

LIETUVOS UPIŲ POTVYNIŲ KAITOS TYRIMAI IR PROGNOZĖS

Lina Šlepikaitė¹, Lina Bagdžiūnaitė-Litvinaitienė²

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Aplinkos inžinerijos fakultetas,
Aplinkos apsaugos ir vandens inžinerijos katedra*

El. p. ¹lina.slepikaite@stud.vilniustech.lt; ²lina.litvinaitiene@vilniustech.lt;

Anotacija. Darbe nagrinėjama potvynių kaita ir jų prognozės. Darbo tikslas – įvertinti skirtingų Lietuvos hidrologinių rajonų upių potvynių kaitą ir ateities prognozes. Atliekant tyrimą buvo vertinti 1988–2018 metų vidutiniai metiniai ir vasario–gegužės hidromoduliai bei didžiausi potvynio piko debitai hidrologinėse stotyse (Minija–Kartena, Merkys–Puvočiai, Lėvuo–Kupiškis). Taip pat pagal analizuojamas upes pasirinktos joms artimiausios meteorologijos stotys Minija–Laukuva, Lėvuo–Utena, Merkys–Varėna. Pagal meteorologines stotis vertinama kritulių metiniai ir vasario–gegužės kiekiai. Išanalizavus hidromodulius skirtingose hidrologinėse stotyse gaunama, kad vakarų ir vidurio hidrologinio rajonų upėse nuotėkis tendencingai mažėja, o pietryčių Lietuvos upėje nuotėkis didėja. Kritulių 1988–2018 metų analizė parodė, kad Laukuvo ir Utenos stotyse tendencingai mažėja, o Varėnos meteorologinėje stotyje tendencingai išskirta vis daugiau kritulių. Pagal Manno ir Spearmano Rho testų rezultatus Merkio upė neparodė jokių reikšmingų tendencijų, nes duomenys yra labai skirtingi ir labai varijuoja. Minijos upėje iš trijų analizuojamų dešimtmečių nustatytos dvi reikšmingos tendencijos. Pirmame dešimtmetyje 1988–1997 m. gauta neigiama tendencija, pagal kurią potvynių debitai ateityje mažės, o antrame dešimtmetyje 1998–2007 m. maksimalus nuotėkio pikas augs. Lėvens upėje 2008–2018 m. gauta reikšminga teigiama nuotėkio tendencija. Pasaulinė klimato modelių prognozė parodė, kad pagal skirtingus modelius gaunami skirtingi rezultatai. HadGEM2-ES klimato modelis beveik visada prognozuoja neigiamus metinius nuotėkio pokyčius pagal skirtingus šiltnamio dujų emisijų RCP scenarijus. Rezultatai rodo, kad klimato kaita daro neigiamą poveikį upių hidrologiniams režimams, upių nuotėkis tampa sunkiai prognozuojamas.

Reikšminiai žodžiai: klimato kaita, neigiamas poveikis, nuotėkis, hidromoduliai, tendencijos, potvyniai, klimato modeliai.

Įvadas

Pasauliui sparčiai vystantis ir keičiantis klimatui, pastebimas vis dažnesnis ekstremalių įvykių kartojimasis ir didėjantis žmogaus pažeidžiamumas. Pastebimos augančios nelaimingų atsitikimų, susietų su potvynių žala, tendencijos. Katastrofinių nelaimių skaičius pasaulyje išaugo. Potvyniai sukelia didelių nemalonumų žmoniškai socialinėje ir ekonominėje erdvėje. Nieko keisto, kad žmonės patys prie to prisideda: pakeičia natūralius žemės plotus į ūkininkavimo, plečia infrastruktūrą, daugėja gamyklų, teršiančių orą (Mahmood et al., 2016).

Sparčiai keičiantis klimatui pasaulyje, vis dažniau pradedama kalbėti apie jo padarinius vandens ištekliams. Todėl kyla vis didesnės ekstremalių hidrologinių procesų rizikos, kurias prognozuoti darosi vis sunkiau. Tokių reiškinių, kaip potvynio ar nuosėkio nagrinėjimas tampa reikalingas modeliuojant hidrotechninius statinius (Aksinas, 2019). Norint išsisukti nuo hidrologinių katastrofų

padarinių, reikia atlikti šių įvykių prognozes, kurios sudaromos išnagrinėjant ekstremalius hidrologinius reiškinius bei atsižvelgiant į upių nuotėkio pasikeitimus (Kriaučiūnienė ir kt., 2016).

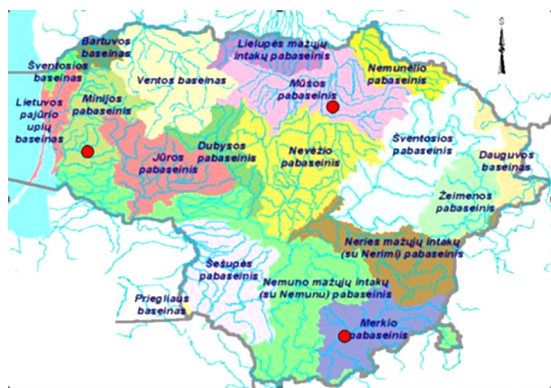
Prognozuojamas temperatūros kilimas yra viena iš priežasčių, sukelianti klimato kaitą. Taip pat kritulių iškritimas ir jų išgaravimas sukelia negrįžtamų pasikeitimų hidrologiniam upių režimui ir upių vandens lygių svyravimams. Potvyniai buvo ir yra labiausiai paplitusi stichinė nelaimė žmonijos istorijoje. Pastaruoju metu dėl besikeičiančio klimato potvyniai tampa dar grėsmingesni ir mažiau prognozuojami (Meilutytė-Lukauskienė et al., 2017).

Tyrimais siekiama nustatyti, kaip klimato kaita veikia upių potvynius ir jų ateities prognozes.

Tyrimo tikslas – įvertinti Lietuvos upių potvynių kaitą ir atlikti jų prognozę pagal Pasaulinės meteorologijos organizacijos pateiktus klimato modelius.

Metodika

Tiriamajam darbo analizei pasirinkta trys skirtingų Lietuvos regionų upės Minija, Merkys ir Lėvu (1 pav.). Analizuojamas laikotarpis – 1988–2018 metai. Upių duomenys surinkti iš skirtingų hidrologijos ir meteorologijos stočių. Analizei pasirinkti geriausiai potvynius atspindintys hidrologiniai duomenys: vidutiniai metiniai, maksimalūs potvynio piko ir vasario–gegužės mėnesių kiekvienos dienos upių debitai. Taip pat naudojami skirtingų meteorologijos stočių kritulių ir temperatūros duomenys.



1 paveikslas. Analizuojami upių pabaseiniai

Kiekvienai upei apskaičiuojamas hidromodulis, kuris padeda santykinai įvertinti ir tarpusavyje palyginti upių nuotėkį, nutekantį per nuotėkio baseino plotą. Jis apskaičiuojamas taip (Gailiūšis ir kt., 2001):

$$p = \frac{1000 \times Q}{A}, \text{ ls}^{-1} \text{ km}^{-2}, \quad (2)$$

čia Q – vidutinis upės baseino debitas, $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$; A – nuotėkio baseino plotas, km^2 .

Duomenys gali būti atsitiktinai išsibarstę ir netikslūs, o tai trukdo gauti tikslesnius rezultatus. Norint pastebėti duomenų tendenciją, reikia išfiltruoti duomenis. Tokiam filtravimui pasirenkama TREND programa, ji padeda apskaičiuoti hidrologinių parametru tendencijų atsitiktinumą.

Skirtingų Lietuvos regionų upėms ir jų nuotėkio kaitai tirti taikoma tendencijų analizė. Manno ir Kendallio bei Spearmano Rho tendencijų testai dažniausiai naudotini hipotezei tikrinti, ar yra tendencija (trendas) tarp ilgalaikės duomenų eilės. Manno ir Kendallio testo statistika S apskaičiuojama pagal formulę (Kažys ir kt., 2009):

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{sign}(x_i - x_j), \quad (3)$$

čia

$$\text{sign}(x) = \begin{cases} 1, & \text{jei } x > 0 \\ 0, & \text{jei } x = 0 \\ -1, & \text{jei } x < 0 \end{cases}. \quad (4)$$

Spearmano Rho testas patvirtina gautus Manno ir Kendallio testo rezultatus. Šis testas parodo, ar koreliacija tarp dviejų kintamųjų yra reikšminga. Testo statistika q_s yra koreliacijos koeficientas, kuris gaunamas tuo pačiu būdu kaip ir įprastas koreliacijos koeficientas, bet naudojama eilės. Spearmano Rho testo statistika apskaičiuojama pagal formulę (Kažys et al., 2009):

$$q_s = \frac{S_{xy}}{(S_x S_y)^{0,5}}, \quad (6)$$

čia

$$S_x = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2, \quad (7)$$

$$S_y = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2, \quad (8)$$

$$S_{xy} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}). \quad (9)$$

Šiais testais įvertinami duomenų pokyčiai ir jų patikimumai.

Klimatas keičiasi ir jo pokyčiai priklauso nuo daugybės aspektų. Vieni pagrindinių klimato kaitą lemiančių veiksnių yra šiltnamio dujų emisijos. Bandant prognozuoti ateities klimato pokyčius naudojami RCP scenarijai. Juos sudaro socioekonominių, šiltnamio dujų emisijų ir klimato scenarijų rinkiniai, kuriuose energinis poveikis yra pagrindinis parametras, norint prognozuoti klimato pokyčius (Keršytė et al., 2015). Yra sukurti keturi ŠESD (šiltnamio efektą sukeliančių dujų) emisijų scenarijai – RCP scenarijai: RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 ir RCP8.5, o šie duomenys yra gauti iš Pasaulio klimato tyrimų programos Penktojo modelių palyginimo projekto CMIP5. Ateities nuotėkio prognozei 2081–2100 metams nustatyti naudojama „Curve“ programa, 1986–2005 metų kritulių ir debitų duomenys bei trijų skirtingų klimato modelių GFDL-CM3, NorESM1-M, HadGEM2-ES kritulių prognozė 2081–2100 metams (Bukantis et al., 2017).

Rezultatai ir jų analizė

Vidutiniai metiniai ir pavasario laikotarpį atspindintys upių hidromoduliai pateikta 2–3 pav.

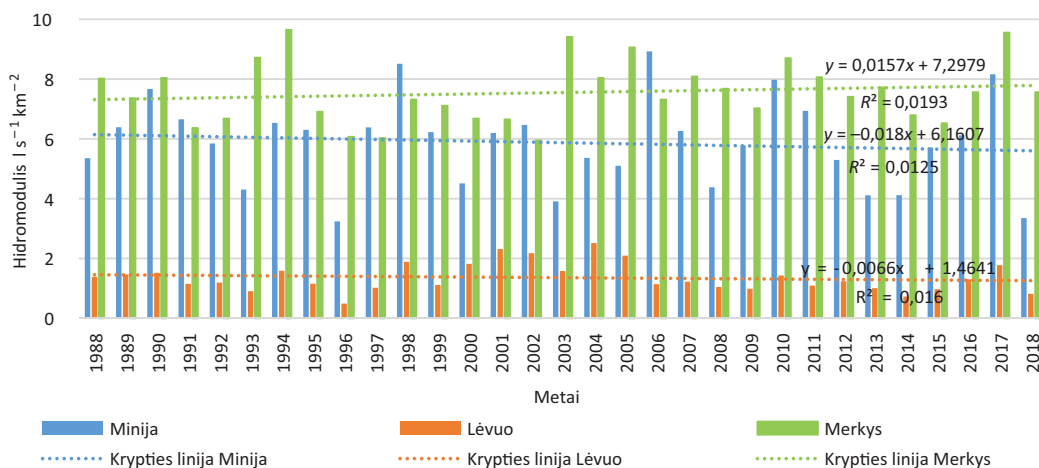
Įvertinus upių vidutinius metinius ir vasario–gegužės hidromodulius, pastebima, kad dažniausiai didžiausiu nuotėkio moduliui pasižymi Merkio upė, o mažiausiu – Lėvu. Pagal krypties liniją nustatoma upės tendencija, gaunamos Minijos ir Lėvens upių debitų mažėjimo tendencijos, kurios parodo, kad ateityje tikėtini nuotėkio mažėjimai. Merkio upės tendencija rodo nuotėkio kilimą. Vakarų Lietuvos hidrologinio rajono upė Minija buvo vandeningiausia 2006, 1998, 2010 ir 2017 m., kai jos vandeningumas buvo 2,2–11,8 % tikimybės, o sausringieji metai buvo 1996, 2018, 2003 ir 2013, kai upės

vandeningumas buvo 88,2–97,8 %. Upės hidromodulis svyruoja nuo $3,24 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ iki $8,16 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$. Vandeningiausi metai pavasario mėnesiais Minijoje buvo 1995, 2002, 1992 ir 2016, o sausringiausi – 2003, 2018, 2014, 1988. Vidurio Lietuvos hidrologinio rajono Lėvens upė pagal vidutinius vasario–gegužės ir vidutinius nuotėkio modulius turi neigiamą tendenciją, nuotėkis mažėja. Lėvens upė ties Kupiškiumi pagal metinį hidromodulį vandeninga buvo 2004, 2001, 2002, 2005, o pagal vasario–gegužės mėnesius – 1994, 2010, 1995, 1998. Sausringi metai pagal vidutinį metinį modulį buvo 1996, 2014, 2018, 1993, o pavasarį – 2003, 2006, 2000, 2004 metai. Merkio vidutinis metinis hidromodulis svyruoja nuo $5,95 \text{ s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ iki $9,65 \text{ s}^{-1} \text{ km}^{-2}$, o pavasarį nuotėkio modulis yra dar didesnis $6,79 \text{ s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ iki $13,79 \text{ s}^{-1} \text{ km}^{-2}$. Merkio upės minimalus pavasario hidromodulis 1,1 karto didesnis, o maksimalus – 1,4 karto didesnis.

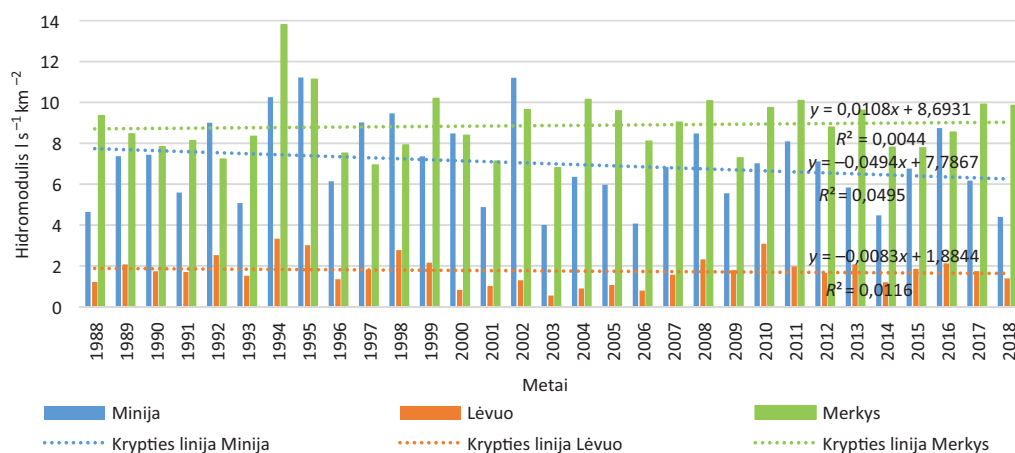
Didžiausių potvynių pikinių reikšmių pasiskirstymas pagal mėnesius pateikiamas 4 pav. Analizuojant du dešimtmečius pastebima, kaip pasikeitė potvynių piko laikas. Minijoje pirmąjį dešimtmetį 1988–1997 m.

potvynio didžiausi debitai buvo vasarį, kovą ir balandį. Analizuojant trečią dešimtmetį 2009–2018 m., potvynio balandžio mėnesį nėra, jis susiformavo ankstesniais mėnesiais. Vidurio ir pietryčių Lietuvos upių Lėvens ir Merkio pirmojo dešimtmečio pavasario pikiniai debitai buvo pasiskirstę net per keturis mėnesius vasarį, kovą, balandį ir gegužę, o jau trečią dešimtmetį gegužę potvynio nebuvo. Toks potvynių debitų pasiskirstymas pagal mėnesius parodo, kad vyksta neigiami pokyčiai – klimatas šiltėja. Dėl to ankstėja potvynių susiformavimo laikas.

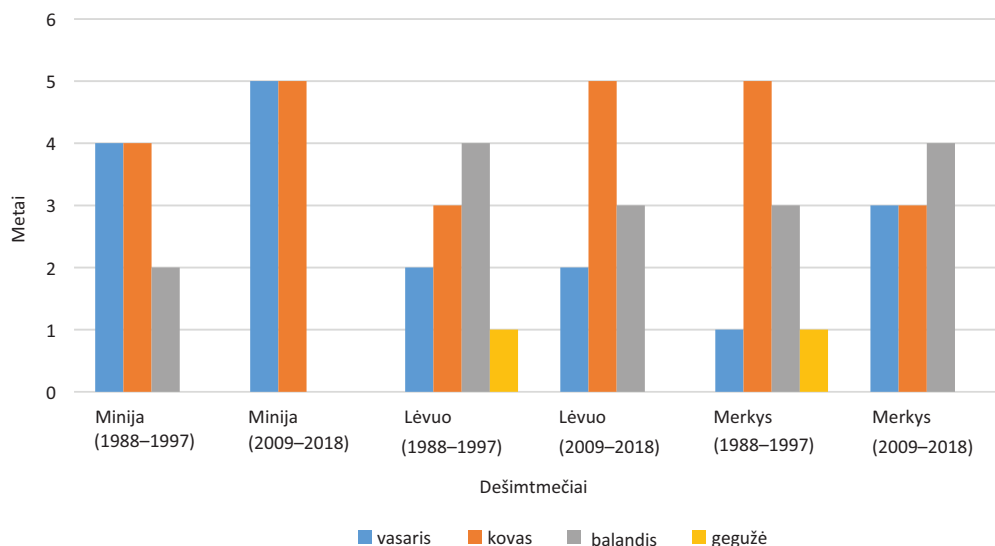
Analizuojami metiniai ir vasario–gegužės 1988–2018 metų krituliai pateikiami 5 ir 6 pav. 5 pav. matoma, kad daugiausia kritulių per metus iškrinta Laukuvos stotyje – vidutiniškai apie 794 mm, o vasario–gegužės mėnesiais vidutiniškai iškrinta tik 183 mm. Taip pat Laukuvoje pastebimos metinio ir pavasario kritulių mažėjimo tendencijos, kritulių iškrinta vis mažiau. Utenos meteorologijos stotyje metinių ir vasario–gegužės kritulių kiekis taip pat tendencingai mažėja. Per metus vidutiniškai iškrinta 689 mm kritulių, o per vasario–gegužės laikotarpį apie 3,8 karto mažiau. Varėnos stotyje priešingai nei kitose



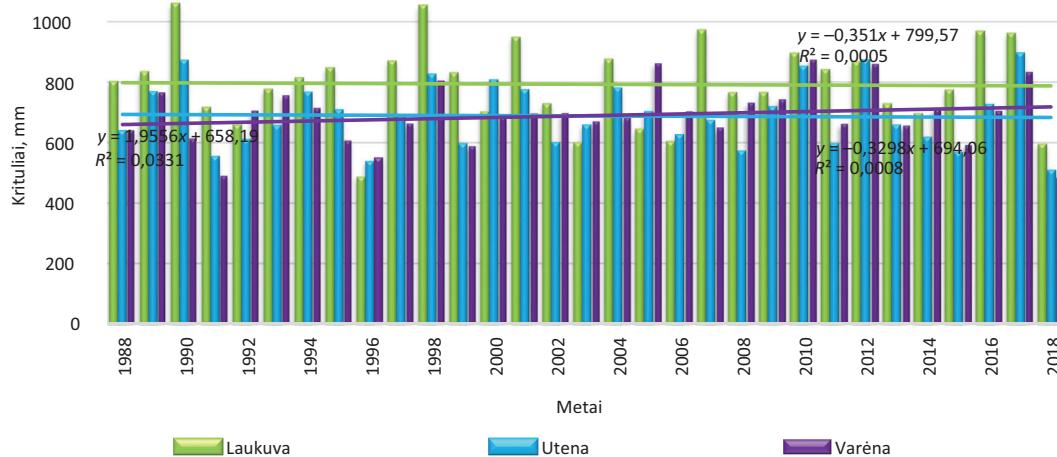
2 paveikslas. Upių vidutiniai metiniai hidromoduliai 1988–2018 m.



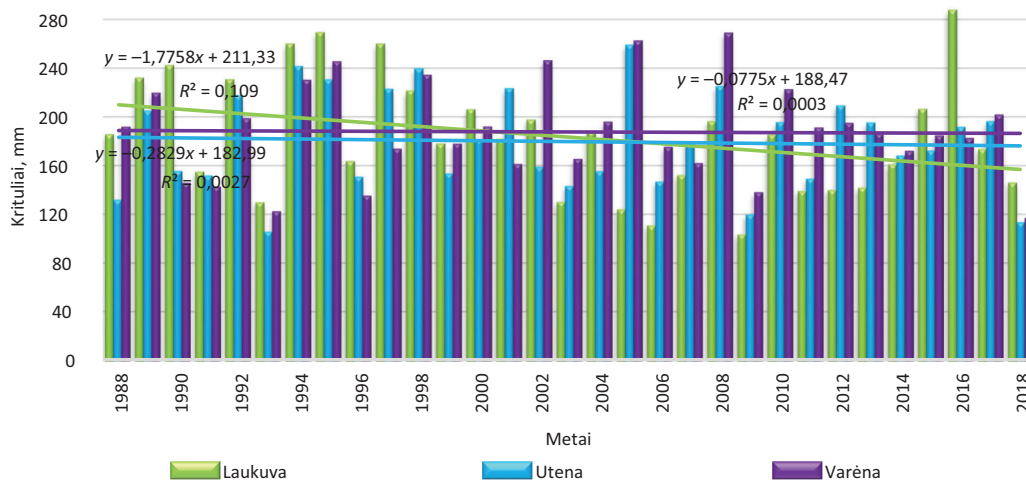
3 paveikslas. Upių vidutiniai vasario–gegužės hidromoduliai 1988–2018 m.



4 paveikslas. Maksimalių potvynių reikšmių pasiskirstymas pagal mėnesius dviem dešimtmečiais 1988–1997 m., 2009–2018 m.



5 paveikslas. Metinis kritulių pasiskirstymas meteorologinėse stotyse 1988–2018 m.



6 paveikslas. Vasario–gegužės kritulių pasiskirstymas meteorologinėse stotyse 1988–2018 m.

1 lentelė. Manno ir Kendallio bei Spearmano Rho tendencijų testų rezultatai skirtinguose dešimtmėčiuose vasario–gegužės mėn.

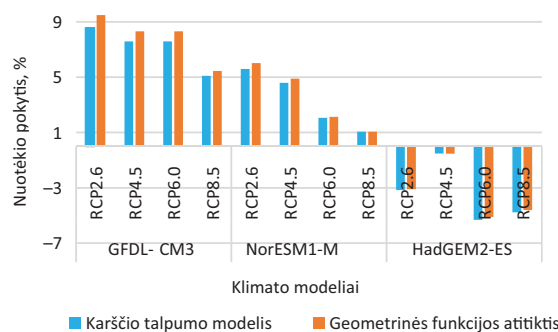
Upė ir VMS	Manno ir Kendallio testas					Spearmano Rho testas				
	TS	Kritinės reikšmės			Rez.	TS	Kritinės reikšmės			Rez.
		a = 0,1	a = 0,05	a = 0,01			a = 0,1	a = 0,05	a = 0,01	
Pagal maksimalias vasario–gegužės debito reikšmes 1988–1997 m.										
Minija (Kartena)	-2,04 ↓	1,645	1,96	2,576	S (0,05)	-2,089 ↓	1,645	1,96	2,576	S (0,05)
Lėvuo (Kupiškis)	-0,068 ↓	1,645	1,96	2,576	NS	-0,477 ↓	1,645	1,96	2,576	NS
Merkys (Puvočiai)	0,408 ↑	1,645	1,96	2,576	NS	0,311 ↑	1,645	1,96	2,576	NS
Pagal maksimalias vasario–gegužės debito reikšmes 1998–2007 m.										
Minija (Kartena)	1,435 ↑	1,152	1,372	1,803	S (0,05)	1,71 ↑	1,152	1,372	1,803	S (0,05)
Lėvuo (Kupiškis)	-0,396 ↓	1,152	1,372	1,803	NS	-0,869 ↓	1,152	1,372	1,803	NS
Merkys (Puvočiai)	0	1,152	1,372	1,803	NS	-0,067 ↓	1,152	1,372	1,803	NS
Pagal maksimalias vasario–gegužės debito reikšmes 2008–2018 m.										
Minija (Kartena)	0,585 ↑	1,234	1,47	1,932	NS	0,627 ↑	1,234	1,47	1,932	NS
Lėvuo (Kupiškis)	1,576 ↑	1,234	1,47	1,932	S (0,05)	1,469 ↑	1,234	1,47	1,932	S (0,1)
Merkys (Puvočiai)	-0,495 ↓	1,234	1,47	1,932	NS	-0,797 ↓	1,234	1,47	1,932	NS

analizuojamose stotyse, pastebimas metinių kritulių augimas, o pavasarį kritulių mažėjimas. Vidutiniškai per vasario–gegužės laikotarpį iškrinta 187 mm kritulių, o tai yra apie 3,7 karto mažiau negu metinis kritulių kiekis.

Pritaikius Manno ir Kendallio bei Spearmano Rho testus buvo nustatoma, ar vasario–gegužės maksimalių debitų eilės turi tendencijas ir ar jos yra reikšmingos. Tendencijos analizuojamos trimis skirtingais laikotarpiais (1988–1997, 1998–2007, 2008–2018), norint įvertinti turimos hidrologinių duomenų eilės ilgio svarbą pavasarį potvynių kaitos tendencijoms (1 lentelė). Analizuojant pirmojo dešimtmečio rezultatus pastebima, kad vienintelė Minijos upė turi reikšmingą potvynio pikų mažėjimo tendenciją pagal abu testus. Tikėtina, kad potvynio pikai šioje upėje mažės. Lėvuo turi taip pat mažėjimo tendenciją, bet ji nėra reikšminga, nes duomenų variacija yra labai didelė. Pietryčių regiono upė Merkys turi nereikšmingą debitų mažėjimo tendenciją. Antro dešimtmečio duomenimis, Minijoje jau pastebima reikšminga teigiama nuotėkio kryptis, o Lėvens upė išlieka vis dar su nereikšminga ir neigiama tendencija. Trečiame dešimtmetyje 2008–2018 m. Minijos ir Lėvens upės turi teigiamas tendencijas, tik šįkart Lėvuo turi reikšmingą tendenciją. Merkio upės antro ir trečio analizuojamo dešimtmečio rezultatai parodė, kad upė turėjo neigiamą ir nereikšmingą debitų mažėjimo kryptį. Šioje upėje mažės potvynio piko reikšmės, potvyniai bus mažesni.

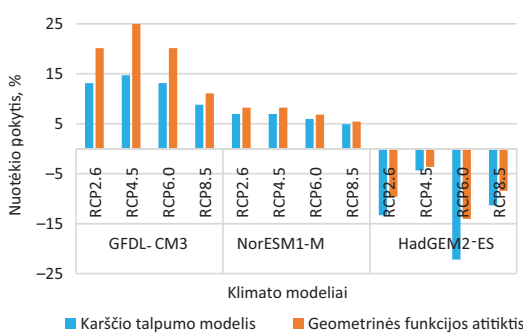
Gautos klimato modelių metinio nuotėkio pokyčio prognozės pagal skirtingus RCP scenarijus pateikiamos 7–9 pav. Prognozei naudojamų kritulių ir debitų ryšys yra patikimas, o jų koreliacijos koeficientai yra stipraus arba vidutinio ryšio. Lyginant trijų klimato modelių

rezultatus pastebima, kad neigiamą nuotėkio pokytį numato HadGEM2-ES modelis, pagal jį Merkio upėje nuotėkis mažės pagal visus RCP scenarijus. Mažiausią nuotėkio pokytį fiksuoja karščio talpumo (*Heat Capacity*) prognozės modelis.



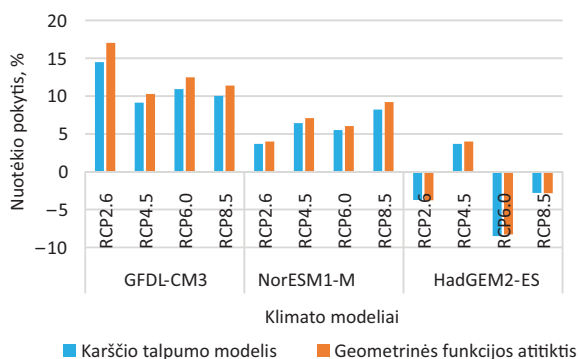
7 paveikslas. Merkio upės nuotėkio prognozė 1981–2100 m.

Lėvens nuotėkio pokytis pagal skirtingus klimato modelius yra kiek didesnis negu Merkio upėje, jis svyruoja nuo 25 % didėjimo iki 22 % mažėjimo, o Merkio upėje nuo 10 iki -5.



8 paveikslas. Lėvens upės nuotėkio prognozė 1981–2100 m.

Minijos upė nors ir yra vandeningesnė nei Lėvens upė, bet nuotėkio pokyčiai yra mažesni, jie svyruoja nuo 17 % didėjimo iki 8,5 % mažėjimo. Didžiausią teigiamą nuotėkio pokytį fiksuoja RCP2.6 scenarijus, o didžiausią teigiamą pokytį – RCP6.0 scenarijus.



9 paveikslas. Minijos upės nuotėkio prognozė 1981–2100 m.

Visose upėse HadGEM2-ES modelis numato didžiausius neigiamus nuotėkio pokyčius beveik visose upėse. Geometrinės funkcijos atitiktis (*Geometric*) nuotėkio prognozės modeliui kiekviename upėje parodo šiek tiek didesnius nuotėkio pokyčius.

Išvados

1. Pagal vidutinius metinius ir vasario gegužės upių hidromodulius nustatyta Minijos ir Lėvens upių nuotėkių mažėjimo tendencija, o Merkio – didėjimo tendencija. Todėl ateityje tikėtina, kad Minijos ir Lėvens upėse bus mažesni metiniai ir pavasariniai nuotėkiai, o Merkio upėje kaip tik didesni.
2. Įvertinus trijų skirtingų regionų upių vidutinius metinius upių hidromodulius nustatyta, kad dažniausiai didžiausiu hidromoduliu pasižymi Merkys – nuo $5,95 \text{ s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ iki $9,65 \text{ s}^{-1} \text{ km}^{-2}$, o vidutiniai pavasario debitai gali būti didesni apie 1,4 karto, todėl ši upė yra vandeningesnė nei kitos analizuotos upės. Tokį vandeningumą gali lemti upės požeminis maitinimosi būdas.
3. Išanalizavus maksimalių potvynių piko metu susikauptus debitą nustatyta, kad vakarų Lietuvos hidrologinio rajono Minijos upėje vykstantys potvyniai pasikeitė. Dėl vykstančios klimato kaitos čia jie užfiksuojami vasario ar kovo mėnesiais, o 1988–1997 m. dar buvo fiksuojami balandį. Lėvens ir Merkio upėje potvyniai 1988–1997 m. buvo pasiskirstę per keturis mėnesius – vasarį, kovą, balandį ir gegužę. 2009–2018 m. potvynių gegužę jau nėra, jie pasiskirsto per kitus tris mėnesius. Tokius pokyčius nulėmė aukštėjanti vidutinė mėnesinė temperatūra.

4. Išanalizavus metinius ir vasario–gegužės kritulių duomenis, nustatytos Laukuvos ir Utenos kritulių mažėjimo tendencijos. Tad tikėtina, kad ten iškris vis mažiau kritulių. Varėnoje vidutinis metinis kritulių kiekis auga, bet tai nereiškia vasario–gegužės mėn. kritulių kiekio augimo.
5. Gavus Manno ir Kendallio ir Spearmano Rho testų rezultatus Merkio upė neparodė jokių reikšmingų tendencijų, nes duomenys yra labai skirtingi ir turi labai didelę variaciją. Minijos upėje pagal du skirtingus dešimtmečius buvo gauti reikšmingi rezultatai, vienas jų parodė neigiamą reikšmę – potvynių pikai mažės, kitas parodė teigiamą debito nuotėkio pokytį. Lėvens upėje reikšminga nuotėkio augimo tendencija pastebėta tik trečiame analizuojamame dešimtmetyje.
6. Išanalizavus metinius nuotėkio pokyčius pastebėta, kad tik HadGEM2-ES klimato modelis prognozuoja beveik visoms upėms neigiamą pokytį. Jeigu klimatas keisis pagal šį klimato modelį, tikėtina, kad beveik visose Lietuvos upės nuotėkis sumažės.

Literatūra

- Akstinas, V. (2019). *Lietuvos upių potvynių ir jų rizikos vertinimas klimato kaitos sąlygomis*. Lietuvos energetikos institutas. <http://ktu.edu>
- Bukantis, A., Kažys, J., Rimkus, E. ir Žalakevičius, M. (2017). *100 klausimų apie klimato kaitą*. Mokslo ir enciklopedijų leidybos centras.
- Gailiūšis, B., Jablonskis, J. ir Kovalenkovičienė, M. (2001). *Lietuvos upės. Hidrografija ir nuotėkis*. Lietuvos energetikos institutas.
- Kažys, J., Rimkus, E. ir Bukantis, A. (2009). Gausūs krituliai Lietuvoje 1961–2008 metais. *Geografija*, 45(1), 44–53.
- Keršytė, D., Rimkus, E. ir Kažys, J. (2015). Klimato rodiklių scenarijai Lietuvos teritorijoje XXI a. *Geologija. Geografija*, 1(1), 22–35. <https://doi.org/10.6001/geol-geogr.v1i1.3069>
- Kriaučiūnienė, J., Gailiūšis, B., Šarauskiene, D., Jakimavičius, D., Jurgelėnaitė, A., Meilutytė-Lukauskienė, D., Akstinas, V., Tomkevičienė, A. ir Irbinskas, V. (2016). Klimato kaitos įtakos Lietuvos vandens ištekliams tyrimai. *Energetika*, 62(3), 87–101. <https://doi.org/10.6001/energetika.v62i3.3348>
- Mahmood, S., Khan, A. ul H., & Ullah, S. (2016). Assessment of 2010 flash flood causes and associated damages in Dir Valley, Khyber Pakhtunkhwa Pakistan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 16, 215–223. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2016.02.009>
- Meilutytė-Lukauskienė, D., Akstinas, V., Kriaučiūnienė, J., Šarauskiene, D., & Jurgelėnaitė, A. (2017). Insight into variability of spring and flash flood events in Lithuania. *Acta Geophysica*, 65(1), 89–102. <https://doi.org/10.1007/s11600-017-0009-x>

RESEARCH AND FORECASTS OF FLOOD CHANGE IN LITHUANIAN RIVERS

L. Šlepikaitė, L. Bagdžiūnaitė-Litvinaitienė

Summary

The work examines the evolution of floods and their forecasts. The aim of the work is to assess the change of river floods in different hydrological districts of Lithuania and future forecasts. The survey assessed the average annual and February-May hydromodules of 1988–2018 and the maximum peak flows of flooding at hydrological stations (Minija – Kartena, Merkys – Puvočiai, Lėvuo – Kupiškis). Also, according to the rivers analysed, the nearest meteorological stations Minija – Laukuva, Lėvuo – Utena, Merkys – Varėna were selected. Rainfall annual and February-May amounts are estimated according to weather stations. Analysis of hydromodules at different hydrological stations leads to a trending decrease in leaks in rivers in western and central hydrological districts, while in the south-eastern Lithuania river the leakage is increasing. Analysis of rainfall in 1988–2018 showed that the stations of Laukuva and Utena tend to decrease, while at Varėna meteorological station there is more and more precipitation. According to the results of the MannKendal and Spearman Rho tests, the Merkys River did not show any significant trends, as the data are very different and have a very large variation. Two significant trends have been identified in the Minija River from three decades of analysis. In the 1990s, there was a negative trend between 1988 and 1997, where flood flows would decrease in the future, and in the 1920s the maximum peak of leaks would increase. In 2008–2018, a significant positive leakage trend was obtained in the River Lėvens. The global forecast of climate models has shown that different models produce different results. The HadGEM2-EU climate model almost always predicts negative annual leakage changes under different RCP scenarios for greenhouse gas emissions. The results show that climate change has a negative impact on river hydrological regimes.

Keywords: climate change, adverse effects, leaks, hydromodules, trends, floods, climate models.