klaipėdos sąsiaurį išplaukia į Baltijos jūrą. Žinoma, jog paskutinės sidabriškumo stadijos unguriai okeaninės migracijos metu nesimaitina (Tesch, 2003; van den Thillart ir Dufour, 2009), taigi energetinės atsargos, reikalingos sėkmingai nerštinei migracijai ir gonadų subrandinimui, yra sukauptos geltonojo ungurio stadijoje, dar prieš pradėdant migraciją (Tesch, 2003). Mažiausias atstumas, kurį iki nerštaviečių, esančių Sargaso jūroje, turi įveikti migruojantys unguriai, yra 4000 km, tačiau migruojant iš skirtingų arealo vietų šis atstumas gali skirtis daugiau nei 3500 km (Schmidt, 1923; Clevestam ir kt., 2011). Migracija iš šiaurrytinės arealo dalies akivaizdžiai reikalauja daugiau energetinių atsargų nei migracija iš Vakarų Europos. Unguriai, migruojantys iš rytinėje Lietuvos dalyje esančių vandens telkinių, turi įveikti beveik 8000 km. Žinoma, jog visi Lietuvos vidaus vandenyse esantys unguriai yra išžuvinti (Shiao ir kt., 2006). Jie prieš išžuvinimą buvo sugauti pietrytinėje Atlanto vandenyno pakrantėje ir dirbtinai perkelti daugiau nei 2000 km. Anksčiau atlikti tyrimai (Couillard ir kt., 2014) parodė, jog išžuvinti unguriai gali nesukaupti pakankamų energetinių resursų, būtinų migracijai, taigi migruojančių ungurių energetinių atsargų tyrimas yra ypatingai svarbus vertinant UVP plano veiksmų efektyvumą siekiant ungurių populiacijos būklės pagerėjimo.

### **Darbo naujumas:**

1. Pirmą kartą atlikto laboratorinio eksperimento rezultatai parodė, jog akvakultūroje paauginti unguriukai neturi išgyvenamumo pranašumo, lyginant su stikliniais unguriukais po mitybinių objektų pasikeitimo iš dirbtinio žuvų pašaro į natūralų (*Chironomus* spp. lervas).
2. Nustatyta, jog ungurių mirtingumas mažoje CINK tipo turbinoje yra 100 %.
3. Nustatyta, jog žymi pasroviui migruojančių ungurių dalis migruoja žuvitakiu, skirtu lašišinių žuvų priešsrovinei migracijai.
4. Šiaurrytinėje ungurių arealo dalyje pirmą kartą nustatyta ungurių pasrovinės migracijos sėkmė ir greitis.
5. Šiaurrytinėje ungurių arealo dalyje pirmą kartą apskaičiuotas sidabrinių išžuvintų ungurių plaukimo potencialas.

**Mokslinė ir praktinė darbo reikšmė.** Atliktų tyrimų rezultatai leidžia optimizuoti veiksmus siekiant ungurių populiacijos būklės pagerėjimo ir išteklių atsistatymo. Vandens telkinių išžuvinimas unguriais yra viena iš pagrindinių priemonių, taikomų jų populiacijų būklei pagerinti. Stiklinių unguriukų paauginimas akvakultūroje prieš jų išleidimą į vandens telkinius yra plačiai taikoma priemonė siekiant padidinti

išgyvenamumą po įžuvinimo, tačiau šio tyrimo metu atlikto laboratorinio eksperimento rezultatai leidžia teigti, jog akvakultūroje paauginți unguriukai neturi išgyvenamumo pranašumo po mitybinių objektų pasikeitimo iš dirbtinio žuvų pašaro į natūralų (*Chironomus* spp. lervas), lyginant su stikliniais unguriukais. Tyrimo rezultatai suteikė naujos informacijos apie paauginimo akvakultūroje įtaką ungurių išgyvenamumui po mitybinių objektų pasikeitimo. Praktinė šio darbo reikšmė siekiant optimizuoti UVP plane numatytų veiksmų (įžuvinimo) veiksmingumą yra neabejotina. Šio tyrimo rezultatai yra reikšmingi plačiam specialistų, dirbančių akvakultūros ir žuvininkystės srityse, ratui.

Įžuvintiems unguriams subrendus ir pasiekus sidabrinio unguorio stadiją, prasideda jų nerštinė migracija upėmis link jūros, tačiau didelis migruojančių ungurių mirtingumas gali ženkliai sumažinti nerštinių išteklių dydį, o į jūrą išmigruojančių sidabrinų ungurių kiekis yra pagrindinis UVP planų įgyvendinimo sėkmės rodiklis. Hidroelektrinių turbinų sukiamas mirtingumas yra laikomas viena iš pagrindinių grėsmių upėmis migruojantiems unguriams, taigi žuvitakių, skirtų lašišinių žuvų priešsrovinei migracijai, veiksmingumo įvertinimas ungurių migracijų metu yra ypač svarbus. Atlikti tyrimai taip pat suteikė naujos informacijos apie ungurių mirtingumą migracijų per Kaplan ir CINK tipo turbinas metu bei leido įvertinti žuvitakio, įrengto prie Valtūnų HE, veiksmingumą. CINK tipo turbinos poveikis migruojantiems unguriams anksčiau tirtas nebuvo, taigi šio tyrimo rezultatai svarbūs tiek mokslinė, tiek ir taikomąja prasme. Gauti darbo rezultatai parodė, jog UVP numatyti tikslai gali būti neįgyvendinti ar įgyvendinti nevisiškai, jei unguriais bus žuvinami vandens telkiniai, esantys HE poveikio zonoje, nepaisant to, ar HE turi įrengtą žuvitakį, ar ne. Šie neigiami veiksniai privalo būti įvertinami kuriant ilgalaikes populiacijų valdymo programas bei siekiant ungurių populiacijų augimo.

Europinių ungurių nerštinės migracijos kelias yra ilgiausias iš visų aprašytų žuvų rūšių, maža to, subrendę neršti migruojantys unguriai migracijų metu nesimaitina. Ankstesni tyrimai parodė, jog įžuvinti unguriai gali sukaupti nepakankamai energetinių atsargų, reikalingų sėkmingai nerštinei migracijai ir gonadų subrandinimui (Couillard ir kt., 2014). Kaip bebūtų, šio darbo metu atliktų tyrimų rezultatai rodo, jog bent trečdalis prieš įžuvinimą iš vakarinės Europos pakrantės į šiaurinę arealo dalį perkeltų ungurių sukaupia pakankamus energetinius resursus sėkmingai nerštinei migracijai ir gonadų subrandinimui. Tai leidžia teigti, jog įžuvinti unguriai potencialiai gali dalyvauti neršte ir taip prisidėti prie populiacijos augimo, jei tik jų „navigacinės galimybės“ yra pakankamos pasiekti nerštavietes.

**Darbo tikslas:** Įvertinti šiaurinėje arealo dalyje įžuvintų ungurių galimybes papildyti nerštinius išteklius.

### Darbo uždaviniai:

1. Įvertinti stiklinių ir akvakultūroje paaugintų unguriukų galimybes pereiti nuo dirbtinio žuvų pašaro prie natūralių mitybinių objektų (*Chironomus* spp. lervų) ir jų vėlesnį išgyvenamumą.
2. Įvertinti ungurių mirtingumo lygį migracijų per skirtingo tipo hidroelektrinių turbinas metu: didelę ir mažą Kaplan turbinas bei mažą CINK turbiną.
3. Įvertinti ungurių nerštinės migracijos greitį ir sėkmę upėse ir Kuršių mariose.
4. Įvertinti, ar prieš išžuvinimą iš Vakarų Europos pakrantės į šiaur rytinę arealo dalį dirbtinai perkelti unguriai sukaupia pakankamus energetinius resursus, reikalingus sėkmingai nerštinei migracijai į Sargaso jūrą ir gonadų subrandinimui.

### Ginamieji teiginiai:

1. Akvakultūroje paauginti unguriukai neturi išgyvenamumo pranašumo po mitybinių objektų pasikeitimo iš dirbtinio žuvų pašaro į natūralų (*Chironomus* spp. lervas), lyginant su stikliniais unguriukais.
2. Hidroelektrinių turbinų sukeliamas ungurių mirtingumo lygis yra priklausomas nuo turbinos tipo ir dydžio; Kaplan turbinos sužaloja mažiau migruojančių ungurių, lyginant su CINK tipo turbinomis. Dėl hidroelektrinių turbinų poveikio gali žūti ženkliai upėmis migruojančių ungurių dalis, o ungurių valdymo plane numatyti tikslai gali būti nepasiekti, jei bus išžuvinami vandens telkiniai, esantys HE poveikio zonoje.
3. Ungurių migracijos greitis upėse ir Kuršių mariose yra panašus, tačiau faktinė migracijos sėkmė Kuršių mariose yra ženkliai didesnė.
4. Nepaisant to, jog pagrindinė nerštinė ungurių migracija iš ežerų į upes Lietuvoje vyksta pavasarį, į Baltijos jūrą unguriai išmigruoja rudenį.
5. Daugiau nei trečdalis išžuvinintos kilmės sidabrinių ungurių, prieš išžuvinimą perkeltų didelį atstumą, sukaupia pakankamą energetinių resursų kiekį gonadų subrandinimui ir nerštinei migracijai.

**Rezultatų pristatymas ir aprobavimas.** Disertacinio darbo tematika parengtos 4 mokslinės publikacijos. Darbo rezultatai pristatyti 8 nacionalinėse ir tarptautinėse konferencijose.

### Publikacijų sąrašas:

- I. J. Dainys, H. Gorfine, E. Šidagytė, E. Jakubavičiūtė, M. Kirka, Ž. Pūtys, L. Ložys. 2017. Do young on-grown eels, *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758), outperform glass eels after transition to a natural prey diet? *Journal of Applied Ichthyology*, 33:361–365. doi: 10.1111/jai.13347
- II. J. Dainys, S. Stakėnas, H. Gorfine, L. Ložys. Mortality of silver eels, *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758), migrating through different types of hydropower turbines in Lithuania. (Išsiūsta).
- III. J. Dainys, S. Stakėnas, H. Gorfine, L. Ložys. 2017. Silver eel, *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758), migration patterns in lowland rivers and lagoons in the North-Eastern

region of their distribution range. (Priimta spaudai, Journal of Applied Ichthyology). doi: 10.1111/jai.13426

IV. J. Dainys, H. Gorfine, E. Šidagytė, E. Jakubavičiūtė, M. Kirka, Ž. Pūtys, L. Ložys. Are Lithuanian eels, *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758), fat enough to reach the spawning grounds? (Išsiūsta).

**Padėkos.** Nuoširdžiai dėkoju visiems, kurie prisidėjo prie šios disertacijos atsiradimo. Esu labai dėkingas savo darbo vadovui dr. Linui Ložiui už visokeriopą pagalbą ir palaikymą rengiant šį darbą. Dėkoju dr. Sauliui Stakėnui už pagalbą lauko darbų metu bei vertingus patarimus rengiant publikacijas. Dr. Eglei Šidagytei esu dėkingas už pagalbą vykdant statistinę duomenų analizę. Esu dėkingas dr. Harry Gorfine už jo pagalbą rengiant publikacijas ir disertaciją bei tekstų anglų kalba taisymą. Taip pat dėkoju dr. Svetlanai Orlovskitei už lietuvių kalbos taisymą ir pastabas. Noriu nuoširdžiai padėkoti visai Gamtos tyrimų centro Jūros ekologijos laboratorijai, o ypač Mindaugui Kirkai už nepamainomą pagalbą lauko darbų metu. Taip pat dėkoju Klaipėdos uosto bei Kauno hidroelektrinės darbuotojams už suteiktą galimybę atlikti tyrimus jų teritorijoje bei pagalbą lauko darbų metu. Žuvininkystės tarnyba prie Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministerijos dalinai finansavo ungurių migracijų ir mirtingumo hidroelektrinių turbinose tyrimus bei suteikė unguriukus laboratoriniam išgyvenamumo eksperimentui. Galiausiai noriu padėkoti savo šeimos nariams už jų visokeriopą palaikymą visais studijų metais.

## MEDŽIAGA IR METODAI

### Laboratorinis ungurių išgyvenamumo eksperimentas

Siekiant įvertinti ungurių išgyvenamumo skirtumus po mitybinių objektų pasikeitimo iš dirbtinio žuvų pašaro į natūralų (*Chironomus* spp. lervas) priklausomai nuo paauginimo akvakultūroje trukmės, buvo atlikti 3 laboratoriniai eksperimentai, trukę po 30 dienų. Jų metu naudoti stikliniai unguriukai (A grupė), unguriukai, akvakultūroje paauginti 42 dienas, juos šeriant dirbtiniu žuvų pašaru (B grupė), ir unguriukai, akvakultūroje paauginti 196 dienas, juos šeriant dirbtiniu žuvų pašaru (C grupė). Eksperimentinę sistemą sudarė dešimt 240 l talpos eksperimentinių baseinėlių, sujungtų su biologiniu ir mechaniniu filtru. Aplinkos sąlygos (apšvietimas, temperatūra, azoto junginių kiekis, deguonies kiekis) buvo vienodos visų eksperimentų metu. Eksperimentų metu vidutinė vandens temperatūra buvo  $18,3 \pm 0,4$  °C, amonio ir nitritų koncentracijos neviršijo  $0,05 \text{ mg/l}^{-1}$ , o vidutinė nitratų koncentracija buvo  $13,2 \pm 11 \text{ mg/l}^{-1}$ . Unguriai šerti iki soties (*ad libitum*) gyvomis uodų trūklių (*Chironomus* spp.) lervomis. Augimo ir išgyvenamumo skirtumams tarp skirtingų eksperimentų įvertinti buvo apskaičiuotas unguriukų specifinis augimo greitis (SAG) ir mirtingumo lygis (M). Po pirmųjų 30 eksperimento dienų tapo akivaizdu, kad dalies C grupės unguriukų būklė yra prasta (vizualiai vertinant, žuvis buvo praradusios svorį, neaktyvios), taigi buvo nuspręsta eksperimentą pratęsti dar 30 dienų (C<sub>1</sub> grupė).

Dėl nenormalaus duomenų pasiskirstymo (Shapiro-Wilk W testas,  $p < 0,05$ ), naudoti parametriniai ir neparametriniai testai siekiant nustatyti grupės efektą (A, B, C) ungurių išgyvenamumui. Statistinei duomenų analizei naudota Kruskal-Wallis vienfaktorinė dispersinė analizė (ANOVA) su „daugybiniu vidutinių reikšmių lyginimo testu“ (*Multiple Comparison tests of mean ranks*) bei, duomenims pritaikius Arcsin transformaciją, naudota vienfaktorinė dispersinė analizė (*One-Way ANOVA*) su Tjuko HSD testu (*Tukey HSD post-hoc*).

### Ungurių mirtingumas CINK ir Kaplan turbinose

**Didelė Kaplan turbina.** Siekiant įvertinti ungurių mirtingumą didelėje Kaplan turbinoje, 25 sidabrinės stadijos unguriai, pažymėti Vemco V9 ir V13 akustinio signalo siūstuvais, buvo išleisti Kauno mariose, Kauno hidroelektrinės aukštutiniame bjeje. Sidabrinų ungurių ženklimas akustiniais žymekliais, sėkmingai naudotas ir ankstesniuose tyrimuose (Westerberg ir kt., 2007; Béguer-Pon ir kt., 2014), bei nesukelia papildomo ženklintų ungurių mirtingumo (Winter ir kt., 2005; Heupel ir kt., 2007).

Unguriams, migruojantiems per Kauno HE turbinas, užfiksuoti buvo sumontuota po 4 VR2W akustinio signalo imtuvus hidroelektrinės aukštutiniame ir žemutiniame bjejuose. Papildomai 4 akustinio signalo imtuvai sumontuoti ant Nemuno žemupyje esančių navigacinių plūdurių.

Siekiant nustatyti ungurių, kurie migravo per Kauno HE, bet nepasiekė Nemuno deltos, buvimo vietą, likus 2 mėn. iki siūstuvų baterijų tarnavimo laiko pabaigos, 25 km ilgio Nemuno upės ruožas žemiau HE buvo skenuojamas imtuvais, pritvirtintais prie pasroviui plaukiančios valtys.



**Mažos CINK ir Kaplan turbinos.** Ungurių mirtingumo tyrimas CINK (Bagdononių HE ir Pabradės HE) ir Kaplan (Valtūnų HE) turbinose atliktas naudojant ungurius, paženklintus 12 mm ilgio ir 2 mm pločio RFID (*angl. Radio-Frequency IDentification*) žymekliais. Pasroviui migruojantys unguriai sugauti ungurine gaudykle virš Bagdononių ir Pabradės hidroelektrinių. Iškart po sugavimo unguriams implantuoti RFID siųstuvai, o siekiant išvengti žymėtų ungurių praradimo migracijos per HE tvenkinį metu, nustojus veikti anestetikams, unguriai plastikiniuose maišuose su vandeniu ir deguonimi transportuoti apie 2 ir 2,5 km nuo sugavimo vietos atitinkamai iki Bagdononių ir Pabradės hidroelektrinių. Naudojant specialų nukreiptuvą, aprašytą Oliveira ir Pressiat (2011), unguriai buvo paleisti kaip įmanoma arčiau hidroelektrinės vandens imtuvo į slėginį vamzdį (*angl. water intake pipe*).

Kadangi Valtūnų HE užtvanka tvenkinio nesuformuoja, virš HE sugauti unguriai buvo pažymėti RFID žymekliais ir paleisti sugavimo vietoje, žemiau gaudyklės, maždaug 800 m iki hidroelektrinės.

Unguriams migravus per hidroelektrinių turbinas ar žuvitakį (tik Valtūnų HE), jie buvo pakartotinai sugauti ungurine gaudykle, pastatyta žemiau kiekvienos HE.

Ungurių mirtingumo lygis apskaičiuotas kaip per turbiną migravusių ungurių ir letalius sužeidimus patyrusių ungurių santykis (%).

Fultono įmitimo koeficiento (FCF) ir bendro žuvies ilgio (L) duomenų pasiskirstymas buvo nenormalus (Shapiro-Wilk W testas,  $p < 0,05$ ). Šių rodiklių įtaka migracijos kelio pasirinkimui (per turbiną ar per žuvitakį) bei mirtingumui plaukimo per turbiną metu buvo įvertinta naudojant neparametrinį Mann-Whitney testą.

### **Ungurių migracijos greitis ir sėkmė**

Siekiant įvertinti ungurių migracijos greitį ir migracijos sėkmę nerštinių migracijų metu, 2014 m. pavasarį 63 sidabrinės stadijos migruojantys unguriai buvo pažymėti Vemco akustinio signalo siųstuvais ir išleisti į Nemuno upę aukštutiniame Kauno HE bjeffe ir į nepatvenktas Neries, Žeimenos ir Siesarties upes. Nemuno žemupį ir Klaipėdos uostą sėkmingai pasiekę unguriai užfiksavo akustinio signalo imtuvais, sumontuotais ant navigacinių plūdurių.

Dalis ungurių su implantuotais akustinio signalo siųstuvais po jų paleidimo nebuvo aptikti nei Nemuno žemupyje, nei Klaipėdos uoste. Siekiant nustatyti šių ungurių buvimo vietą, likus 2 mėn. iki apskaičiuoto siųstuvų baterijų tarnavimo laiko pabaigos, Neries, Žeimenos ir Siesarties upės bei 25 km ilgio Nemuno upės ruožas, esantis žemiau Kauno HE, buvo skenuoti VR2W imtuvais, sumontuotais ant valtės. Žeimenos upėje išleisti unguriai teoriškai galėjo migruoti prieš srovę, taigi papildomai atliktas ir Žeimenio ežero skenavimas.

Ungurių migracijos sėkmė (MS, %) apskaičiuota pagal formulę:

$$MS = (N \div N_t) \times 100$$

*kur: N – paženklintų ungurių skaičius, registruotas akustinio signalo imtuvuose (Nemuno žemupyje ir (ar) Klaipėdos uoste); N<sub>t</sub> – visų paženklintų ungurių skaičius.*

Kauno HE aukštutiniame bjeife išleistų ungurių migracijos sėkmės ir greičio vertinimui naudoti tik per HE turbinas migravę unguriai. Nemuno deltoje ir (ar) Klaipėdos uoste sumontuotuose imtuvuose neregistruotų ungurių likimas nėra žinomas ir jie nėra įtraukti į migracijos greičio skaičiavimus.

Ungurių migracijos greitis ( $V_{long}$ ) apskaičiuotas kaip laiko tarpas, praėjęs nuo ungurio paleidimo rytinėje šalies dalyje iki pirmos jo fiksacijos Nemuno žemupyje arba Klaipėdos uoste ir išreikštas kilometrais per dieną (km/d). Momentinis ungurių migracijos greitis ( $V_{tran}$ ) Nemuno žemupyje ir Klaipėdos uoste apskaičiuotas kaip laiko tarpas tarp ungurio fiksacijos pirmame ir paskutiniame akustiniame imtuve (imtuvai vienas nuo kito sumontuoti 5 km atstumu Nemuno žemupyje ir 4,6 km Klaipėdos uoste).

Migracijos greičio, FCF ir ungurių išleidimo vietos atstumo nuo jūros duomenų pasiskirstymas buvo nenormalus (Shapiro-Wilk W testas,  $p < 0,05$ ), todėl ungurių migracijos greičių bei sėkmės skirtumams upėse ir Kuršių mariose įvertinti naudotas neparametrinis Mann-Whitney testas. Tiesinė regresija (*angl. Simple linear regression*) naudota siekiant nustatyti ungurių paleidimo vietos (atstumo nuo jūros), ungurių ilgio, upės nuolydžio ir FCF įtaką ungurių migracijos greičiui.

### **Sukauptos energetinės atsargos ir plaukimo potencialas**

Rytinėje ir Pietinėje Lietuvos dalyje 2013–2015 metų birželio–lapkričio mėn. 10-yje skirtingų upių buvo sugauta 114 pasroviui migruojančių ungurių. Po sugavimo unguriai buvo nedelsiant eutanizuoti, o morfometriniai matavimai (kūno ilgis ir svoris, akies skersmuo, krūtininio peleko ilgis bei kepenų, gonadų ir žarnyno svoris) atlikti iš karto po ungurių eutanazijos. Sidabriškumo stadija nustatyta pagal Durif ir kt. (2009) aprašytą metodą. Sukauptų energetinių resursų (lipidų kiekio raumenyse) tyrimui raumens mėginys paimtas 2,5 cm į abi puses nuo analinės angos. Analizė atlikta naudojant Anderson (2004) aprašytą metodą. Plaukimo potencialas apskaičiuotas pagal van Ginneken ir van den Thillart (2000). Remiantis Clevestam ir kt. (2011), apskaičiuotas atstumas nuo Lietuvos iki nerštaviečių yra apie 7900 km.

Ryšys tarp sidabriškumo stadijos ir sukauptų energetinių resursų kiekio nustatytas naudojant Pearson'o koreliacinę analizę. Kadangi buvo sugauti tik 7 SMII stadijos migruojantys patinai, analizė atlikta naudojant tik SI–SFV stadijų ungurių duomenis, o sidabriškumo stadija buvo log-transformuota. Vienfaktorinė dispersinė analizė (ANOVA) su Tjuko HSD testu (*Tukey HSD post-hoc*) pasitelkta nustatant homogeniškas sidabriškumo stadijų grupes.

## REZULTATAI

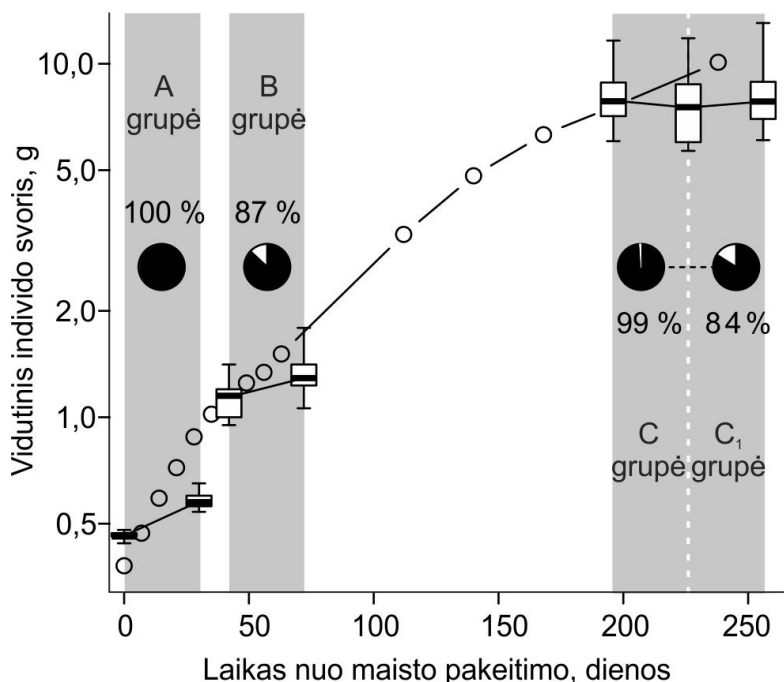
### Laboratorinis ungurių išgyvenamumo eksperimentas

Vidutinis pradinis A grupės unguriukų svoris ( $\pm$  SD) buvo  $0,46 \pm 0,01$  g (N = 400). B grupės unguriukai svėrė vidutiniškai  $1,14 \pm 0,1$  g (N = 100), o C grupės unguriukai – vidutiniškai  $8,31 \pm 1,9$  g (N = 100).

Vidutinis A grupės unguriukų svorio prieaugis eksperimento metu buvo  $0,13 \pm 0,02$  g ( $26,2 \pm 5,9$  % pradinio svorio; SAG  $0,8 \pm 0,1$ ), o mirtingumo lygis – 0 %. Eksperimento su B grupe metu unguriukai priaugo vidutiniškai po  $0,19 \pm 0,1$  g ( $16,8 \pm 8,6$  % pradinio svorio; SAG  $0,5 \pm 0,2$ ), o šio eksperimento metu mirtingumo lygis buvo  $13,0 \pm 10,6$  %. C grupės unguriukų svorio pokytis per pirmąsias 30 dienų buvo neigiamas ir siekė  $-0,5 \pm 0,7$  g ( $-5,9 \pm 7,7$  % pradinio svorio; SAG  $-0,2 \pm 0,3$ ), tačiau užfiksuotas mirtingumo lygis buvo tik 1 % (N = 1).

Statistiškai patikimo skirtumo tarp A ir C grupių unguriukų mirtingumo (atitinkamai 0 % ir 1 %) po 30 eksperimento dienų neaptikta ( $p > 0,05$ ). B grupės unguriukų mirtingumo lygis (13 %) buvo statistiškai patikimai didesnis ( $p < 0,05$ ), lyginant su kitomis dviem grupėmis.

Eksperimento su C grupės unguriukais metu nustatytas mirtingumo lygis buvo nereikšmingas (1 %), tačiau dėl neigiamo unguriukų SAG eksperimentas pratęstas dar 30 dienų (C<sub>1</sub> grupė). Antrojoje eksperimento dalyje unguriukų mirtingumas siekė 15,0 %, o likę gyvi unguriukai priaugo vidutiniškai po  $0,6 \pm 1,1$  g ( $7,6 \pm 12,5$  % pradinio svorio; SAG  $0,2 \pm 0,4$ ). Visi unguriukų žūtis atvejai antrojoje eksperimento dalyje užfiksuoti praėjus ne daugiau kaip 11 dienų nuo jo pratęsimo. Bendras unguriukų, akvakultūroje paaugintų 196 dienas, mirtingumo lygis po 60 eksperimento dienų siekė 16 %. Panašus mirtingumo lygis buvo nustatytas eksperimento su B grupe metu (1 pav.).



1 pav. Vidutinio unguriukų svorio dinamika ir mirtingumo lygis skirtingų eksperimentų metu bei unguriukų, augintų akvakultūroje, augimo kreivė (Dainys ir kt., 2017).

## Ungurių mirtingumas CINK ir Kaplan turbinose

**Mažos CINK turbinos.** Visi unguriai ( $N = 52$ ), išleisti į Bagdononių HE vandens imtuvo į slėginį vamzdį, migravo per turbiną ir buvo sugauti žemiau elektrinės. Visi jie patyrė letalius sužalojimus, todėl apskaičiuotas CINK turbinos sukeltas mirtingumo lygis migruojantiems unguriams yra 100 %.

Nei vienas iš 26 ungurių, paleistų į Pabradės HE vandens imtuvo į slėginį vamzdį, nebuvo pakartotinai sugautas žemiau HE.

**Didelė Kaplan turbina.** Iš 25 ungurių, išleistų Kauno HE aukštutiniame bjeffe, 21 unguris (84 %) migravo per HE turbinas ir buvo užfiksuotas žemutiniame hidroelektrinės bjeffe. Keturi unguriai iki apskaičiuoto siūstuvų baterijų tarnavimo laiko pabaigos per HE nemigravo, o jų tolesnis likimas nežinomas. Vienuolika ungurių (52,4 %) buvo užfiksuoti Nemuno žemupyje. Žemutiniame Kauno HE bjeffe sumontuotuose akustinio signalo imtuvuose buvo fiksuojamas nuolatinis 5 ungurių siūstuvų signalas iki jų baterijų tarnavimo laiko pabaigos. Labiausiai tikėtina, jog šie unguriai žuvo dėl patirtų sužalojimų migracijų per turbinas metu. Duomenų apie likusius 5 ungurius nėra, kadangi Nemuno žemupyje sumontuotuose imtuvuose jie užfiksuoti nebuvo, taip pat šių ungurių siūstuvų neaptikta skenuojant 25 km Nemuno upės ruožą žemiau Kauno HE.

**Maža Kaplan turbina.** Visi 64 unguriai, suženklinti ir paleisti aukščiau Valtūnų HE, pro elektrinę arba žuvitakį migravo tą pačią naktį po paleidimo. 42 unguriai (66 %) migravo per HE turbiną, likę 22 unguriai (34 %) – žuvitakiu. Unguriai, migravę žuvitakiu, buvo statistiškai patikimai ( $p < 0,001$ ) didesni (vid. ( $\pm$  SD)  $72,0 \pm 7,3$  cm ilgio ir  $680 \pm 190$  g svorio; FCF  $0,18 \pm 0,02$ ), lyginant su migravusiais per turbiną unguriais (vid.  $66,0 \pm 6,5$  cm ilgio ir  $474 \pm 111$  g svorio;  $0,16 \pm 0,02$ ). Iš 42 ungurių, migravusių per turbiną, letalius sužalojimus patyrė 22 individai, taigi Kaplan turbinos, esančios Valtūnų HE, sukeltas mirtingumo lygis migruojantiems unguriams yra 52,4 %.

Statistiškai patikimų ilgio, svorio bei FCF skirtumų tarp ungurių, patyrusių letalius sužalojimus ( $N = 22$ ; TL =  $67,3 \pm 7,6$  cm, W =  $494 \pm 131$  g, FCF =  $0,16 \pm 0,02$ ) ir per turbiną migravusių sėkmingai ( $N = 20$ ; TL =  $64,8 \pm 4,5$  cm, W =  $458 \pm 77$  g, FCF =  $0,17 \pm 0,01$ ), nėra ( $p > 0,05$ ).

## Ungurių migracijos greitis ir sėkmė

22 iš 63 sidabrinės stadijos ungurių, išleistų į upes rytinėje šalies dalyje, iki siūstuvų baterijų tarnavimo laiko pabaigos nebuvo fiksuoti nei viename iš sumontuotų imtuvų, taigi jų likimas nėra žinomas. Likę 31 unguriai sėkmingai migravo pasroviui ir buvo užfiksuoti Nemuno žemupyje (MS = 49 %). Apskaičiuotas vidutinis šių ungurių migracijos greitis ( $\pm$  SD) yra  $11,7 \pm 11,1$  km/d. Statistiškai patikimų FCF, ilgio bei paleidimo vietos atstumo nuo jūros skirtumų tarp Nemuno žemupyje užfiksuotų ir neužfiksuotų ungurių nebuvo ( $p > 0,05$ ).

Iš 38 sidabrinės stadijos ungurių, išleistų į Neries, Žeimenos ir Siesarties upes, 47 % ( $N = 18$ ) individų iki siūstuvų baterijų tarnavimo laiko pabaigos nebuvo fiksuoti nei

viename iš sumontuotų imtuvų, taigi jų likimas nėra žinomas. Dvidešimt ungurių (53 %) po paleidimo sėkmingai migravo pasroviui ir buvo užfiksuoti Nemuno žemupyje. Apskaičiuotas vidutinis šių ungurių migracijos greitis ( $\pm$  SD) yra  $10,7 \pm 10,7$  km/d.

Iš 25 ungurių, paleistų Kauno HE aukštutiniame bjeffe, 21 (84 %) unguris migravo per Kauno HE. Dvylika ungurių per HE migravo praėjus ne daugiau nei vienai parai po jų paleidimo, septyni unguriai migravo per savaitę nuo paleidimo dienos, likę du – po paleidimo praėjus atitinkamai 13 ir 47 dienoms. Keturi unguriai per HE nemigravo ir Kauno mariose liko bent iki siūstuvų baterijų tarnavimo pabaigos, todėl jų tolesnis likimas nėra žinomas. Iš 21 unguorio, migravusio per Kauno HE turbinas, 11 (52,4 %) sėkmingai pasiekė Nemuno žemupyje sumontuotus imtuvus. Apskaičiuotas vidutinis migracijos greitis ( $\pm$  SD) yra  $16,9 \pm 16,1$  km/d.

Dauguma ( $N = 54$ , 86 %) ungurių rytinėje šalies dalyje buvo paženklinėti ir išleisti gegužės–birželio mėn., o tik 9 (14 %) unguriai buvo išleisti rugsėjo mėn. Po paleidimo Nemuno žemupį iš viso pasiekė 31 unguris (49,2 % iš visų paleistų ungurių). Gegužės mėn. Nemuno žemupyje esančius imtuvus pasiekė tik vienas unguris (3 %), birželį penki (16 %), liepą – aštuoni (26 %), rugsėjį – vienas (3 %), o intensyviausia ungurių migracija užfiksuota spalio mėn., kai pro imtuvus migravo 15 ungurių (49 %). Dar vienas unguris (3 %) užfiksuotas lapkričio mėn.

Apskaičiuotas ungurių momentinės migracijos greitis ( $V_{\text{tran}}$ ) Nemuno žemupyje ( $67,2 \pm 39,9$  km/d.) buvo patikimai didesnis ( $p < 0,05$ ) nei  $V_{\text{long}}$  visos migracijos metu.

Aktyvaus upių skenavimo metu nebuvo aptikta nei vieno unguorio, taigi 32 ungurių (50,8 %), neužfiksuotų Nemuno žemupyje, likimas nėra žinomas.

Iš 63 ungurių, paženklintų ir paleistų rytinėje šalies dalyje, iki siūstuvų baterijų tarnavimo laiko pabaigos 31 unguris pasiekė Nemuno žemupyje esančius imtuvus. Migracijos Kuršių mariose metu mažiausiai keturi (13 %) iš šių ungurių buvo sugauti žvejų verslininkų. Nepaisant to, 22 unguriai užfiksuoti Klaipėdos uoste (MS = 71 %) sumontuotų imtuvų. Penkių ungurių (16 %) likimas nežinomas. Apskaičiuotas vidutinis migracijos greitis Kuršių mariomis yra  $14,6 \pm 16,9$  km/d. Statistiškai patikimo ryšio tarp ungurių migracijos greičio (upėse, mariose ir bendrai (nuo paleidimo vietos iki Klaipėdos uosto)) ir paleidimo vietos atstumo nuo jūros, upės nuolydžio, FCF bei ungurių ilgio nenustatyta ( $p > 0,05$ ). Taip pat nerasta skirtumų ( $p > 0,05$ ) tarp migracijos greičio upėmis ( $11,6 \pm 11,1$  km/d.) ir Kuršių mariomis ( $14,6 \pm 16,9$  km/d.).

Apskaičiuotas ungurių momentinės migracijos greitis ( $V_{\text{tran}}$ ) Klaipėdos uoste buvo  $67,2 \pm 39,9$  km/d.  $V_{\text{tran}}$  Nemuno žemupyje ir Klaipėdos uoste nesiskyrė ( $p > 0,05$ ), tačiau momentinės migracijos greitis buvo patikimai didesnis už  $V_{\text{long}}$ .

Didžiausias ungurių migracijos intensyvumas iš Kuršių marių į Baltijos jūrą ( $N = 18$ , 82 %) vyko spalio–lapkričio mėn., o birželį, liepą, gruodį ir sausį į Baltijos jūrą išmigravo tik po 1 ungurį.

### **Sukauptos energetinės atsargos ir plaukimo potencialas**

Iš 114 tirtų ungurių dauguma ( $N = 75,66$  %) buvo paskutinės SFV arba SMII sidabriškumo stadijos, SFIV sidabriškumo stadijos unguriai sudarė 10,5 % ( $N = 12$ ), o geltonieji unguriai (SI, SFII ir SFIII) – 23,7 % ( $N = 27$ ).

Migruojantys SMII sidabriškumo stadijos unguriai (patinai) buvo sukaupę didžiausią energetinių resursų kiekį ( $31,0 \pm 1,9$  % (nuo 28,5 iki 33,9 %)) ir pasižymėjo didžiausiu plaukimo potencialu, kuris svyravo nuo 7987 iki 8462 km (vid.  $8152 \pm 174$  km). Paskutinės sidabriškumo stadijos patelių (SFV) sukauptos energetinės atsargos buvo vid.  $26,3 \pm 3,7$  %, o vid. plaukimo potencialas –  $6743 \pm 1116$  km. SFIV stadijos unguriai turėjo sukaupę vidutiniškai  $26,3 \pm 2,7$  % riebalų, o jų vidutinis plaukimo potencialas buvo  $6798 \pm 976$  km. Geltonieji SFIII ir SFII stadijų unguriai turėjo sukaupę atitinkamai  $25,1 \pm 2,8$  ir  $17,6 \pm 4,6$  % riebalų, o SI stadijos unguriai pasižymėjo mažiausiomis energetinėmis atsargomis – tik  $4,6 \pm 1,9$  %.

Šio tyrimo rezultatai rodo, jog 100 % patinų ( $N = 7$ ) ir 30,9 % patelių ( $N = 21$ ), pasiekę paskutinę sidabriškumo stadiją (atitinkamai SMII ir SFV), sukaupia pakankamą energetinių resursų kiekį, reikalingą gonadų subrandinimui ir sėkmingai nerštinei migracijai iki Sargaso jūros ( $> 7900$  km). Likę 69,1 % SFV sidabriškumo stadijos patelių ( $N = 47$ ) neturėjo pakankamai energetinių resursų. Keturi (33,3 %) iš 12 SFIV sidabriškumo stadijos ungurių buvo sukaupę pakankamą energetinių resursų kiekį, o likusių aštuonių ungurių plaukimo potencialas buvo mažesnis nei 7900 km.

## REZULTATŲ APTARIMAS

Nuo ~1980 m. stebimas intensyvus ungurių populiacijų pasipildymo jaunikliais sumažėjimas visame populiacijos paplitimo areale lėmė daugybę įvairių bandymų atstatyti europinių ungurių išteklius (ICES, 2011). Priemonės ungurių išteklių atstatymui skirtingose Europos Sąjungos šalyse skiriasi, tačiau tikslas yra vienodas. Vienas iš pagrindinių būdų, numatytų Lietuvos UVP ungurių išteklių atstatymui, yra vandens telkinių išuvinimas unguriais (Ložys ir kt., 2008). Nuo tada, kai 2009 m. Europos komisija patvirtino Lietuvos UVP, prasidėjo intensyvus vandens telkinių žuvinimas ungurių jaunikliais, tačiau ICES (2015) teigia, jog duomenų apie unguriukų paauginimo įtaką jų išgyvenamumui po išuvinimo nepakanka.

Doktorantūros studijų metu atlikto laboratorinio unguriukų išgyvenamumo eksperimento rezultatai leidžia teigti, jog po 30 eksperimento dienų išgyvenamumo skirtumų tarp stiklinių unguriukų (A grupė) ir unguriukų, akvakultūroje paaugintų 196 dienas (C grupė), nėra, o 42 dienas paaugintų unguriukų (B grupė) išgyvenamumas yra patikimai mažesnis. Nepaisant to, po 30 eksperimento dienų C grupės unguriukų SAG buvo neigiamas – bent dalis ungurių eksperimento metu prarado svorį, o eksperimentuose su kitomis grupėmis SAG buvo teigiamas. Žinoma, jog uodų trūklių (*Chironomus* spp.) lervos yra tinkamos ungurių mitybai ir kartais joje vyrauja net tada, kai vandens telkinyje yra negausios (de Nie, 1982). Pratęsus eksperimentą su C grupės unguriukais, po 60 dienų SAG tapo teigiamas, o mirtingumo lygis pakilo iki 16 % (C<sub>1</sub> grupė). Anot Kearney ir kt. (2011), stiklinių *Anguilla australis* unguriukų išgyvenamumo nelaisvėje trukmė yra tiesiogiai priklausoma nuo sukauptų energetinių resursų kiekio. Tikėtina, jog ir šio tyrimo metu didesni C grupės unguriukai turėjo didesnes energetines atsargas, lyginant su B grupės unguriukais, ir jų mirtingumas pasireiškė antrojoje eksperimento dalyje dėl išsekusių energetinių resursų. B grupės unguriukų mirtingumą galima paaiškinti mažesniu energetiniu rezervu. Tokį efektą, tikėtina, galėjo sukelti staigus maisto objektų pasikeitimas iš dirbtinio žuvų pašaro,

kuriuo unguriukai buvo šeriami akvakultūroje, į *Chironomus* spp. lervas kurios yra natūralus unguių maisto objektas. Stikliniai unguiukai, kurie akvakultūroje nebuvo šeriami dirbtiniu žuvų pašaru, sėkmingai persiorientavo prie *Chironomus* spp. lervų, o dalis paaugintų unguiukų to padaryti nesugebėjo ir, išsekus energetinėms atsargoms, žuvo. Remiantis šio tyrimo rezultatais, bei panašiais rezultatais, gautais lauko tyrimų metu (Pedersen, 2000; Wickström, 2001; Simon ir Dörner, 2014; Pedersen ir Rasmussen, 2016), galima teigti, jog po sugavimo unguiukai turėtų būti išzuvinami kaip galima greičiau arba akvakultūroje paauginami kuo trumpesnę laiką šeriant ar bent jau prieš paleidimą palaipti juos pripratintant prie natūralaus maisto objektų, aptinkamų natūraliuose vandens telkiniuose.

Po išzuvinimo praėjus keleriems metams ar net dešimtmečiams, šie ungueriai pasiekia sidabrinio unguerio stadiją ir padeda nerštinę migraciją upėmis link jūros. Į Lietuvos vandens telkinius ungueriai pradėti žuvinėti beveik prieš 100 metų, tačiau iki UVP atsiradimo išzuvinimai buvo vykdomi daugiausiai komerciniais ar rekreaciniais tikslais, o žymi išzuvinimų unguių dalis išleista į vandens telkinius, esančius aukščiau hidroelektrinių. Dėl to dalis pasroviui migruojančių unguių žūdavo taip ir nepasiekę jūros (Adam ir Bruijs 2006; Winter ir kt. 2006, 2007; Bruijs ir Durif, 2009; Aarestrup ir kt., 2010) arba jų migracijos laikas galimai pailgėdavo (Legault ir kt., 2003). Ungurių mirtingumo tyrimas hidroelektrinių turbinose parodė, jog 100 % unguių, migravusių per CINK tipo turbiną, patyrė letalius sužalojimus. Nepaisant to, prie HE įrengtas žuvitakis gali ženkliai sumažinti migruojančių unguių mirtingumą. Dalies autorių teigimu, žuvitakiais, originaliai skirtais lašišinių žuvų migracijai, ungueriai naudojami sporadiškai (Jansen ir kt., 2007; Verbiest ir kt., 2012), tačiau tyrimų, atliktų doktorantūros studijų metu, rezultatai rodo, jog trečdalis Siesarties upe pasroviui migravusių unguių plaukdami žuvitakiu nepatyrė jokių sužalojimų, lyginant su 66 % unguių, migravusių per HE turbinas, iš kurių daugiau nei pusė patyrė letalius sužalojimus. Unguriai, migravę žuvitakiu, buvo patikimai ilgesni bei pasižymėjo statistiškai patikimai didesniu FCF, lyginant su ungueriais, migravusiais per HE turbiną. Tokį rezultatą galėjo nulemti apsauginės grotos, kurių tarpai mažesni nei 35 mm, sumontuotos prieš HE vandens imtuvo į slėginį vamzdį. Kita vertus, tyrimo rezultatai rodo, jog tokios apsaugos priemonės yra nepakankamos migruojančių unguių apsaugai nuo neigiamo turbinos poveikio, nes didesnė pasroviui migruojančių unguių visgi gali patekti į HE turbiną. ICES (2007) nurodo, jog siekiant apriboti unguių patinų, kurie yra mažesni už pateles, patekimą į HE turbinas, įrengtų grotų tarpai turėtų būti ne didesni nei 9 mm, o pateles sulaikančių grotų tarpai turėtų nesiekti 15 mm. Tai patvirtina ir Pabradės HE atlikti tyrimai, kuomet nei vienas iš 26 unguių, suleistų į HE slėginį vamzdį, nebuvo pakartotinai sugautas žemiau HE. Tyrimo metu paaiškėjo, jog hidroelektrinėje buvo sumontuotos papildomos apsauginės grotos, kurių tarpai siekė apie 10 mm, ir ši papildoma apsauga fiziškai sulaukė visus unguerius nuo patekimo į turbinas.

Kaip ir tikėtasi, unguių mirtingumo lygis didelėje Kauno HE Kaplan turbinoje buvo mažesnis nei mažoje Kaplan turbinoje, sumontuotoje Valtūnų HE. Penki ungueriai (24 %) iš 21, migravusio per Kauno HE turbinas, patyrė letalius sužalojimus ir žuvo iš karto. Dar 5 unguių (24 %), nepasiekusių Nemuno žemupio iki siūstuvų baterijų tarnavimo laiko pabaigos, likimas nėra žinomas, nes šių unguių siūstuvų nebuvo aptikta ir 25 km Nemuno upės ruože žemiau HE. Winter ir kt. (2006) bei Aarestrup ir kt. (2010) teigia, jog dalis migruojančių unguių dėl neaiškių priežasčių gali nustoti migravę net ir ilgam

laikui. Anot Durif ir kt. (2003, 2006), didelėse Europos upėse migruojantiems unguriams gali prireikti daugiau nei vieno sezono jūrai pasiekti, o kartais migruojantys unguriai kuriam laikui gali grįžti į sėslių gyvenimo formą.

Nepaisant to, jog užtvankos nesukelia tiesioginio migruojančių ungurių mirtingumo, žinoma, jog dėl užtvankų poveikio žymiai pailgėja ungurių migracijos laikas (Larinier ir Travade, 1999; Haro ir kt., 2000; Behrmann-Goel ir Eckmann, 2003; Legault ir kt., 2003). Kauno HE atlikti tyrimai iš dalies patvirtina šį teiginį, nes 36 % ungurių, išleistų aukštutiniame HE bjeffe, dėl sė migruoti per hidroelektrinę nuo 1 iki 47 dienų.

Ne visi unguriai, išleisti į visiškai laisvai tekančias upes, sėkmingai pasiekė Nemuno žemupį. Vidutinis migracijos greitis bei migracijos sėkmė buvo beveik vienoda, lyginant ungurius, išleistus į Nemuną, kur jie turėjo migruoti per HE (53 %, 10,7 km/d.) ir jų migracijos kelias iki žemupio sudarė 210 km, bei ungurius, išleistus į nepatvenktas upes (52 %, 13,6 km/d.), kur jų migracijos kelias buvo ilgesnis ir iki žemupio sudarė nuo 300 iki 480 km. Bendra ungurių migracijos sėkmė iki Nemuno Žemupio buvo 49 %, o vidutinis migracijos greitis – 11,7 km/d. Migracijų upėmis metu unguriai nebuvo veikiami verslinės žvejybos, tačiau apie žvejų mėgėjų, brakonierių bei plėšrūnų poveikį duomenų nėra. Upių bei Žeimenio ežero skenavimo metu neužfiksuota nei vieno ungurio. Unguriai, iki siūstuvų baterijų tarnavimo laiko pabaigos nepasiekę Nemuno žemupio, galėjo būti sugauti žvejų mėgėjų, plėšrūnų arba, jų migracijai laikinai nutrūkus, unguriai buvo neskanuotame Nemuno upės ruože. Taip pat tikėtina, jog dalis ungurių migracijos metu galėjo įplaukti į mažesnius upių intakus ir skenavimo metu būti paprasčiausiai neužfiksuoti. Tikėtina, jog sidabrinė ungurių migracijos sėkmė yra didesnė, jei bent dalis ungurių pratęsė migracijas išsikrovus siūstuvų baterijoms.

Vidutinis ungurių migracijos greitis Lietuvos upėmis yra mažesnis, lyginant su vakarinėje ungurių arealo dalyje atliktų tyrimų rezultatais (pvz. Tesch, 1994; Simon ir kt., 2011; Verbiest ir kt., 2012; Bultel ir kt., 2014; Stein ir kt., 2016), tačiau taip gali būti dėl skirtumų, susijusių su ungurių nerštinės migracijos sezoniškumu. Žinoma, jog didžiojoje arealo dalyje nerštinė ungurių migracija įprastai prasideda rudenį (Bruijs ir Durif, 2009), o pietrytinėje Baltijos jūros dalyje intensyviausia ungurių migracija vyksta nuo kovo mėn. iki gegužės pabaigos (Ložys ir kt., 2008). Atsižvelgiant į tai, jog ungurių migracija prasideda anksčiau, manyta, jog jie jūrą pasiekia taip pat anksčiau, tačiau atliktų tyrimų rezultatai rodo, jog dauguma (82 %) tirtų ungurių į Baltijos jūrą išmigravo vėlai rudenį – spalio ir lapkričio mėn. Nepaisant to, kad migracijos greitis upėmis ir Kuršių mariomis (14,6 km/d.) yra panašus, faktinė migracijos sėkmė Kuršių mariose buvo patikimai didesnė (71 %). Tokia migracijos sėkmė Kuršių mariose gali būti paaiškinta tuo, jog dauguma (N = 22) ungurių, pasiekusių Kuršių marias, buvo pasirinkę „greitos migracijos strategiją“, kuri plačiau aprašyta Righton ir kt. (2016). Keturių ungurių, kuriuos pagavo žvejai verslininkai, ir penkių ungurių, kurių likimas nežinomas (jie taip pat galėjo būti pagauti, tačiau apie sugavimo faktą nepranešta), migracijos strategija lieka neaiški.

Kontinentinės migracijos pabaigoje, spalio–lapkričio mėn., sidabrinės stadijos unguriai išmigruoja į jūrą ir, tikėtina, tęsia migraciją į nerštavietes, tačiau apie jų tolimesnį likimą duomenų nėra. Žinoma, jog paskutinės sidabriškumo stadijos unguriai okeaninės migracijos metu nesimaitina, taigi energetinės atsargos, reikalingos migracijai ir gonadų subrandinimui, turi būti sukauptos iš anksto (Tesch, 2003). Ankstesni tyrimai



(Couillard ir kt., 2014) parodė, jog išuvinatos kilmės unguriai gali nesukaupti pakankamo energetinių atsargų kiekio, tačiau doktorantūros metu atliktų tyrimų rezultatai parodė, jog mažiausiai 37 % paskutinės sidabriškumo stadijos (SFV ir SMII) išuvinatos kilmės unguurių sukaupia pakankamą energetinių resursų kiekį sėkmingai 7900 km nerštinei migracijai iki potencialių nerštaviečių Sargaso jūroje ir gonadų subrandinimui. Likę 63 % tirtų paskutinės sidabriškumo stadijos unguurių pasižymėjo nepakankamu energetinių resursų kiekiu, tačiau trūkumas buvo nedidelis – vid.  $2,5 \pm 0,9$  %. Keturi iš 12 SFIV sidabriškumo stadijos unguurių turėjo pakankamus energetinius resursus, o likusių aštuonių unguurių plaukimo potencialas buvo nepakankamas. Žinoma, jog bent dalis SFV ir SFIV stadijos unguurių dar gali maitintis (Westin, 2003; Dainys, nepublikuoti duomenys), taigi potencialiai dar turi galimybę papildyti energetinius resursus. Likę tirti 27 geltonosios stadijos (SI, SFII ir SFIII) unguuriai pasižymėjo santykinai nedideliu sukauptų energetinių resursų kiekiu (vid.  $18,4 \pm 9,3$  %). Šių unguurių plaukimo potencialas apskaičiuotas nebuvo, kadangi jų migracija nelaikoma tikrąja nerštine migracija, o greičiau yra lokals buveinės paieškos (Ovidio ir kt., 2013; Cobo ir kt., 2014).

Doktorantūros metu atliktų tyrimų rezultatai leidžia teigti, jog siekiant kuo veiksmingiau įgyvendinti uždavinius, numatytus nacionaliniame UVP, unguuriai į vandens telkinius po sugavimo turėtų būti išleidžiami kaip galima greičiau, ar bent jau akvakultūroje laikomi kiek įmanoma trumpesnį laiką ir maitinami natūraliu maistu. Subrendę išuvinoti unguuriai pasiekia sidabrinio unguurio stadiją ir pradeda nerštinę migraciją upėmis jūros link, tačiau šių migracijų metu dalis unguurių migruoja per HE turbinas ir žūva. Siekiant išvengti neigiamo HE sukeliama poveikio, vandens telkiniai, esantys HE poveikio zonose, neturėtų būti žuvinami unguuriais, tačiau jei to išvengti neįmanoma, hidroelektrinėse privalo būti sumontuoti žuvitakiai, kurie kartu su efektyviai veikiančiomis apsauginėmis grotomis reikšmingai sumažintų unguurių mirtingumo lygį. Nepaisant to, jog prieš išuvinimą unguuriai yra perkeliama daugiau nei 2000 km, ne mažiau nei 37 % paskutinės sidabriškumo stadijos unguurių sukaupia pakankamą energetinių resursų kiekį, reikalingą sėkmingai migracijai ir gonadų subrandinimui. Likusių sidabrinų unguurių energetinių resursų trūkumas nėra didelis ir tikėtina, jog pakankamas jų kiekis bus sukauptas iki prasidedant okeaninės migracijos etapui.

## IŠVADOS

1. Akvakultūroje paauginti unguriukai neturi išgyvenamumo pranašumo po mitybinių objektų pasikeitimo iš dirbtinio žuvų pašaro į *Chironomus* spp. lervas, lyginant su stikliniais unguriukais. Tokius rezultatus galėjo nulemti dalies unguriukų nesugebėjimas greitai prisitaikyti prie staigaus mitybinių objektų pasikeitimo.
2. Migruodami per CINK tipo turbinas žūva visi unguriai, o Kaplan tipo turbinose sukeliama mirtingumas yra ženkliai mažesnis.
3. Žuvitakių, skirtu lašišinių žuvų priešsrovinei migracijai, tyrimo metu pasroviui migravo trečdalis ungurių. Prie HE įrengtas žuvitakis kartu su efektyviomis apsauginėmis grotomis aukštutiniame bjeffe gali ženkliai sumažinti turbinose žūvančių ungurių kiekį.
4. Beveik ketvirtadalis visų pasroviui migravusių ungurių buvo geltonojo ungurio stadijos.
5. Bendra ungurių migracijos sėkmė upėse ir Kuršių mariose yra 35 %. Vidutinis migracijos greitis upėmis buvo 11,7 km/d., o Kuršių mariose – 14,6 km/d.
6. Didžiausias ungurių migracijos intensyvumas iš Kuršių marių į Baltijos jūrą buvo stebimas spalio–lapkričio mėnesiais.
7. Ne mažiau kaip trečdalis sidabrinės stadijos ungurių, prieš įžuvinimą perkeltų iš Vakarų Europos pakrantės į šiaurinę arealo dalį, sukaupia pakankamas energetines atsargas nerštinei migracijai ir gonadų subrandinimui. Likusi sidabrinė ungurių dalis turėjo nepakankamas atsargas, tačiau trūkumas buvo nedidelis.

## REKOMENDACIJOS

1. Vandens telkinių įžuvinimui turėtų būti naudojami unguriai, paauginti akvakultūroje kiek įmanoma trumpesnį laiką. Nesant kitos galimybės, akvakultūroje paauginami unguriukai turėtų būti šeriami natūraliu maistu ar bent jau palaiptinami nuo dirbtinio žuvų pašaro pratinami prie natūralaus maisto prieš juos įžuvinant.
2. Siekiant sumažinti sidabrinė ungurių mirtingumą migracijų kontinentinėje šalies dalyje metu, unguriais įžuvinami vandens telkiniai neturėtų patekti į HE poveikio zoną, nepaisant to, ar HE turi sumontuotą žuvitakį, ar ne.
3. Tyrimo metu nustatyta, jog per CINK tipo turbinas migravusių ungurių mirtingumas yra 100 %, todėl siekiant sumažinti migruojančių ungurių mirtingumą šio tipo turbinose būtina pakeisti kitomis, mažiau žalingomis migruojančioms žuvims bei įrengti žuvitakius prie tų hidroelektrinių, kur jų nėra.

## LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Aarestrup, K., Thorstad, E.B., Koed, A., Svendsen, J.C., Jepsen, N., Pedersen, M.I., Økland, F. 2010. Survival and progression rates of large European silver eel *Anguilla anguilla* in late freshwater and early marine phases. *Aquatic Biology* 9: 263–270.
2. Adam, B., Bruijs, M.C.M. 2006. General requirements of fish protection and downstream migration facilities. Investigations on the river Meuse system. In *Free Passage for Aquatic Fauna in Rivers and Other Water Bodies. Proceedings of the International DWA Symposium on Water Resources Management*. April 3-7, 2006, Berlin, Germany.
3. Amilhat, E., Farrugio, H., Lecomte-Finiger, R., Simon, G., Sasal, P. 2008. Silver eel population size and escapement in a Mediterranean lagoon: Bages-Sigean, France. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 5: 390–391.
4. Anderson, S. 2004. Soxtec: Its principles and Applications. In: Luthria, D.L. editor. *Oil Extraction and Analysis. Critical Issues and Competitive Studies*. AOCS Publishing.
5. Béguet-Pon, M., Castonguay, M., Benchetrit, J., Hatin, D., Verreault, G., Mailhot, Y., et al. 2014. Large-scale migration patterns of silver American eels from the St. Lawrence River to the Gulf of St. Lawrence using acoustic telemetry. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 71: 1579–1592.
6. Behrmann-Goel, J., Eckmann, R. 2003. A preliminary telemetry study of the migration of silver European eel (*Anguilla anguilla* L.) in the River Mosel, Germany. *Ecology of Freshwater Fish* 12: 196–202.
7. Blaxter, J.H.S. 2000. Enhancement of marine fish stocks. *Advances in Marine Biology* 38: 2-54.
8. Bruijs, M.C.M., Durif, C.M.F. 2009. Silver eel migration and behaviour. In Van den Thillart G, Dufour S, Rankin JC, editors. *Spawning Migration of the European Eel. Reproduction Index, a Useful Tool for Conservation Management*. Netherlands: Springer; pp. 65–95.
9. Bultel, E., Lasne, E., Acou, A., Guillaudeau, J., Bertier, C., Feunteun, E. 2014. Migration behaviour of silver eels (*Anguilla anguilla*) in a large estuary of Western Europe inferred from acoustic telemetry. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 137: 23–31.
10. Calles, O., Olsson, I.C., Comoglio, C., Kemp, P.S., Blunden, L., Schmitz, M., Greenberg, L.A. 2010. Size-dependent mortality of migratory silver eels at a hydropower plant, and implications for escapement to the sea. *Freshwater Biology* 55: 2167–2180.
11. Charrier, F., Mazel, V., Caraguel, J.M., Abdallah, Y., Le Gurun, L.L., Legault, A., Laffaille, P. 2012. Escapement of silver-phase European eels, *Anguilla anguilla*, determined from fishing activities in a Mediterranean lagoon (Or, France). *ICES Journal of Marine Science* 69: 30–33.
12. Clevestam, P., Ogonowski, M., Sjöberg, N.B., Wickström, H. 2011. Too short to spawn? Implications of small body size and swimming distance on successful migration and maturation of the European eel *Anguilla anguilla*. *Journal of Fish Biology* 78: 1073–89.

13. Cobo, F., Sánchez-Hernández, J., Vieira, R. and Servia, M.J. 2014. Seasonal downstream movements of the European eel in a Southwestern Europe river (River Ulla, NW Spain). *Nova Acta Cient Compostel Biol* 21:77–84.
14. Couillard, C.M., Verreault, G., Dumont, P., Stanley, D., Threader, R.W. 2014. Assessment of fat reserves adequacy in the first migrant silver American eels of a large-scale stocking experiment. *North American Journal of Fisheries Management* 34: 802–813.
15. 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* 33:361–365.
16. de Nie, H.W. 1982. A note on the significance of larger bivalve molluscs (*Anodonta* spp. and *Dreissena* sp.) in the food of the eel (*Anguilla anguilla*) in Tjeukemeer. *Hydrobiologia* 95: 307.
17. Dekker, W. 2004. Slipping through our hands: population dynamics of the European eel. PhD thesis, University of Amsterdam.
18. Dekker, W. and Beaulaton, L. 2016. Faire mieux que la nature? The history of eel restocking in Europe. *Environment and history* 22: 255–300.
19. Dubois, R.B., Gloss, S.P. 1993. Mortality of juvenile American shad and striped bass passed through Ossberger crossflow turbines at a small scale hydroelectric site. *North American Journal of Fisheries Management* 13: 178–185.
20. Durif, C., Dufour, F., Elie, P. 2006. Impact of silvering stage, age, body size and condition on reproductive potential of the European eel. *Marine Ecology Progress Series* 327: 171–181.
21. Durif, C., Elie, P., Gosset, C., Rives, J. 2003. Behavioral study of downstream migrating eels by radio-telemetry at a small hydroelectric power plant. *American Fisheries Society Symposium*: 1–14.
22. Durif, C., Guibert, A., Elie, P. 2009. Morphological discrimination of the silvering stages of the European eel. *American Fisheries Society Symposium* 58: 103–111.
23. Gailiušis, B., Jablonskis, J., Kovalenkoviėnė, M. 2001. Lietuvos upės: hidrografija ir nuotėkis.. Kaunas: Lietuvos energetikos institutas. 791 p.
24. Gloss, S.P., Wahl, J.R. 1983. Mortality of juvenile salmonids passing through Ossberger crossflow turbines at small-scale hydroelectric sites. *Transactions of The American Fisheries Society* 112: 194–200.
25. Hadderingh, R.H., Baker, H.D. 1998. Fish mortality due to passage through hydroelectric power stations on the Meuse and Vecht rivers. In: Jungwirth, M., Schmutz, S. and Weis, S. (eds.), *Fish Migration and Fish Bypasses*, Fishing News Books, Oxford, 315–328.
26. Haro, A., Castro-Santos, T., Boubée, J. 2000. Behavior and passage of silver-phase American eels, *Anguilla rostrata* (LeSueur), at a small hydroelectric facility. *Dana* 12: 33–42.
27. Heupel, M.R., Semmens, J.M., Hobday, A.J. 2007. Automatic acoustic tracking of aquatic animals: scales, design and deployment of listening station arrays. *Marine and Freshwater Research* 57: 1–13.
28. ICES. 2007. Report of the 2007 Session of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eels. Bordeaux, France. ICES CM 2007/ACFM:23.

29. ICES. 2010. Report of the Workshop on Baltic Eel (WKBALTEEL), 2-4 November 2010: Stockholm, Sweden.
30. ICES. 2011. Report of the 2011 Session of the Joint EIFAAC/ICES Working Group on Eels. Lisbon, Portugal, 5–9 September 2011.
31. ICES. 2015. ICES Advice on fishing opportunities, catch, and effort. Northeast Atlantic Ecoregions. ICES Advice 2015, Book 9, Section 9.1.10.
32. Jacoby, D., Gollock, M. 2014. *Anguilla anguilla*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014: e.T60344A45833138. Available at <http://www.iucnredlist.org/> (prisijungta 2016 09 01).
33. Jansen, H.M., Winter, H.V., Bruijs, M.C.M., Polman, H.J.G. 2007. Just go with the flow? Route selection and mortality during downstream migration of silver eels in relation to river discharge. *ICES Journal of Marine Science* 64: 1437-1443.
34. Kearney, M., Jeffs, A., Lee, P. 2011. Seasonal differences in the quality of shortfin glass eel, *Anguilla australis*, and subsequent effects on growth and survival in captivity. *New Zealand Natural Sciences* 36, 45–55.
35. Larinier, M., Travade, F. 1999. La dévalaison des migrateurs: problèmes et dispositifs. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 353–354: 181–210.
36. Larscheid, J.G. 1995. Development of an optimal stocking regime for walleyes in east Okoboji Lake, Iowa. In: Schramm, H.L., Piper, R.G., editors. *Uses and effects of cultured fishes in aquatic ecosystems*. Bethesda: American Fisheries Society; pp. 472-483.
37. Legault, A., Acou, A., Guillouet, J., Feunten. E. 2003. Survey of downstream migration on silver eels through discharge pipe on a reservoir dam. *Bulletin Francais de la peche et de la pisciculture* 368: 43–54.
38. Ložys, L., Repečka, R., Pūtys, Ž., Gurjanovaitė, K. 2008. Europinių ungurių (*Anguilla anguilla*) išteklių valdymo plano mokslinis pagrindimas. Vilnius, 92 p.
39. Monten, E. 1985. Fish and turbines. Fish injury during passage through power station turbines. Vattenfall, Stockholm.
40. Oliveira, E., Pressiat, F. 2011. In situ evaluation of eel mortality in large turbines. In: Baran, P. and Basilico, L. editors. *Management plan to save the eel. Optimising the design and management of installation*. Paris, France.
41. Ovidio, M., Seredynski, A.L., Philippart, J.C., NzauMatondo, B. 2013. A bit of quiet between the migrations: the resting life of the European eel during their freshwater growth phase in a small stream. *Aquatic Ecology* 47: 291–301.
42. Pedersen, M.I. 2000. Long-term survival and growth of stocked eel, *Anguilla anguilla* (L.), in a small eutrophic lake. *Dana* 12, 71–76.
43. Pedersen, M.I., Rasmussen, G.H. 2016. Yield per recruit from stocking two different sizes of eel (*Anguilla anguilla*) in the brackish Roskilde Fjord. *ICES Journal of Marine Science* 73: 158–164.
44. Righton, D., Westerberg, H., Feunteun, E., Økland, F., Gargan, P., Amilhat, E., Metcalfe, J., et. al. 2016. Empirical observations of the spawning migration of European eels: The long and dangerous road to the Sargasso Sea. *Science Advances* 2: 1–14.
45. Schmidt, J. 1923. Breeding places and migration of the eel. *Nature* 111: 51–54.
46. Shiao, J.C., Ložys, L., Iizuka, Y., Tzeng, W.N. 2006. Migratory patterns and contribution of stocking to the population of European eel in Lithuanian waters as indicated by otolith Sr:Ca ratios. *Journal of Fish Biology* 69: 749–769.

47. Simon, J., Berends, K., Dörner, H., Jepsen, N., Fladung, E. 2011. European silver eel migration and fisheries induced mortality in the Havel River system (Germany). *River Research and Applications* 28: 1510–1518.
48. Simon, J., Dörner, H. 2014. Survival and growth of European eels stocked as glass- and farm-sourced eels in five lakes in the first years after stocking. *Ecology of Freshwater Fish* 23, 40–48.
49. Stein, F., Doering-Arjes, P., Fladung, E., Brämick, U., Bendall, B., Schröder, B. 2016. Downstream migration of the European eel (*Anguilla anguilla*) in the Elbe River, Germany: movement patterns and the potential impact of environmental factors. *River Research and Applications*.
50. Tesch, F.W. 1994. Tracking of silver eels in the Rivers Weser and Elbe. *Fischökologie* 7: 47–59.
51. Tesch, F.W. 2003. *The Eel*. Oxford: Blackwell Scientific.
52. van den Thillart, G., Dufour, S. 2009. How to estimate the reproductive success of European silver eels. In: van den Thillart, G., Dufour, S. and Rankin, J.C., editors. *Spawning migration of the European eel. Reproduction index, a useful tool for conservation management*. Springer.
53. van Ginneken, V.J.T., van den Thillart, G. 2000. Physiology: eel fat stores are enough to reach the Sargasso. *Nature* 403: 156–157.
54. Verbiest, H., Breukelaar, A.W., Ovidio, M., Belpaire, C. 2012. Escapement success and patterns of downstream migration of female silver eel *Anguilla anguilla* in the River Meuse. *Ecology of Freshwater Fish* 21: 395–403.
55. Westerberg, H., Lagenfelt, I., Svedäng, H. 2007. Silver eel migration behaviour in the Baltic. *ICES Journal of Marine Science* 64: 1457–1462.
56. Westin, L. 2003. Migration failure in stocked eels *Anguilla anguilla*. *Marine Ecology Progress Series* 254: 307–311.
57. Wickström, H. 2001. Stocking as a sustainable measure to enhance eel populations. PhD thesis, Stockholm University.
58. Winter, H.V., Jansen, H.M., Adam, B., Schwevers, U. 2005. Behavioural effects of surgically implanting transponders in European eel. *Anguilla anguilla*. In Spedicato, M.T., Marmulla, G. and Lembo, G. editors. *Aquatic telemetry: advances and applications*. Rome: FAO/COISPA.
59. Winter, H.V., Jansen, H.M., Breukelaar, A.W. 2007. Silver eel mortality during downstream migration in the River Meuse from a population perspective. *ICES Journal of Marine Science*, 64: 1444–1449.
60. Winter, H.V., Jansen, H.M., Bruijs, M.C.M. 2006. Assessing the impact of hydropower and fisheries on downstream migrating silver eel, *Anguilla anguilla*, by telemetry in the River Meuse. *Ecology of Freshwater Fish*, 15: 221–228.
61. Wirth, T., Bernatchez, L. 2003. Decline of North Atlantic eels: a fatal synergy? *Proceedings of the Royal Society of London* 270: 681–688.

## **CURRICULUM VITAE**

### **Vardas, pavardė:**

Justas Dainys

### **Gimimo data ir vieta:**

1987 04 13, Vilnius, Lietuva

### **Išsilavinimas:**

2006 m. Vilniaus Mykolo Biržiškos gimnazija;

2006 – 2010 m. Biologijos bakalauro studijos (Vilniaus universitetas);

2010 – 2012 m. Zoologijos magistro studijos (Vilniaus universitetas);

2012 – 2017 m. Doktorantūros studijos Gamtos tyrimų centre.

### **Užimtos pareigos:**

Nuo 2008 m. – Biologas Jūros ekologijos laboratorijoje, Gamtos tyrimų centre.

### **Darbovietės adresas:**

Gamtos tyrimų centras

Akademijos g. 2, 08412

Vilnius, Lietuva

## SUMMARY

Results of the current study suggest that on-grown eels have no advantage in survival compared with glass eels when fed *Chironomus* spp. in the laboratory. This is likely because eels must switch their diet from artificial to natural food, being a transition to which at least some on-grown eels appear unable to cope. Glass eels had 0% mortality compared to respectively 13% and 1% for eels on-grown for 42 and 196 days after 30 days of the experiment. Eels on-grown in a farm for 196 days demonstrated a high survival rate, however, their lost weight was contrasting to other experimental groups. Their survival was manifested in only 84% after the second 30-day period. Aiming to achieve the best results while implementing the national eel management plan, eels should be stocked as fast as possible after their capture in the wild or at least kept under aquaculture conditions for the shortest duration feasible. In addition to that, they should be fed or at least weaned with natural food before the release. After these stocked eels reach silver eel stage and start their downstream migration, however a substantial mortality occurring during the downstream migrations can dramatically reduce the number of spawners if stockings were performed upstream of the HPP. A CINK turbine was found to be causing lethal injuries resulting in 100% mortality of passing eels. Eel passage through a small and large Kaplan turbines results in a mortality rate of 52.4 and 24%, respectively. Eel stockings should be carried out in water bodies which are not upstream HPP. However, if due to some reasons stocking was performed upstream HPP, a fish ladder in combination with effective screening must be installed, aiming to reduce HPP caused eel mortality, as 34% of the downstream migrating eels used fish ladder, originally designed for upstream migration of salmonids. Overall eel migration success in the Rivers and the Curonian Lagoon was 35%. The average estimated migration speed in rivers was 11.7 km d<sup>-1</sup>, in the Curonian lagoon 14.6 km d<sup>-1</sup>. Even though eels, stocked to Lithuanian water, were shipped by plane for more than 2000 km prior to stocking and had no chance to imprint the entire route from the Sargasso Sea to the stocking area, 37% of the silver eels performing downstream migration accumulated sufficient energetic stores of fat needed for gonadal maturation and migration to the spawning grounds. The remaining 63% of the silver eels had a marginal shortage of energy resources and were likely to increase their muscle lipid content to an adequate level for successful migration.