

Lietuvos upių ekologinio nuotėkio vertinimas

Brunonas Gailiusis¹,

Gintaras Adžgauskas¹,

Aldona Tomkevičienė¹,

Diana Meilutytė-Lukauskienė^{1,2}

¹ Lietuvos energetikos institutas,
Breslaujos g. 3, 44403 Kaunas
El. paštas Brunonas.Gailiusis@lei.lt

² Lietuvos sveikatos mokslų universitetas,
A. Mickevičiaus g. 9, 44307 Kaunas

Tvenkiniai daro įtaką reguliuotų upių vandens organizmams, upės nuotėkiui, tvenkinio krantams ir upės vagai, požemiems vandenims bei kraštovaizdžiui. Šiuo metu galiojantys teisės aktai reglamentuoja gamtosaugos debitą kaip 30 parų minimalaus debito dalį. Šis debitas tenkina tik minimalius vandens ekosistemos poreikius ir nepriklauso nuo metų vandeningo. Tokia gamtosaugos debito apskaičiavimo praktika hidroelektrinėms palieka hidropikingo galimybę.

Straipsnyje aptariami kai kurie Lietuvos mažų ir vidutinių upių tvenkinių eksploatacijos aspektai. Siūloma vietoje gamtosaugos debito reguliuotai upei žemiau tvenkinio nustatyti ekologinį nuotėkį. Svarbiausia sąlyga apskaičiuojant ekologinį nuotėkį – tvenkinio lygių ir reguliuotos upės debitų kaitos panašumas su natūralių ežerų ir upių režimu. Nustatyta, kad neištirtų upių prietaka į tvenkinį ir ekologinis nuotėkis gali būti apskaičiuoti iš atraminių vandens matavimo stočių duomenų kiekviename 15 Lietuvos upių baseinų. Siekiant reguliuotų upių geros ekologinės būklės, siūloma tobulinti HE turbinas, leidžiančias naudoti upės nuotėkį HE plačiame debitų kaitos intervale, išvengiant pikinio darbo režimo (hidropikingo).

Raktažodžiai: gamtosaugos debitas, ekologinis nuotėkis, reguliuotos upės, tvenkinys, hidropikingas

ĮVADAS

Vandens telkiniai naudojami įvairiems tikslams, tačiau ūkinė veikla sukelia padarinius, kurių išvengti neįmanoma. Darnaus vystymosi pagrindinis principas – tenkinti dabartinius visuomenės poreikius nekeliant grėsmės būsimų kartų galimybei tenkinti jų poreikius. Natūralūs ežerai ir upės egzistuoja daugelį metų tokiomis sąlygomis, kai hidromorfologiniai pokyčiai nekelia pavojaus prisitaikiusioms prie šių sąlygų biocenozėms. Tačiau ūkinės veiklos poveikis kai kurioms rūšims

kelia didelę išnykimo riziką dėl labai siauro šių rūšių tolerancijos intervalo šiam poveikiui.

Paimti vandenį iš mažos ar vidutinės upės yra įmanoma tik upės slėnyje įrengus tvenkinį. Tvenkinio darbo režimas priklauso nuo tikslų, tačiau viena svarbiausių sąlygų yra upės natūralaus hidrologinio režimo savybių išsaugojimas. Nors kiekvienas tvenkinys turi individualių bruožų, bendri dėsniniai pasireiškia nuotėkio persikirstymu tarp vandeninių ir sausų laikotarpių. Kalbėdami apie ūkinės veiklos būtinumą ir galimybes, privalome analizuoti tvenkinio

poveikį upių nuotėkiui ir vertinti neigiamus padarinius aplinkai.

Reguluotos upės nuotėkis priklauso nuo tvenkinio išteklių valdymo. Negrįžtamas vandens paėmimas, nuotėkio kaupimas tvenkinyje ir jo išleidimas į žemutinį bjefą, keičiant natūralų hidrologinį upės režimą, yra svarbiausi ūkinės veiklos veiksniai, lemiantys reguliuotos upės ruožo ekologinę būklę. Europos Komisija [1] atkreipė dėmesį į tai, kad siekiant geros ekologinės būklės reguliuotose upėse pagrindinė gamtosaugos priemonė yra reguliuotos upės ekologinio nuotėkio nustatymas, atsižvelgus į vandens ekosistemos poreikius, išreikštus hidromorfologiniais rodikliais.

Šiuo metu Lietuvoje tvenkinių lygio kaita apribota [2] pagal analogiją su natūraliais ežerais ir lengvai gali būti stebima telemetrijos priemonėmis. Absoliučios analogijos tarp natūralaus ežero ir dirbtinio vandens telkinio – tvenkinio – nėra. Tačiau hidroelektrinė yra vandens naudotoja, lemianti upių nuotėkio gamtinio režimo pokyčius ir ekologinio nuotėkio dydį. Siekiant išsaugoti vandens ekosistemas, hidroelektrinių režimas privalo prisitaikyti prie keliamo gamtinio nuotėkio režimo. Hidroelektrinių turbinų įrangos tobulinimas ir reguliuotos upės ekologinio nuotėkio nustatymas yra svarbiausi uždaviniai, kuriems spręsti reikalingi tolimesni tyrimai siekiant, kad pakeisto vandens telkinys būtų geros ekologinės būklės.

Straipsnio tikslas – aptarti Lietuvos mažų ir vidutinių upių ekologinio nuotėkio nustatymo galimybes, remiantis sukaupta informacija apie natūralių ir pakeistų vandens telkinių (ežerų ir upių) hidrologinį režimą.

TVENKINIŲ VAIDMUO VANDENS EKOSISTEMOJE

Tvenkinių poveikis aplinkai nediskutuotinas. Ryškiausiai pastebimi pokyčiai vandens ekosistemoje – kai pastačius užtvanką pažeidžiamas upės vientisumas. Vagoje įrengtas tvenkinys turi kitas negu upė hidromorfologines savybes, nes padidėja vandens paviršiaus plotas ir telkinio gylis, sumažėja tėkmės greitis, kyla pavojus tvenkinio krantams [4]. Lietuvos vandens telkinių fauna rūšių požiūriu negausi, tačiau savita. Jos savitumą lemia didelė vandenų ir jų režimo įvairovė. Daugiausia rūšių aptinkama upėse, kurių tankis Lietuvoje siekia 1 km/km² [5].

Ežeruose ir tvenkiniuose, kurių Lietuvos teritorijoje yra 6 tūkst. [6], fauna skurdesnė negu upėse. Po ledynmečio ežeruose intensyvejo sklėjimo ir eutrofikacijos procesai, pamažu išnyko šaltamėgės žuvys ir kiti vandens gyvūnai. Tik giliausiose ežeruose dar aptinkamos ledynmečio laikų šaltamėgės žuvys (sykai, seliavos) ir vėžiagyviai. Daugelyje ežerų egzistuoja viena ar kelios neleprios žuvų rūšys (karpiai, karosai ar ešeriai), kurios sudaro žuvų bendrijos branduolį.

Vokės upelio ichtiofaunos apžvalga [6] rodo, kad tvenkiniuose didesnė žuvų biomasė, tačiau žemiau užtvankos aptinkama iki 14 rūšių žuvų, kai tvenkinyje pastebėtos tik 7 žuvų rūšys. Įprasta, kad tvenkiniuose aptinkama mažiau jautrių taršai vandens organizmų [7]. Tvenkiniuose ypač akivaizdūs vandens bestuburių bendrijos pokyčiai. Pavyzdžiui, upėse aptinkamos labai retos ir saugotinos dvigeldžių moliuskų rūšys tvenkiniuose jau nebegyvena. Etaloniniai palyginamieji tyrimai [7], atlikti gretimų nereguliuotų upių vagose, rodo, kad upių tėkmės vientisumo suardymas ir vandeningumo kaitos pokyčiai yra svarbūs ekosistemos būklei.

Užtvankos įrengimas paveikia upės nešmenų režimą, kai tvenkinyje pradedami kaupti nešmenys, kurie dugne sudaro dumblo sluoksnį, o žemutiniame bjefe pastebima upės erozija. Kaip parodė tyrimai [8, 9], per dešimtmečius trunkantį laikotarpį žemutiniame bjefe susikuria dinaminė vagos procesų pusiausvyra. Pagilėjusioje vagoje savigrindos procesai suformuoja dugno substratą, atitinkantį hidrologinio režimo pokyčius. Tuo tarpu tvenkinyje, nusėdus daliai nešmenų, padidėja makrozoobentos paplitimo erdvė. Dugne paplitę organizmai nuolatos skendi vandenyje ir esant nedideliame vandens lygio svyravimui sukuria palankias sąlygas maitintis ir veistis kai kurių rūšių žuvis.

Upių vagos ir ežerai susidarė per ilgą laikotarpį. Priimant sąlygą, kad svarbiausi vandens telkinių ir jų hidrologinio režimo formavimo veiksniai nuolatiniai, galime kalbėti apie nusistovėjusią pusiausvyrą tarp aplinkos ir vandens telkinio [10]. Pakeitę svarbiausius aplinkos fizinius ir geografinius veiksnius, sukuriame naujus paviršinius vandens telkinius, kurie ekosisteminiu požiūriu tampa gyvūnų ir augalų buveinėmis, pasižymintomis kitomis savybėmis.

Įvedus tvenkinių naudojimo ir priežiūros reglamentą [2], pasiektas tvenkinių vandens lygių

svyravimas per metus analogiškas natūraliems ežerams. Reglamentuotas nuokrypis $\pm 0,1$ m nuo normalaus patvankos lygio garantuoja vandens gyvūnų ir augalijos aplinkos stabilumą, o tvenkinys tampa svarbiu kraštovaizdžio elementu. Tai neabejotinai svarbus ir pažangus žingsnis reguliuojant Lietuvos vandens išteklių naudojimą.

Upių vagų tvenkimas sukuria įvairiapusę socialinę ir ekonominę naudą. Tačiau yra sričių, kuriose tvenkiniai ne tik keičia tradicinius vandens telkinių naudojimo būdus, bet sukelia nepataisomą žalą. Tai negrįžtamas žemės ūkio naudmenų bei miškų plotų praradimas dėl užliejimo ir patvenkimo, vandens gyvūnų migracijos, dauginimosi ir produktyvumo pokyčiai, upių vagų erozijos ir tvenkinių krantų abrazijos reiškiniai, kultūros paveldo objektų praradimas užliejamose teritorijose [4, 11–13]. Taigi prieš įrengiant tvenkinį būtina įvertinti visus teigiamus (naudos) ir neigiamus (nuostolių) aspektus ir priimti sprendimą, tenkinantį darnaus vystymosi principų reikalavimus.

Lietuvoje yra 450 nuotėkio reguliavimo tvenkinių, kurių plotas didesnis kaip 5 ha [14]. Šiems tvenkiniams pagal analogiją su ežerais nustatytas ir privalomas natūraliems ežerams būdingas vandens lygių kaitos intervalas [2]. Taip išspręstas la-

bai svarbus tvenkinio vandens lygių kaitos poveikis vandens gyvūnijai, augalijai, tvenkinio krantams ir požeminiams vandenims.

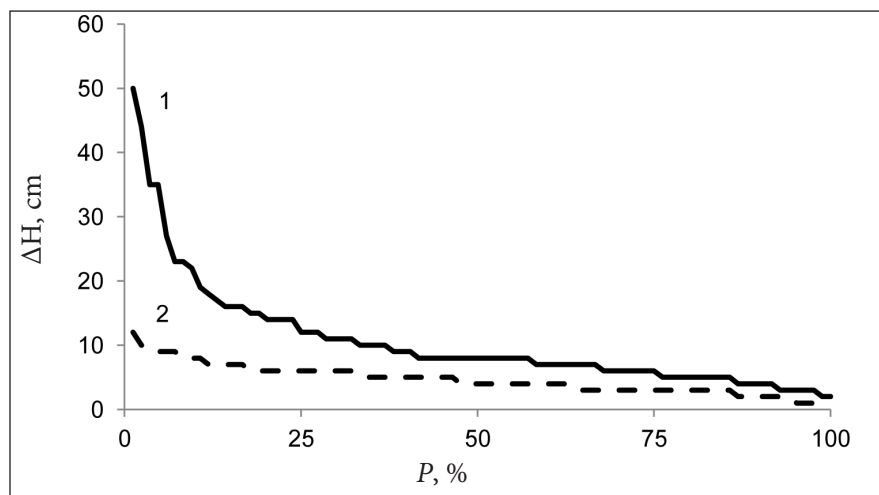
Lietuvos aplinkosaugos aktai [2] reguliuoja tvenkinio kaip sudėtinės vandens ekosistemos dalies vandens lygių režimą, kuris nustatomas remiantis analogija su natūralių ežerų vandens lygių kaita. Tvenkinio naudojimo ir priežiūros taisyklės leidžia nežymų (10–20 cm) vandens lygio pokytį normalaus patvankos lygio atžvilgiu. Tokia tvenkinio vandens lygio kaita palanki aplinkai ir buvo pagrįstai pasirinkta, nes tai patvirtina natūralių Lietuvos ežerų lygių kaitos stebėjimai per 2010–2016 metus.

Ežerų vandens lygių kaitos vertinimui naudoti Lietuvos hidrometeorologinės tarnybos vandens matavimo stočių (1 lentelė) kiekvienos dienos lygių stebėjimai Tauragnuose (Tauragno ež.) ir Trakuose (Totoriškių ež.). Šių ežerų ištakose nėra patvankos įrenginių, ir vandens lygių stebėjimo duomenys atspindi natūralų lygių kaitos procesą. Remiantis 2010–2015 m. vykdyto valstybinio upių, ežerų ir tvenkinių monitoringo rezultatais, šiuose ežeruose stebima gera ekologinė būklė [15].

Šių ežerų didžiausių ir mažiausių vandens lygių pokyčių per mėnesį (1 pav.) analizė rodo, kad

1 lentelė. Natūralių ežerų vandens lygių stebėjimų duomenys

Ežeras	Vandens matavimo stotis	Baseino plotas, km ²	Ežero plotas, km ²	Stebėjimų laikotarpis	Vandens lygio pokytis per mėnesį, cm	
					vidutinis	didžiausias
Tauragnas	Tauragnai	68,6	5,13	2010–2016	10,5	50
Totoriškių	Trakai	13,7	0,76	2010–2016	4,6	12



1 pav. Tauragno (1) ir Totoriškių (2) ežerų vandens lygių pokyčių per mėnesį tikimybių pasiskirstymo kreivės

Totoriškių ežere didžiausias vandens lygio pokytis buvo vos 12 cm, o Tauragno ežere 90 % atveju neviršija 20 cm. Tauragno ežere tik per pavasario potvynį (vasario, kovo ir balandžio mėn.) buvo pastebėti didesni kaip 20 cm lygio pokyčiai, tai sudaro vos 7,1 % visų atvejų.

EKOLOGINIO NUOTĖKIO VEIKSNIAI IR NUSTATYMO PRINCIPAI

Daugelyje Europos valstybių gamtosaugos debitas apskaičiuojamas kaip nekintanti vidutinio metinio debito dalis arba kaip reglamentuoto dažnio minimalus upės debitas [1, 16]. Toks gamtosauginio debito reglamentavimas priimtinas tik vienu atveju, kai projektuojant siekiama įvertinti paviršinio vandens telkinio būklę kritinėmis sąlygomis. Per tvenkinio išteklių eksploataciją nustatyti kiekvienais metais fiksuotą nekintantį gamtosaugos debitą pagal jo kritinę reikšmę nepriimtina, nes tai reikštų, kad nepriklausomai nuo vandeningumo kasmet upės ekosistema ir jos organizmai patiria stresines situacijas kritinėmis sąlygomis.

Pavyzdžiui, Vokietijoje gamtosaugos debitas sudaro 0,3–0,6, o Ispanijoje, Italijoje ir Prancūzijoje – vos 0,1 vidutinio metinio debito [16]. Esminis tokio gamtosaugos debito nustatymo metodo trūkumas yra tas, kad pažeidžiama stebėta daugiametė upės debitų kaita. Dažniausiai gamtosaugos debitas siejamas su vidutiniu metiniu debitu motyvuojant tuo, kad vidutiniai debitai matuojami tiksliau už minimalius debitus, kuriems būdingi atsitiktiniai svyravimai ir didesnės nustatymo paklaidos.

Lietuvos upių gamtosaugos debito apskaičiavimo tvarkos aprašas [3] reglamentuoja vidutinio 30 parų trukmės minimalaus debito nustatymą, susiedamas jį su daugiamečio pasikartojimo tikimybe. Šiuo laikotarpiu upėje gali būti ir daug mažesni paros debitai, tačiau reikalaujama, kad gamtosauginis debitas iš tvenkinio būtų ne mažesnis už 80 arba 95 % tikimybės vidutinį 30 parų minimalų debitą.

Tokia gamtosaugos debito nustatymo metodika pratęsė iki tol galiojusius statybinių normų ir taisyklių reikalavimus upės „sanitariniam debitui“ apskaičiuoti. Sąvoka „sanitarinis debitas“ buvo vartojama nustatant nuleidžiamųjų (kanalizacijos) vandenų atskiedimą švarių upės

vandeniu, skaičiuojant ir pagrindžiant užteršto vandens valymo lygį. Ribiniu upės vandens debitu buvo pasirinktas 95 % tikimybės upės minimalaus mėnesio (30 parų) debitas. Tai reiškia, kad vieną kartą per 20 metų bus ribinės nuotekų atskiedimo sąlygos, o likusius 19 metų nuotekų atskiedimo sąlygos bus palankesnės. Pritaikius tokią gamtosauginio („sanitarinio“) debito sampratą, kai kurioms nuotėkį reguliuojančioms hidroelektrinėms atsirado normatyvė spraga, leidžianti kiekvienais metais per sausmetį trūkstant vandens sumažinti praleidžiamą per hidroelektrinę debitą iki gamtosaugos debito. Tuo tarpu sukauptas tvenkinyje vanduo panaudojamas energijai gaminti vieną ar kelias valandas per parą. Pagrindinė tokio pulsuojančio energijos gamybos būdo priežastis – didelės įrengtos turbinos pralaidumas, palyginti su gamtosauginiu debitu.

Reikšmingiausios dabar galiojančio gamtosaugos dokumento problemos yra šios:

1. Gamtosaugos debito nustatymo normatyvai taikomi ir hidroelektrinėms, kurios neišleidžia užteršto vandens, bet keičia vandens telkinių hidrologinį režimą, sukeltą nenustovėjusį tekėjimą ir didelę debitų kaitą HE reguliuotoje upės atkarpoje.

2. Normatyvuose neregamentuojama vandens lygio kaita gamtosaugos debito praleidimo laikotarpiu. Tai ypač pastebima, kai HE veikia paros reguliavimo režimu. Nors hidroelektrinė naudoja upės tranzitinį nuotėkį (tvenkinio prietakos debitą) ir palaiko leistiną tvenkinio vandens lygio kaitą, tačiau dėl didelio HE turbinų pralaidumo sukelia potvynius upės reguliuotame ruože (didelis palyginti su gamtosaugos debitu turbinos pralaidumas staiga įjungus turbinas keleriopai padidina reguliuotos upės ruožo debitą, sukeldamas ekosistemai vandens lygio ir greičio pokyčius).

Parentant tvenkinio žemutinio bjefo (reguliuotos upės) ekologinio nuotėkio režimą, būtina remtis šiais pagrindiniais principais:

- atsižvelgiant į vandens gyvūnijos ir augalijos poreikius sudaryti palankias sąlygas vandens telkiniuose egzistuoti biocenozėms;
- pakankamas teritorijos ir vandens telkinių hidrologinis iširtumas, leidžiantis objektyviai apskaičiuoti upių nuotėkio rodiklius bet kuriam upės ruožui;
- įgyvendinimo paprastumas ir suderinamumas su upių baseinų valdymo planais;

• operatyvaus valdymo galimybė, kuri leistų ne tik realiu laiku greitai apskaičiuoti ekologinio nuotėkio parametrus, bet juos stebėti ir kontroliuoti.

Šių principų įgyvendinimas įmanomas pamažu ir kryptingai plečiant vandens telkinių tyrimus ir diegiant gautus rezultatus. Ne visi minėti principai šiuo metu gali būti įgyvendinti, nes nepakanka stebėjimo duomenų ir jų apibendrinimo.

Reguluotos upės ekologinis potencialas ir su juo susijęs ekologinis nuotėkis priklauso nuo gamtinių ir antropogeninių sąlygų. Gamtinių sąlygų kompleksą sudaro:

- klimatas ir jo kaita, lemiantys prietaką į tvenkinį, garavimo nuostolius iš tvenkinio, vandens temperatūrą;
- upės nuotėkio gamtinis suregulavimas, priklausantis nuo vietinių fizinių geografinių sąlygų (baseino ploto, ežerų ir pelkių, miškų ir geologinės sudėties);
- vagos nuolydis, nuo kurio priklauso hidromorfologiniai rodikliai (tėkmės greitis, gylis, plotis ir vagos būklė).

Ekologinį nuotėkį žemutiniame bjeje labiausiai gali paveikti ši antropogeninė veikla: hidroelektrinės darbo režimas ir negrįžtamas vandens paėmimas.

Reguluotų upių ekologinio nuotėkio veiksnius lemia tos pačios fizinės geografinės sąlygos, kurios formuoja upių bazinį nuotėkį, bei upės

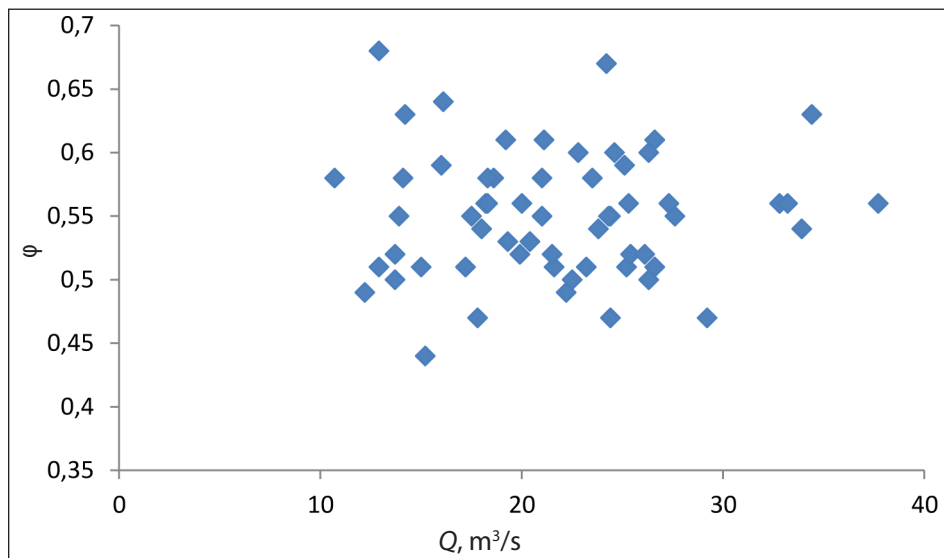
išteklių naudojimo tikslai ir pobūdis. Upės bazinio nuotėkio dydis arba nuotėkio gamtinio reguliavimo koeficientas φ [5, 12] priklauso nuo klimato ir nuotėkį reguliuojančių veiksnių (geologinės sudėties, baseino ploto, ežerų, miškų ir kt.). Hidrometriniai stebėjimai ir atlikti tyrimai [5] leidžia koeficientą φ nustatyti bet kuriai Lietuvos upei.

Nuotėkio reguliavimo koeficientui būdingos šios savybės:

- atspindi upių nuotėkio santykinį pasiskirstymą tarp pagrindinių metų sezonų;
- kiekvienų metų nuotėkio reguliavimo koeficientas nepriklauso nuo metų vandeningumo;
- gamtinį nuotėkio suregulavimą lemia fizinės ir geografinės sąlygos;
- maža metinio nuotėkio reguliavimo koeficiento dispersija bėgant laikui [5].

Sezoninis upių nuotėkio pasiskirstymo pobūdis labai svarbus vandens ekosistemoje vykstantiems žuvų neršto, paukščių perėjimo ir gyvūnų migracijos procesams.

Jūros ties Taurage nuotėkio stebėjimų duomenys (2 pav.) patvirtina, kad įvairaus vandeningumo metais yra toks pats upės bazinis nuotėkis. Panašūs rezultatai gauti [5], kai koreliacijos koeficientai tarp φ ir vandeningumo Q Lietuvos upėms buvo nustatyti nuo $-0,35$ iki $0,27$. Ši savybė rodo, kad metų vandeningumas Q ir nuotėkio reguliavimo koeficientas φ yra tarpusavyje



2 pav. Ryšys tarp Jūros upės metų vandeningumo (Q) ir metinio nuotėkio reguliavimo koeficiento (φ). Tauragės vandens matavimo stoties 1922–2016 m. duomenys

nepriklausomi ir papildo vienas kitą informacija apie nuotėkį.

Nuotėkio reguliavimo koeficientą yra palanku naudoti, nes jis pasižymi maža dispersija bėgant laikui [5]. Tai reiškia, kad vidutinei daugiametei reikšmei pakanka trumpo nuotėkio stebėjimo laikotarpio.

HIDROELEKTRINIŲ POVEIKIS NUOTĖKIO REŽIMUI REGULIUOTOSE UPĖSE

Stebimi du reguliuotos upės nuotėkio režimai:

1. Palankus aplinkai režimas, kai užtvankos pralaidos arba hidroelektrinė praleidžia į žemutinį bjefą prietakos debitą, laikantis tvenkiniui nustatytos vandens lygių kaitos. Reguluojamas debitas sumažėja dėl papildomų garavimo nuostolių nuo tvenkinio vandens paviršiaus ir negrįžtamo vandens naudojimo, kuris gali sudaryti 10–20 % tvenkinio prietakos.

2. Nepalankus aplinkai režimas, kai hidroelektrinė arba vandens vartotojas staiga sunaudoja per vieną arba kelias paras sukauptą tvenkinyje vandenį. Tai trumpalaikio (paros ar savaitės) nuotėkio reguliavimo atvejis, kai gaminama pikinė energija. Išplėtoje elektros energetikos sistemoje toks energijos būdas kartu su vėjo ar kinetinės energijos šaltiniais nebeaktualus [17, 18]. Sezoninis ar daugiametis nuotėkio reguliavimas padidina reguliuotos upės sausmečio nuotėkį [9] per pavasario potvynį sukauptu vandeniui.

Reguluojamos upės atkarpa, kurioje ypač pastebimas hidroelektrinės darbo pikinio režimo poveikis, priklauso nuo tvenkinio prietakos nuotėkio santykio su gamtosaugos debitu. Kai šis santykis lygus vienetui, hidroelektrinė veikia naudodama prietakos į tvenkinį nuotėkį (tranzitinis naudojimas arba *run of river* režimas [4, 19]). Kai hidroelektrinė praleidžia didesnį debitą negu nustatytas gamtosauginis debitas, o prietaka į tvenkinį yra mažesnė už turbinos debitą ir naudojamas sukauptas tvenkinyje vanduo, stebime hidroelektrinės pikinį darbo režimą. Tai vadinamasis hidropikingas [19].

Lietuvos mažųjų hidroelektrinių turbinų pralaidumo analizė (2 lentelė) rodo, kad hidroelektrinių vienos turbinos praleidžiamas debitas viršija gamtosaugos debitą, nustatytą pagal Lie-

tuvoje galiojantį normatyvą [3]. Iš 96 mažųjų hidroelektrinių [20] net 43,8 % hidroelektrinių turbinų pralaidumas šešis ir daugiau kartų viršija gamtosaugos debitą. Tai reiškia, kad šios turbinos gali gaminti energiją per sausmetį tik vandeningais ir vidutinio vandeningumo metais, kai sausmečio prietaka į tvenkinį yra lygi arba didesnė už turbinos debitą. Priešingu atveju, kai prietaka į tvenkinį mažesnė, hidroelektrinė naudos tvenkinio išteklius pikinei energijai gaminti.

2 lentelė. Lietuvos mažųjų hidroelektrinių pasiskirstymas pagal vienos turbinos debito santykį su gamtosaugos debitu

Hidroelektrinės turbinos debito santykis su gamtosaugos debitu	Hidroelektrinių skaičius	Dalis (%) bendrų hidroelektrinių
<1	12	12,5
1–5	42	43,7
6–10	21	21,9
11–20	9	9,4
>20	12	12,5

Hidropikingo poveikį reguliuotos upės ekologiškai būklei švelnina šios priemonės:

- palankių aplinkai dvigubo pralaidumo reguliavimo (kreipračio ir pasukamų menčių) turbinų naudojimas;
- įvairios galios ir pralaidumo turbinų naudojimas (esant kelioms turbinoms hidroelektrinėje);
- turbinų pralaidumo ir stabdymo laiko ilgimas.

Tranzitinio upės nuotėkio (tvenkinio prietakos) per hidroelektrinę praleidimas garantuoja tiek tvenkinio vandens lygio nedidelę kaitą, tiek ekologinį nuotėkį žemutiniame bjefe.

NEIŠTIRTŲ UPIŲ TVENKINIŲ PRIETAKOS IR EKOLOGINIO NUOTĖKIO NUSTATYMAS

Ekologinio nuotėkio, vertinančio biologinį vandens telkinių potencialą ir ekologinę būklę, nustatymas bet kuriai neištirtai Lietuvos upei, įmanomas priimančiam upės nuotėkio sinchroniškumo hipotezę. Upės nuotėkio kaitą (vandeningumą bet kuriuo laiko momentu) lemia klimato veiksnių (kritulių, oro temperatūros) poveikis upių nuotėkiui, kuris pasireiškia didelėse teritorijose.

Mažose ir vidutinėse upėse, kurių baseino plotas iki 10 000 km², turime vos po 3–5 vandens matavimo stotis. Todėl svarbu nustatyti, kokio dydžio teritorijoje galime apibendrinti vienos vandens matavimo stoties nuotėkio stebėjimų duomenis.

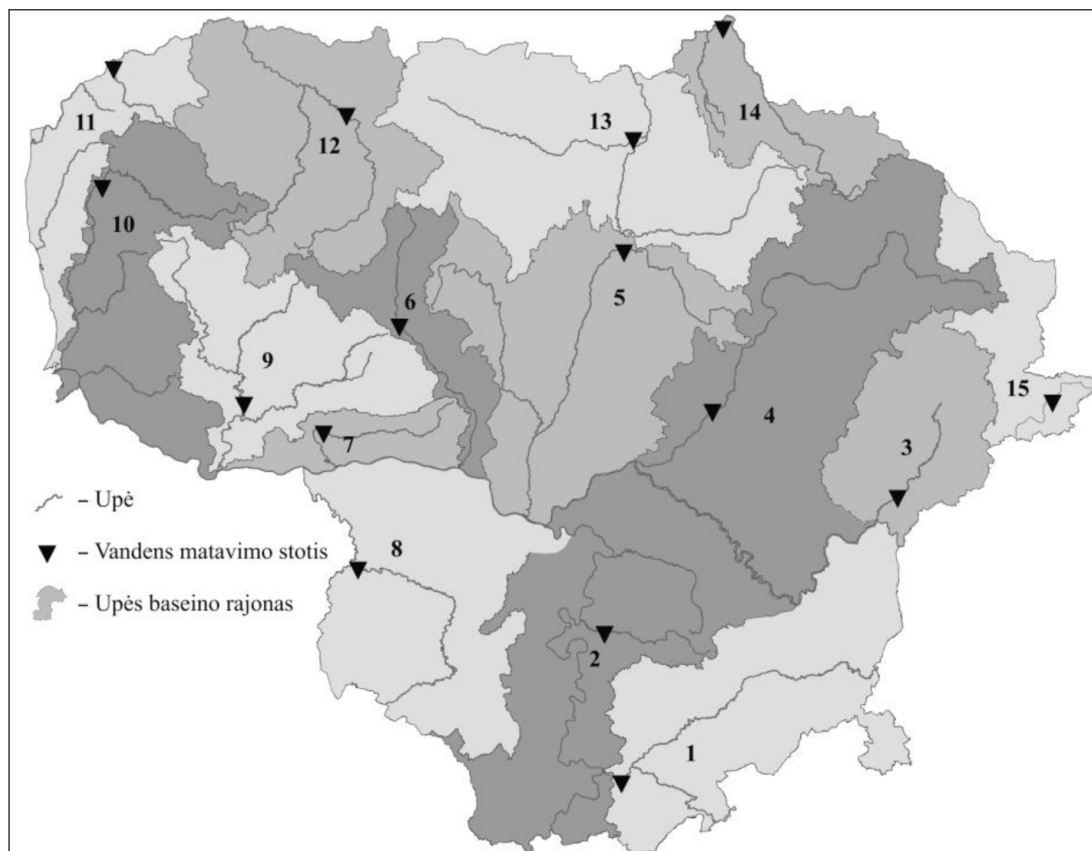
J. Jablonskio ir R. Janukėnienės tyrimai [21] rodo, kad Lietuvoje yra šeši sinchroninio upių nuotėkio rajonai. Šiuose rajonuose gretimų upių metinio nuotėkio tarpusavio koreliacijos koeficientai viršija 0,8. Nustatyta porinės koreliacijos koeficiento priklausomybė nuo atstumo tarp vandens matavimo stočių. Siekiant patikslinti galimybes naudojantis vienos vandens matavimo stoties stebėjimais skaičiuoti prietaką į bet kurį tvenkinį arba nustatyti ekologinį nuotėkį hidroelektrinės žemutiniame bjefe, buvo panaudoti Lietuvos upių baseinų daugiamatės (hidrologinių, hidrografinių, vandens ūkio ir gamtos saugos rodiklių) klasifikacijos rezultatai [22], kurie leido nustatyti optimalų rajonų skaičių (7) pagal hidrologinės, landšafto ir vandens naudojimo sąlygas.

Kiekviename rajone parinkome atramines vandens matavimo stotis. Įvertinant upių vandens matavimo stočių pasiskirstymą ir stebėjimų

trukmę buvo parinkta 15 atraminių vandens matavimo stočių, kurių stebėjimų duomenys buvo perkelti su mažiausiomis paklaidomis (3 lentelė). Buvo apskaičiuoti šių Lietuvos upių baseinų 46 vandens matavimo stočių metinio nuotėkio tarpusavio koreliacijos ryšiai [5]. Dauguma šių ryšių (96 %) pasižymi aukštais koreliacijos koeficientais, viršijančiais 0,8, o 64 % atvejų šių ryšių glaudumas vertinamas didesniais kaip 0,9 koreliacijos koeficientais. Tai rodo, kad nustatant neištirtų upių hidrologinius rodiklius ar ekologinio nuotėkio dydį, galime turėti vieną atraminę vandens matavimo stotį kiekviename iš 15 Lietuvos vidutinių ir mažų upių baseinų (3 pav.). Ši atraminė vandens matavimo stotis gali pateikti upių vandeningumo informaciją realiu laiku ne tik nustatant hidroelektrinių darbo režimą mažo vandeningumo laikotarpiais, bet ir kontroliuojant hidroelektrinių darbą. Telemetriškai stebint tvenkinio vandens lygio kaitą ir ją gretinant su hidroelektrinės valandine galia, pakanka informacijos apie hidroelektrinės darbą ir jos įtaką žemutinio bjefo ekologiniam nuotėkiui. Labai svarbu, kad atkrinta būtinybė kontroliuoti hidroelektrinės darbą pagal labai netikslią žemutinio bjefo debitų kreivę mažų debitų srityje.

3 lentelė. Lietuvos upių nuotėkio baseinų sinchroniškumo tyrimų rezultatai

Eil. Nr.	Upės baseinas	Baseino plotas, km ²	Vandens matavimo stočių skaičius	Mažiausia vienalaikių stebėjimų trukmė, metai	Tarpusavio ryšio koreliacijos koeficientai	Atraminė vandens matavimo stotis
1.	Merkys	3 781	4	13	0,80–0,95	Puvočiai
2.	Nemuno vidurupio upės	4 233	3	25	0,80–0,86	Verbyliškės
3.	Žeimena	2 793	2	16	0,86	Pabradė
4.	Šventoji	6 891	3	22	0,90–0,94	Ukmergė
5.	Nevėžis	6 140	3	22	0,78–0,91	Panevėžys
6.	Dubysa	1 972	3	15	0,92–0,95	Lyduvėnai
7.	Mituva	773	2	12	0,98	Žindaičiai
8.	Šešupė	4 899	3	23	0,88–0,95	Kudirkos Naumiestis
9.	Jūra	3 994	4	21	0,93–0,96	Tauragė
10.	Minija	2 942	3	20	0,85–0,96	Kartena
11.	Lietuvos pajūrio upės	2 132	2	19	0,93	Skuodas
12.	Venta	5 140	5	15	0,86–0,96	Papilė
13.	Mūša	5 297	4	18	0,80–0,96	Ustukiai
14.	Nemunėlis	1 892	3	15	0,87–0,91	Tabokinė
15.	Dauguvos intakai	1 857	2	31	0,94	Guntauninkai



3 pav. Lietuvos vidutinių upių baseinų ir atraminių vandens matavimo stočių kartografinė schema

Dėl nepakankamo hidrologinio ištirtumo smulkūs Nemuno ir Neries intakai priskirti gretimiems upių baseinams pagal upių metinio nuotėkio kaitos sinchroniškumo kartoschemą [21].

Pagrindinių Lietuvos upių baseinų nuotėkio sinchroniškumo tyrimai patvirtino, kad prietaka į tvenkinį ir reguliuotų upių ekologinis nuotėkis gali būti apskaičiuoti kiekvienai neištirtai upei realiu laiku pagal atraminę vandens matavimo stotį.

IŠVADOS

Taikant visuomenės ir aplinkos darnaus vystymosi principus, tvenkinių vandens išteklių naudojimas priimtinas tik toks, kai tvenkinio vandens lygių kaita artima natūralių ežerų lygių kaitai, o žemiau tvenkinio reguliuotoje upėje stebimas vandens debitų režimas, sinchroniškas su bendra teritorijos vandeningumo kaita. Lietuvoje reglamentuota mažų ir vidutinių upių tvenkinių lygių kaita yra palanki biotai ir aplinkai bei sudaro sąlygas įgyvendinti reikalavimus,

keliama apibrėžiant reguliuotos upės ekologinį nuotėkį.

Svarbiausias ekologinio nuotėkio veiksnys yra fizinės ir geografinės sąlygos, lemiančios upės vagos būklę, nuotėkio dydį, daugiametę kaitą ir metų nuotėkio pasiskirstymą. Klimato poveikis nuotėkiui ir jo daugiametei kaitai nusako bendrą teritorijos vandeningumą. Nuotėkio reguliavimo koeficientas yra svarbus rodiklis, rodantis upės sezoninio nuotėkio pasiskirstymo palankumą ekosistemoje vykstantiems procesams: žuvų nerštui, paukščių perėjimui, gyvūnų migracijai. Rengiant ekologinę upių klasifikaciją bei nustatant upių ekologinį nuotėkį, nuotėkio reguliavimo koeficientas turi būti vertinamas kartu su vandeningumu ir vagos nuolydžiu.

Pagal Lietuvoje galiojančius teisės aktus nustatytas reguliuotos upės gamtos saugos debitas keičia sausmečio debitų pasikartojimo dažnį. Tai yra pagrindinė reguliuotos upės ekosistemos stresinių situacijų priežastis, lemianti pakeisto vandens telkinio ekologinę būklę. Pagrindinės priemonės siekiant geros pakeisto vandens telkinio būklės

yra ekologinio nuotėkio žemutiniame bjeje nustatymas ir hidroelektrinių turbinų įrangos tobulinimas.

Pasiūlytas neištirtų upių ekologinio nuotėkio nustatymo metodas, paremtas upių nuotėkio sinchroniškumo tyrimais ir nuotėkio ištekėjimais vienoje vandens matavimo stotyje kiekviename iš 15 pagrindinių upių baseinų. Tai paprastas ir objektivus būdas valdyti tvenkinių vandens išteklius ir kontroliuoti hidroelektrinių darbo režimą.

Gauta 2018 11 08

Priimta 2018 12 20

Literatūra

1. European Commission. Guidance. Document No. 31. *Ecological Flows in the Implementations of the Water Framework*. Technical Report 2015-086. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2015.
2. Tvenkinių naudojimo ir priežiūros tipinės taisyklės LAND 2-95, patvirtintos Lietuvos Respublikos aplinkos apsaugos ministerijos 1995 m. kovo 7 d. įsakymu Nr. 33 (Žin., 2006, Nr. 101-3915).
3. Gamtosauginio vandens debito apskaičiavimo tvarkos aprašas, patvirtintas Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2005 m. liepos 29 d. įsakymu Nr. D1-382 (Žin., 2005, Nr. 94-3508).
4. *Guidance for Run-of-river Hydropower Development*. Bristol: Environment Agency, 2016.
5. Gailiušis B., Jablonskis J., Kovalenkoviėnė M. *Lietuvos upės. Hidrografija ir nuotėkis*. Kaunas: Lietuvos energetikos institutas, 2001.
6. Kesminas V., Virbickas T., Stakėnas S., Stepnėnas A. Vokės upės ichtiofaunos apžvalga. *Acta hydrobiologica Lithuanica*. 2000. Vol. 11. P. 252–266.
7. Vaikasas S., Palaima K., Pliūraite V. Influence of hydropower dams on the state of macroinvertebrates assemblages in the Virvyte river, Lithuania. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*. 2013. Vol. 21(4). P. 305–315.
8. Ždankus N., Vaikasas S., Sabas G. Impact of a hydropower plant on the downstream reach of a river. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*. 2008. Vol. 16. P. 128–134.
9. Ždankus N. Influence of hydropower plant to river flow regime. *Proceedings of International Conference on Small Hydropower, May 23–25, 2001, Kaunas, Lithuania*. P. 3/54–3/60.
10. Kilkus K. *Lietuvos ežerų hidrografija*. Vilnius: Mokslas, 1989.
11. Ždankus N., Sabas G. The influence of anthropogenic factors to Lithuanian rivers flow regime. *Proceedings of the 6th International Conference Environmental Engineering, 26–27 May, 2005, Rome, Italy*. P. 515–522.
12. Skomorowski K. E., Metcalfe R. A., Finucan S. D., Jones N., Marty J., Power M. Ecosystem level assessment of environmentally based flow restrictions for maintaining ecosystem integrity: A comparison of a modified peaking vs. unaltered river. *Ecology*. 2011. Vol. 4. P. 791–806.
13. Stromberg J. C., Beauchamp V. B., Dixon M. D., Lite S. J., Paradzick C. Importance of low-flow and high-flow characteristics to restoration of riparian vegetation along rivers in arid south-western United States. *Freshwater Biology*. 2007. Vol. 52. P. 651–679.
14. Gailiušis B., Kinderis Z., Lietuvininkas G., Ruplys B., Vaišnora A. *Lietuvos tvenkinių žinynas*. Vilnius: Projektų analizės institutas, 2017.
15. *Nemuno upių baseinų rajono valdymo planas*. Vilnius: Aplinkos apsaugos agentūra, 2017.
16. Palau A. Integrated environmental management of current reservoirs and regulated rivers. *Limnetica*. 2006. Vol. 25. No. 1–2. P. 287–302.
17. Gailiušis B., Jakimavičius D., Šarauskiėnė D., Jurgelėnaitė A. Assessment of hydrokinetic resources of small and medium-size rivers; the Lithuanian case. *Baltica*. 2017. Vol. 30. No. 1. P. 23–30.
18. Jakimavičius D., Gailiušis B., Šarauskiėnė D., Jurgelėnaitė A., Meilutytė-Lukauskiėnė D. Assessment of the riverine hydrokinetic energy resources in Lithuania. *Baltica*. 2014. Vol. 27. No. 2. P. 141–150.
19. Haas N. A., O'Connor B. L., Hayse J. W., Bevelhimer M. S., Endreny T. A. Analysis of daily peaking and run-of-river operations with flow variability metrics, considering subdaily to seasonal time scales. *Journal of the American Water Resources Association*. 2014. Vol. 50. P. 1622–1640.

20. *Mažoji hidroenergetika*. Vilnius: Lietuvos hidroenergetikų asociacija, 2017.
21. Jablonskis J., Janukėnienė R. *Lietuvos upių nuotėkio kaita*. Vilnius: Mokslas, 1978.
22. Gailiūšis B. *Izpolzovanie stoka rek Litovskoy SSR*. Vilnius: Mokslas. 1986. 156 s.

**Brunonas Gailiūšis, Gintaras Adžgauskas,
Aldona Tomkevičienė,
Diana Meilutytė-Lukauskienė**

ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL FLOW OF THE LITHUANIAN RIVERS

Summary

Reservoirs have a significant influence on the aquatic organisms of the regulated rivers, river runoff, reservoir banks, river channels, groundwater and landscape. Currently, the legislation regulates the fixed/constant environmental discharge, which satisfies only minimum needs of the aquatic ecosystem and does not depend on water abundance of the year. Such practice of

the calculation of environmental discharge leaves for hydropower plant owners a possibility of hydropeaking.

In this research some aspects of the exploitation of reservoirs of small and medium rivers in Lithuania were discussed, and it is suggested to use the term of ecological flow instead of environmental discharge for regulated rivers. The most important condition for the calculation of the ecological flow is the similarity of changes of reservoir levels with the natural regime of lakes as well as the similarity of discharges of regulated rivers with the runoff of natural rivers. The inflow of unexplored rivers to the reservoir and ecological flow were estimated based on the data of water gauging stations in each of the 15 river basins of Lithuania. Therefore, improvement of the equipment of hydroelectric turbines is proposed for a good ecological condition of the regulated rivers. This allows using river runoff during the drought period in order to avoid peak regime (hydropeaking).

Keywords: ecological flow, environmental discharge, regulated rivers, reservoir, hydropeaking