



LIETUVOS UPIŲ NUOTĖKIO KAITOS DĒSNINGUMAI EL NINO IR LA NINA REIŠKINIŲ KONTEKSTE

Laura SKINDERYTĖ¹, Lina BAGDŽIŪNAITĖ-LITVINAITIENĖ²

VGTU AIF Aplinkos apsaugos ir vandens inžinerijos katedra

El. paštas: ¹laura.skinderyte@stud.vgtu.lt; ²lina.litvinaitiene@vgtu.lt

Anotacija. Ekstremalių ir natūralių klimatinų reiškinių intensyvumo pokyčiai tampa vis aktualesnė šių dienų aplinkosaugos problema. Dėl nepalankių globalaus klimato pokyčių pastebima vis didesnė žala žmogui ir jo gyvenamajai aplinkai. El Nino ir La Nina yra kompleksinis klimato kaitos reiškinys, sukiantis vandenyno temperatūros kaitą, intensyviausiai pasireiškiantis Ramiajame vandenyne, ekvatorinėje srityje. Yra atlikta daugybė tyrimų, išaiškinančių El Nino ir La Nina ciklo daromą įtaką pasaulio klimatui. NAO (*North Atlantic Oscillation*) yra vienas iš svarbiausių Lietuvos klimatą lemiančių veiksnių. Per pastaruosius dešimtmečius pastebimas vis didesnis El Nino ir La Nina reiškinių poveikis Lietuvos klimatinėms reiškinėms ir metų sezoniskumui, todėl atitinkamai ir upių hidrologiniam režimui. Darbe atliekama tiriamųjų upių Bartuvos, Merkio ir Šušvės hidrologinių (nuotėkio) ir klimatinų (kritulių ir oro temperatūros) rodiklių statistinė analizė. Nustatomi tiriamųjų rodiklių tarpusavio ryšiai ir nustatomas El Nino ir La Nina reiškinių poveikis tiriamiesiems rodikliams. Tyrimais nustatomas El Nino ir La Nina poveikio stiprumas Lietuvai ir tiriamosioms upėms ir įtaka didžiausių vandeninamųjų metams, kritulių kiekiui ir temperatūrai baseinuose.

Reikšminiai žodžiai: El Nino ir La Nina, upės, upių nuotėkis, klimatas, klimato kaita, krituliai, temperatūra.

Įvadas

El Nino ir La Nina yra kompleksinis klimato kaitos reiškinys, sukiantis vandenyno temperatūros kaitą, intensyviausiai pasireiškiantis Ramiajame vandenyne, ekvatorinėje srityje (National Ocean Service, 2016).

El Nino ir La Nina yra priešingi klimatiniai reiškiniai, tačiau tiesiogiai susiję ir labiau žinomi kaip El Nino-Pietinės Osciliacijos ciklas (*El Niño-Southern Oscillation* (ENSO)). El Nino-Pietinės Osciliacijos ciklas yra mokslinis terminas, apibūdinantis temperatūrų svyravimą tarp vandenyno ir atmosferos rytų-centrinėje, ekvatorinėje Ramiojo vandenyno dalyje.

El Nino-Pietinės Osciliacijos cikle La Nina yra šaltoji fazė, o El Nino – šiltoji. Žymios temperatūros deviacijos nuo natūralios vandenyno paviršiaus temperatūros gali daryti didelio masto poveikį ne tik vandenyno natūraliems procesams, bet taip pat ir pasauliniui klimatui.

El Nino ir La Nina ciklo būvis įprastai trunka nuo devynių iki dvylikos mėnesių, bet gali užsitęsti ir kelis metus. Reiškinių pasikartojimo dažnumas yra pakankamai nereguliarus, bet vidutiniškai El Nino ir La Nina

pasireiškia kas dvejus–septynerius metus (National Ocean Service, 2016).

Įvairių natūralių veiksnių (pavyzdžiui, klimatologinių reiškinių) neigiamos įtakos sumažinimas aplinkai ir jos komponentams šių dienų aplinkosaugos kontekste yra labai svarbus. Dėl žmogaus antropogeninės veiklos šylančis globalinis klimatas daro įtaką ir įvairiems klimatinėms reiškinėms. Nors šių reiškinių kontroliuoti žmogus nėra pajėgus, tačiau vertinant jų įtaką galima kurti strategiją aplinkos apsaugojimui.

El Nino ir La Nina pastaruoju metu sukelia vis didesnę neigiamą poveikį žmogui ir jo gyvenamajai aplinkai. Yra atlikta daugybė tyrimų, išaiškinančių El Nino ir La Nina ciklo daromą įtaką pasaulio klimatui. Vieni anksčiau tyrimai parodė, kad ilgalaikė klimato kaita susijusi su atmosferos cirkuliacijos procesais (Keršytė ir Rimkus, 2014). O kitų tyrimų duomenys parodė, kad El Nino-Pietinė Osciliacija daro poveikį krituliams visai vakarų Europai didžiąjai metų daliai (Shaman, 2014).

Šiaurės Atlanto Osciliacija yra vienas iš svarbiausių Lietuvos klimatą lemiančių veiksnių. Nors stiprus Šiaurės Atlanto Osciliacijos poveikis yra tik žiemą, tačiau, kaip rodo atlikti tyrimai (Zhang, Wang, Xiang, Qi ir He, 2015), šis poveikis gali būti perduodamas ir vėlesniems sezonams. Kritulių kiekių nepastovumas yra susijęs su aukštesnės troposferos dalies sąlygų kaita ties šiaurės Atlantu ir Europa. Pavasario ir rudens sezonų metu El Nino-Pietinė Osciliacija yra susijusi su atmosferinių reiškinių anomalijomis, kurios pakeičia pakrantės vėjus ir drėgno oro pernašas (Shaman, 2014).

El Nino ir La Nina reiškinių įtakos tyrimas Lietuvos klimatui ir hidrologijai yra svarbus ir aktualus vertinant ne tik klimato pokyčius, bet ir šių reiškinių daromą žalą. Upių nuotėkio kaitos tyrimas yra svarbus vertinant vandens išteklius ir jų atsinaujinimą, kadangi tai yra vienas didžiausių ir svarbiausių Lietuvos gamtinių išteklių. Upių nuotėkio kaitos nepastovumas gali daryti neigiamą poveikį gamtinėms buveinėms ir kelti grėsmę gyvūnų bei augalų rūšims, taip pat žmonių gyvenamajai aplinkai ir turtui.

Nuo 1980 m. iki 2015 m. Europa susidūrė su globaliniais klimatiniais reiškiniais, kurių 18 % buvo nuostolingi ir pridarė nuostolių už 446,5 mlrd. eurų. Dėl šios priežasties yra labai svarbu tobulinti strategijas, galinčias sušvelninti pasekmes, susijusias su klimatinėmis stichijomis, tokiomis kaip potvyniai (Nobre, Aerts, Jongman ir Ward, 2017).

Tyrimais siekiama nustatyti El Nino ir La Nina reiškinių poveikį Lietuvos upėms.

Tyrimo tikslas – ištirti skirtinguose hidrologiniuose rajonuose esančių upių nuotėkio kaitos priklausomybę nuo El Nino ir La Nina poveikio.

Metodika

Tyrimo objektas yra tiriamosios upės bei jų hidrologinis režimas. Tiriamosios upės parinktos iš skirtingų hidrologinių rajonų, atsižvelgiant į hidrologines sąlygas. Parinktos šios upės: Bartuva, Merkys, Šušvė. Pagrindiniai šių upių rodikliai pateikiami 1 lentelėje.

Tiriant upių nuotėkį, objektyviausius ir aiškiausius rezultatus gali duoti mažiausiai sureguliuotos upės, nes nuotėkio sureguliuojimo rodiklis apibūdina baseino litologijos, reljefo, miškų, ežerų ir pelkių poveikį nuotėkiui, todėl atitinkamai tai reiškia ir geresnes sąlygas nuotėkiui susidaryti. Taip pat, norint, kad įvairios sąlygos kuo mažiau paveiktų nuotėkio svyravimus tiriamojoje upėje, svarbu nustatyti, kokia dalis kritulių virsta nuotėkiu. Siekiant geriau ištirti El Nino ir La Nina reiškinių sąsają su tiriamųjų upių nuotėkio kaita, pasitelkiami du šaltiniai. Vienas jų – Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos pateikiami duomenys, kurie pagrįsti reiškinio stiprumo vertinimu, t. y., kaip stipriai tam tikras reiškinys pasireiškia globaliu mastu (tiriamųjų reiškinių duomenys pagal jų stiprumą ir metus pateikiami 2 lentelėje). Neutralūs metai yra tie, kuriais nebuvo užfiksuotas ženklus poveikis klimatiniais rodikliams.

Antrajame tyrime naudojamas šaltinis yra *National Oceanic & Atmospheric Administration* pateikiama statistinių duomenų eilė (3 lentelė), kur El Nino-La Nina reiškiniai išreiškiami jūros vandens paviršiaus temperatūros anomaliją ties Ramiojo vandenyno ekvatorine dalimi apibūdinančiomis ONI indekso reikšmėmis (SST), kur teigiamos reikšmės atitinka šiltuosius periodus, o neigiamos – šaltuosius (reikšmingos reikšmės yra tos, kurių nuokrypis nuo nulio yra ne mažesnis nei 0,5 °C).

Esant SST rodikliui nuo 0,5 iki 0,9, reiškinys apibūdinamas kaip silpnas, SST rodikliui esant nuo 1,0 iki 1,4 – vidutinis, nuo 1,5 iki 1,9 – stiprus, ir 2,0 ≤ – kaip labai stiprus (National Oceanic & Atmospheric Administration, 2016). Pagal Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos pateiktas reiškinių datas ir jų intensyvumą tyrimui pasirinktos reiškinių stiprumo reikšmės yra šios: silpnas – 1, vidutinis – 2, stiprus – 3, l. stiprus – 4, neutralus – 0.

Tyrimo atliekama tiriamųjų rodiklių – upių nuotėkių, m³/s, oro temperatūros, °C ir kritulių kiekio, mm, statistinė analizė tiriamuoju laikotarpiu 1986–2016 m.

1 lentelė. Pagrindinių upių rodiklių suvestinė lentelė (Kilkus ir Stonevičius, 2011)

Pavadinimas	Hidrologinis(-iai) rajonas(-ai)	Ilgis, km	Baseino plotas, km ²	Nuotėkio sureguliuojimo koef. φ	Nuotėkio ypatybės	Nuotėkio koef. η
Bartuva	Žemaičių aukštuma	101	2020	–	Ne itin sureguliuotas	0,39
Merkys	Merkio-Žeimenos, Vilnios	203 (190,2)	4415,7 (3780,7)	–	Sureguliuotas	0,40
Šušvė	Dubysos-Ventos, Mūšos-Nevėžio	135	1165	0,46	Mažai sureguliuota	<0,30

2 lentelė. El Nino ir La Nina datos pagal intensyvumą (remiantis Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos duomenimis, 2017)

El Nino				La Nina			Neutralūs metai
Silpnas	Vidutinis	Stiprus	Labai stiprus	Silpnas	Vidutinis	Stiprus	
1994	1986		1997	1995	1998	1988	1989
2004	1987		2015	2000	1999		1990
2006	1991			2011	2007		1992
	2002			2016	2010		1993
	2009						1996
							2001
							2003
							2005
							2008
							2012
							2013
							2014

3 lentelė. El Nino ir La Nina reiškinių intensyvumas pagal *National Oceanic & Atmospheric Administration* pateikiamus duomenis. El Nina-La Nina reiškiniai išreiškiami vandens paviršiaus temperatūros anomalijų apibūdinančiomis ONI indekso reikšmėmis (SST)

Metai	Sau	Vas	Kov	Bal	Geg	Bir	Lie	Rugp	Rugs	Spal	Lap	Gr
1986	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	0	0.2	0.4	0.7	0.9	1.0	1.1
1987	1.1	1.2	1.1	1.0	0.9	1.1	1.4	1.6	1.6	1.4	1.2	1.1
1988	0.8	0.5	0.1	-0.3	-0.8	-1.2	-1.2	-1.1	-1.2	-1.4	-1.7	-1.8
1989	-1.6	-1.4	-1.1	-0.9	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1
1990	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4
1991	0.4	0.3	0.2	0.2	0.4	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	1.2	1.4
1992	1.6	1.5	1.4	1.2	1.0	0.8	0.5	0.2	0	-0.1	-0.1	0
1993	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8	0.6	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
1994	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.9	1.0
1995	0.9	0.7	0.5	0.3	0.2	0	-0.2	-0.5	-0.7	-0.9	-1.0	-0.9
1996	-0.9	-0.7	-0.6	-0.4	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.5
1997	-0.5	-0.4	-0.2	0.1	0.6	1.0	1.4	1.7	2.0	2.2	2.3	2.3
1998	2.1	1.8	1.4	1.0	0.5	-0.1	-0.7	-1.0	-1.2	-1.2	-1.3	-1.4
1999	-1.4	-1.2	-1.0	-0.9	-0.9	-1.0	-1.0	-1.0	-1.1	-1.2	-1.4	-1.6
2000	-1.6	-1.4	-1.1	-0.9	-0.7	-0.7	-0.6	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8
2001	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.3
2002	-0.2	0.0	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	0.8	0.9	1.1	1.2	1.1
2003	0.9	0.7	0.4	0	-0.2	-0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3
2004	0.3	0.3	0.2	0.1	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.7	0.6	0.7
2005	0.7	0.6	0.5	0.5	0.3	0.2	0	-0.1	0	-0.2	-0.5	-0.7
2006	-0.7	-0.6	-0.4	-0.2	0.0	0.0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	0.9
2007	0.7	0.4	0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.6	-0.9	-1.1	-1.3	-1.3
2008	-1.4	-1.3	-1.1	-0.9	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7
2009	-0.7	-0.6	-0.4	-0.1	0.2	0.4	0.5	0.5	0.6	0.9	1.1	1.3
2010	1.3	1.2	0.9	0.5	0.0	-0.4	-0.9	-1.2	-1.4	-1.5	-1.4	-1.4
2011	-1.3	-1.0	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.6	-0.8	-0.9	-1.0	-0.9

3 lentelės pabaiga

Metai	Sau	Vas	Kov	Bal	Geg	Bir	Lie	Rugp	Rugs	Spal	Lap	Gr
2012	-0.7	-0.5	-0.4	-0.4	-0.3	-0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.1	-0.2
2013	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3
2014	-0.5	-0.5	-0.4	-0.2	-0.1	0.0	-0.1	0.0	0.1	0.4	0.5	0.6
2015	0.6	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.2	2.3
2016	2.2	2.0	1.6	1.1	0.6	0.1	-0.3	-0.6	-0.8	-0.8	-0.8	-0.7

Tiriamųjų rodiklių tarpusavio ryšiu nustatyti naudojamas koreliacijos koeficientas:

$$r_{x,y} = b \frac{\delta_x}{\delta_y}, \quad (1)$$

čia δ_y , $r_{x,y}$ – tiesinės koreliacijos koeficientas; b – tiesinės lygties koeficientas; δ_x – veiksnio vidutinis kvadratinis nuokrypis. δ_y – rezultato kvadratinis nuokrypis, arba:

$$r_{x,y} = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{n\delta_x\delta_y}; \quad (2)$$

$$r_{x,y} = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \sum(y-\bar{y})^2}}, \quad (3)$$

čia x , y – nagrinėjami požymiai (rodikliai), kurių yra nustatomas koreliacinis ryšys. Koreliacinis ryšys stipriausias, kuomet reikšmė lygi 1. Toliau koreliacijos koeficiento patikimumui skaičiuoti naudojama Fišerio transformacijos lygtis:

$$z' = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+x}{1-x} \right). \quad (4)$$

Darbe taip pat skaičiuojamas koreliacijos koeficiento patikimumas (p). Kai $p < 0,05$, tuomet koreliacijos koeficientas yra patikimas. Naudojama formulė:

Normalusis skirstinys:

$$p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}. \quad (5)$$

Normalusis skirstinys $X \sim N(a, \sigma)$ $a = MX - X$ dydžio vidurkis, $\sigma^2 = DX$ dispersija. Jei patikimumo reikšmė didesnė kaip 0,05, tuomet koreliacinis ryšys nepatikimas ir gautos reikšmės atmetamos (Astrauskas, 2011).

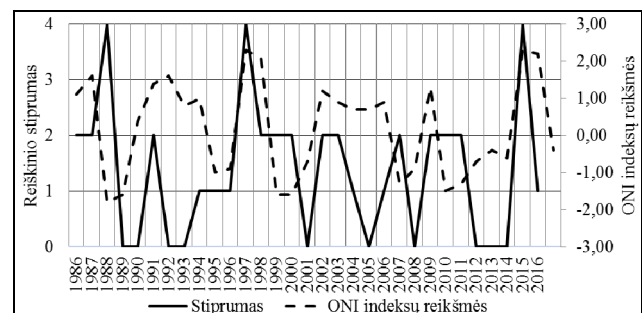
Tiriamajame darbe atliekamas maksimalių, vidutinių ir minimalių vandeninumų, kritulių ir temperatūros įvertinimas tiriamaisiais metais pagal tikimybes, kurios apskaičiuojama naudojant Čegodajevo formulę:

$$p_x = \left[\frac{m-0,3}{n+0,4} \right] \cdot 100\%, \quad (6)$$

čia m – statistinės hidrologinių duomenų eilės nario eilės numeris, n – narių skaičius eilėje.

Rezultatai ir jų analizė

Pirmiausia lyginami du šaltiniai – *National Oceanic & Atmospheric Administration* ir Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos pateikiami duomenys, išreiškiantys El Nino ir La Nina reiškinių stiprumą. Iš *National Oceanic & Atmospheric Administration* pateikiamų duomenų naudojamos didžiausios jūros paviršiaus temperatūros nuokrypių °C reikšmės. O pagal Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos duomenis naudojamas anksčiau metodikoje pateikiamas reiškinio stiprumo vertinimas balais (1 paveikslas).



1 paveikslas. El Nino/La Nina reiškinio stiprumo balų ir ONI indeksų reikšmių palyginimo diagrama

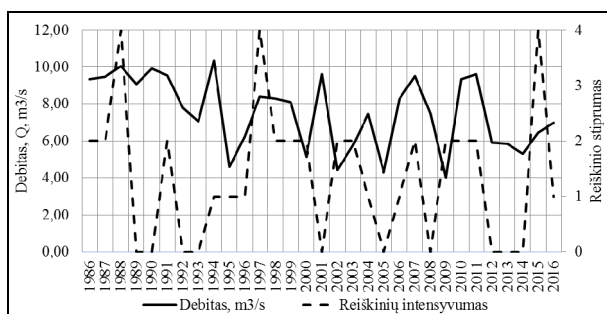
Tyrime atliekama palyginamoji tiriamųjų rodiklių analizė, pateikiant duomenis grafikuose, kur stebima, kaip lygiagrečiai vyksta kiekvieno rodiklio charakterizuojančios kreivės didėjimas ar mažėjimas, taip priimamas tiriamųjų rodiklių ryšys.

Iš rezultatų, pateikiamų 1 paveiksle, galima matyti, jog nuo 1986 metų abu rodikliai tam tikru momentu didėja sistemingai, iš pradžių krentant ONI reikšmei, vėliau krenta ir reiškinio stiprumo balų reikšmės. Neutralūs metai atspindi mažėjančias ONI reikšmes, kur reiškinio stiprumas turi slopinantį poveikį ONI reikšmių

pokyčiui. Geriausiai sistemingi reikšmių pokyčiai atspindi nuo 1996 metų, aiškiai matomas drastiškas rodiklių kitimas.

Išnagrinėjus šiuos duomenis, galima priimti Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos pateikiamo duomenų formato ir mūsų vertinimo tikslingumą, duomenis naudojant tolesniame tyrime.

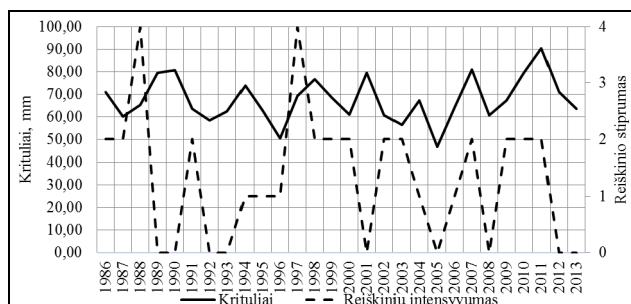
Toliau pateikiama Bartuvos upės nuotėkio reikšmių, kritulių bei oro temperatūros rodiklių upės baseine reikšmių su El Nino ir La Nina reiškinių stiprumo palyginimas, sprendžiant tiriamųjų rodiklių koreliacinius ryšius. 2 paveiksle pateikiama Bartuvos upės nuotėkio reikšmių ir El Nino/La Nina reiškinių intensyvumo, išreikto balais, palyginimas.



2 paveikslas. Bartuvos upės nuotėkio reikšmių ir El Nino / La Nina reiškinių intensyvumo palyginimas

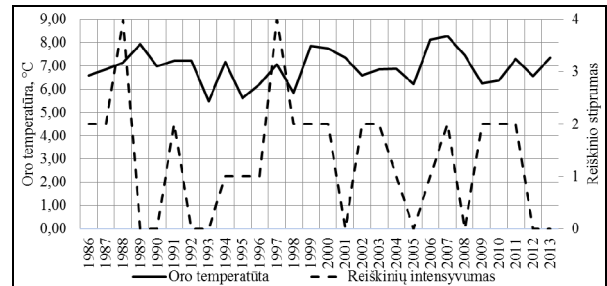
Kadangi Bartuvos upės nuotėkis yra ne itin sureguliuotas, ši upė geriau atspindi El Nino ir La Nina poveikį nuotėkio kaitai. Esant stipresniems El Nino reiškiniais, tokiems kaip 1991 ar 1997 metais, pastebimas nuotėkio padidėjimas.

Lyginant kritulių kiekio pokytį Bartuvos upės baseine su tiriamųjų reiškinių stiprumu, La Nina reiškinio ir neutralių metų (2007–2013 metai) perioduose pastebimas laipsniškas rodiklių pokytis, o El Nino (1987, 1991) – daugiausiai priešingomis kryptimis kintantys dydžiai (3 paveikslas).



3 paveikslas. Kritulių kiekio Bartuvos upės baseine ir El Nino / La Nina reiškinių intensyvumo palyginimas

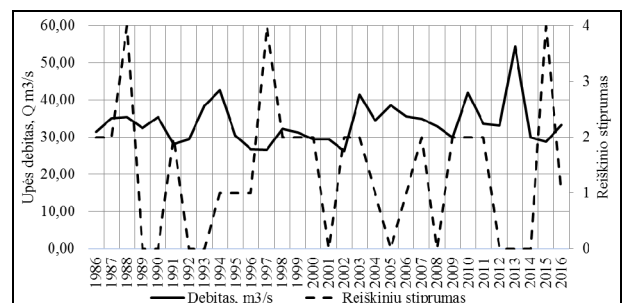
Tačiau gauti rezultatai parodė, kad nėra aiškių koreliacinių ryšių tarp oro temperatūros rodiklių ir reiškinių stiprumo, kryptingumas pastebimas tik keliuose perioduose. Galimai reiškiniai nedaro žymios įtakos temperatūrai (4 paveikslas).



4 paveikslas. Vidutinės metinės oro temperatūros Bartuvos upės baseine ir El Nino / La Nina reiškinių intensyvumo palyginimas

Toliau pateikiamas Merkio upės nuotėkio reikšmių, kritulių bei oro temperatūros rodiklių upės baseine reikšmių su reiškinių stiprumo palyginimas, pažymėtina, kad Merkio upės nuotėkis yra sureguliuotas, todėl ryšys su reiškiniais yra atitinkamai galimai yra mažesnis.

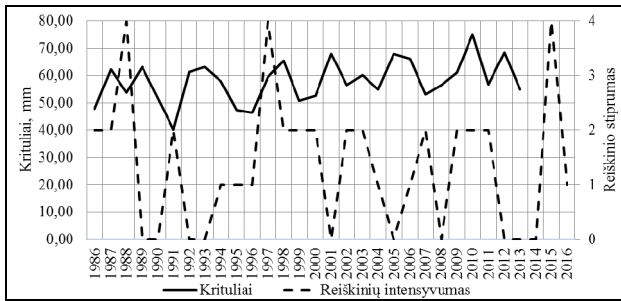
5 paveiksle išvengiama Merkio upės nuotėkio neženkliai sąsaja su tiriamaisiais reiškiniais, kur matomas nuotėkio rodiklius charakterizuojančios kreivės paralelinis didėjimas arba mažėjimas kartu su reiškinių stiprumą charakterizuojančia kreive, t. y. vienam rodikliui mažėjant (didėjant), lygiagrečiai mažėja (didėja) kitas. Silpnas ryšys galimas dėl sureguliuoto upės nuotėkio.



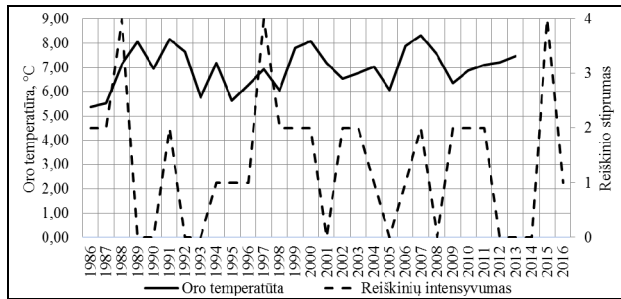
5 paveikslas. Merkio upės nuotėkio reikšmių ir El Nino / La Nina reiškinių intensyvumo palyginimas

Kadangi Merkys yra pietrytinėje Lietuvos dalyje, kur likusios drėgno oro masės, kirtusios Žemaitijos aukštumas, jau gerokai tolydžiau pasiskirsčiusios pasiekia Merkio upės baseiną.

Kritulių rodiklių koreliavimas su El Nino ir La Nina reiškiniais yra pastebimas (6 paveikslas), nes didelė dalis kritulių čia virsta nuotėkiu.



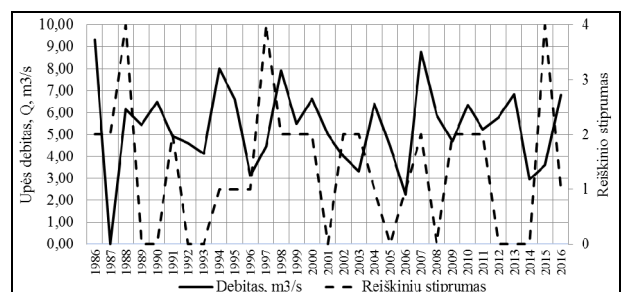
6 paveikslas. Kritulių kiekio Merkio upės baseine ir El Nino / La Nina reiškinių intensyvumo palyginimas



7 paveikslas. Vidutinės metinės oro temperatūros Merkio upės baseine ir El Nino / La Nina reiškinių intensyvumo palyginimas

Labai aiškus rodiklių pokyčio laipsniškumas matomas 7 paveiksle, kuriame pateikiamas oro temperatūros Merkio baseine ir tiriamųjų reiškinių stiprumo ryšys. El Nino ir La Nina stiprumo pokyčio kreivės kryptis aiškiai koreliuoja su oro temperatūros pokyčio kreivės kryptimi beveik visą tiriamąjį laikotarpį.

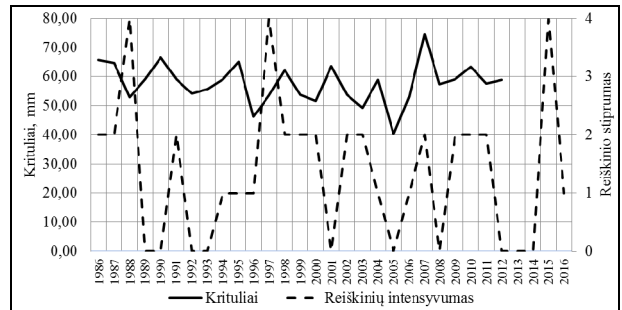
Toliau paveiksluose pateikiamas Šušvės upės nuotėkio reikšmių, kritulių bei oro temperatūros rodiklių upės baseine reikšmių su tiriamųjų El Nino ir La Nina reiškinių stiprumo palyginimas.



8 paveikslas. Šušvės upės nuotėkio reikšmių ir El Nino / La Nina reiškinių intensyvumo palyginimas

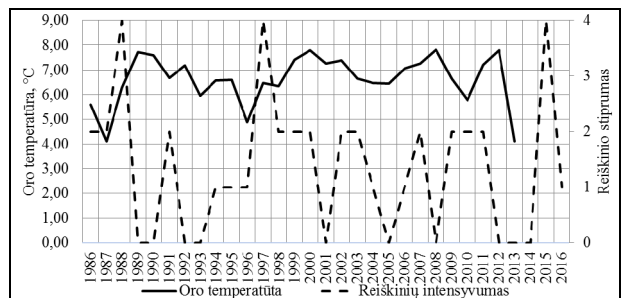
Šušvė yra mažai sureguliuota, jos nuotėkis labiausiai priklauso nuo klimatinės sąlygų, todėl labai ženkliai svyruoja. Daugelyje laikotarpių matomi laipsniški analizuojamųjų rodiklių pokyčiai, matomas uždelstesnis El Nino poveikis nuotėkiui, kreivei pasiekiant neutralių metų vertę, atitinkamai seka ir nuotėkio verčių sumažėjimas (pvz., 2005, 2008 metai).

Iš 9 paveikslo matyti, kad kritulių kiekių rodiklių pokytis seka nuotėkio kaitos principus, kadangi upės nuotėkio priklausomybė nuo kritulių yra ženkli dėl mažo sureguliuojimo.



9 paveikslas. Kritulių kiekio Šušvės upės baseine ir El Nino / La Nina reiškinių intensyvumo palyginimas

Analogiška tendencija matoma 10 paveiksle, kuriame vaizduojama vidutinė metų oro temperatūra. Po stipresnių El Nino / La Nina reiškinių pastebimas ženklus poveikis temperatūros rodiklių kaitai.



10 paveikslas. Vidutinės metinės oro temperatūros Šušvės upės baseine ir El Nino / La Nina reiškinių intensyvumo palyginimas

Pagal atliktą nagrinėjamųjų upių analizę, jų mėnesinių vidutinių rodiklių ir El Nino / La Nina reiškinių stiprumo analizė matoma, kad vizualiai yra matomas ryšys tarp tiriamųjų rodiklių ir reiškinių stiprumo. Toliau pateikiami skirtingų rodiklių koreliacinių ryšių analizės rezultatai.

Atlikus koreliacinę analizę, gauta, kad visų trijų tiriamųjų upių baseinuose matuotos temperatūros rodikliai koreliuoja su šių upių debitais (4 lentelė). Merkio ir Šušvės atveju matomas silpnas koreliacinis ryšys (koreliacijos koef. atitinkamai lygus $-0,25$ ir $-0,43$) (esant patikimoms reikšmėms), o Bartuvos atveju – vidutinio stiprumo (koef. lygus $-0,58$).

ONI – indeksas, kuriuo El Nino-La Nina reiškiniai išreiškiami vandens paviršiaus temperatūros anomalijų apibūdinančiomis reikšmėmis.

4 lentelė. Tiriamųjų vidutinių mėnesinių reikšmių koreliacinių ryšių analizės rezultatai (debito su reiškiniais stiprumu, temperatūra ir krituliais)

Upės pavadinimas	Q ir RS		Q ir T		Q ir Krituliai	
	r	p	r	p	r	p
Bartuva	0,21	$0,38 \cdot 10^{-4}$	-0,58	0	0,27	$0,19 \cdot 10^{-7}$
Merkys			-0,25	$0,16 \cdot 10^{-5}$		
Šušvė			-0,43	0		

čia RS – El Nino ir La Nina reiškiniai stiprumo, išreikšto balais, rodikliai.

Bartuvos atveju matomas ir silpnas ryšys tarp debito ir kritulių. Pajūryje būdingos šiltesnės temperatūros nei likusiuose Lietuvos regionuose, Žemaičių aukštumos hidrologinėje srityje būdingas didelis kritulių kiekis ir, priešingai, mažas suminis garavimas (Kilkus ir Stonevičius, 2011). Kadangi Bartuva ne itin sureguliuota upė, o iš Baltijos jūros pusės keliaujančioms oro masėms netrukdo reljefas, todėl ši upė tarp visų tiriamųjų yra viena iš racionaliausių.

Bartuvos upės nuotėkio ir tiriamųjų reiškiniai stiprumo, išreikšto balais, yra silpnas koreliacinis ryšys (koef. lygus 0,21), o, tiriant šią nuotėkio priklausomybę su ONI indekso reikšmėmis, joks patikimas ryšys nenustatytas. Priimama prielaida, jog Ramiojo vandenyno paviršiaus temperatūros nuokrypiai tiesiogiai nėra susiję su įtaka upių nuotėkiui – tai galima aiškinti su galimu atidėtu klimatinio poveikiu Lietuvai, todėl tikslingesnis vertinimas yra naudojant El Nino ir La Nina reiškiniai stiprumą, išreikštą balais, nes tai tiesiogiai nusako, ar yra poveikis Lietuvos klimatui.

Dar labiau prie reiškiniai poveikio Lietuvos klimatui priartina temperatūros ir RS rodiklių koreliaciniai ryšiai (5 lentelė), tarp temperatūros ir ONI indekso taip pat nepastebimas koreliacinis ryšys. Reiškinių poveikis oro temperatūrai ir krituliams Bartuvos ir Merkio baseinuose grindžiamas oro pernašų pasiskirstymu Lietuvos plote. Remiantis nagrinėtais šaltiniais, vyraujant teigiamam NAO indeksui, žiemos metu fiksuojami didesni krituliai. Šio proceso metu atnešamos drėgnos ir šiltos oro masės į

5 lentelė. Tiriamųjų vidutinių mėnesinių reikšmių koreliacinių ryšių analizės rezultatai (temperatūros ir kritulių su reiškiniais stiprumu)

Upės pavadinimas	T ir RS		Krituliai ir RS	
	r	p	r	p
Bartuva	0,258	$0,39 \cdot 10^{-6}$		
Merkys	0,277	$0,48 \cdot 10^{-7}$	-0,121	0,02
Šušvė				

Baltijos regioną, dėl kurių pasikeičia hidrologinis režimas (Bajerčiūtė, 2012).

Oro masės, keliaudamos iš rytų į vakarus per Žemaičių aukštumas, yra iš dalies sulaikomos, todėl Žemaičių aukštumos hidrologinėje srityje vyrauja drėgnis ir su daugiau kritulių (vidutiniškai iškrenta 750 mm) klimatas. Todėl atitinkamai vidurio Lietuvos hidrologinė sritis yra kritulių „šešėlio“ zonoje, todėl per metus jai tenka kiek mažiau kritulių – vidutiniškai tik 650 mm (Kilkus ir Stonevičius, 2011), kurie pasiskirsto mažesniame nei kitų tiriamųjų upių baseino plote. Tuo galima aiškinti Šušvės upės baseino oro temperatūros, kritulių ir upės nuotėkio rodiklių tarpusavio koreliacinių ryšių nebuvimą. Nors upės nuotėkis ir yra nesureguliuotas, tačiau pagal gautus rezultatus upės nuotėkis galimai nepriklauso nuo El Nino ir La Nina reiškiniai.

Išnagrinėjus Bartuvos, Merkio ir Šušvės upių trisdešimties (1986–2016) metų vidutinius debitus, kritulius ir temperatūrą, pagal tikimybes buvo nustatyti šešeri maksimalaus, vidutinio bei minimalaus vandeningumo metai.

6 lentelė. Maksimalių, vidutinių ir minimalių vandeningumų, kritulių ir temperatūros įvertinimo pagal tikimybes rezultatai palyginimas su El Nino ir La Nina reiškiniai stiprumu

Upės pavadinimas		Bartuva	Merkys	Šušvė
Maks. reikšmių metai/balai	Q	1994/1	2013/0	1986/2
	Krituliai	2011/1	2011/1	2007/2
	T	2007/2	2007/2	2015/4
Vid. reikšmių metai/balai	Q	1992/2	2008/2	1989/3
	Krituliai	1998/2	1994/1	2011/1
	T	1988/3	1988/3	2003/2
Maž. reikšmių metai/balai	Q	2009/2	2002/2	2006/1
	Krituliai	2005/1	1998/2	2005/1
	T	1993/0	1986/2	1987/2

Pagal 6 lentelėje pateikiamus rezultatus matoma, kad maksimaliausi vidutiniai krituliai visose trijose tiriamosiose upėse užfiksuoti vyraujant silpnam arba vidutiniam La Nina reiškiniui. Bartuvos ir Merkio maksimalūs krituliai fiksuojami 2011 metais, todėl galimai reiškinys šių upių baseinuose iškrentantiems krituliams įtakos turėjo.

Panaši sąsaja Bartuvos ir Merkio upėse pastebima ir maksimalios temperatūros atveju 2007 metais, vyraujant vidutiniam La Nina. Įdomu, kad žymų vidutinės temperatūros padidėjimą Šušvės upės baseine galimai galėjo nulemti labai stiprus El Nino.

Mažiausi nuotėkiai fiksuojami vidutinių ir silpnų El Nino reiškinių kontekste, tačiau tik skirtingais metais kiekvienos upės atveju. Bartuvos upės baseino vidutinė mažiausia oro temperatūra fiksuota esant neutraliems (1993) metams, tačiau verta pastebėti, kad ankstesniais (1992) metais vyravo vidutinis El Nino, todėl neatmetamas galimas uždelstas poveikis. Taip pat Merkio ir Šušvės atveju šie rodikliai mažiausi buvo taip pat esant vidutiniam El Nino – gretimais 1986 ir 1987 metais.

Glaudžiausias ryšys yra tarp El Nino, La Nina reiškinių ir temperatūros rodiklių ir Bartuvos bei Merkio upės atveju – kritulių. Kadangi pastebimi sutapimai abiejų tyrimų atveju, priimama prielaida, kad El Nino ir La Nina reiškiniai klimatiniais rodikliams daro poveikį.

Išvados

1. Atlikus koreliacinę analizę, gauta, kad visų trijų tiriamųjų upių baseinuose matuotos temperatūros rodikliai koreliuoja su šių upių nuotėkiais. Merkio ir Šušvės atveju, esant 99,9–100 % patikimumui, nustatytas silpnas ryšys, o Bartuvos atveju – vidutinio stiprumo. Bartuvos upės temperatūros ir tiriamųjų reiškinių stiprumo, išreikšto balais, esant 99,9 % patikimumui, nustatytas silpnas ryšys.

Kadangi El Nino ir La Nina reiškiniai pagrįsti globaliu temperatūrų pokyčiu, pagal gautus rezultatus priimama prielaida, kad reiškiniai daro silpną arba vidutinę įtaką Lietuvos temperatūros rodikliams, kurie silpnai ir vidutiniškai koreliuoja su nuotėkiu, todėl daro įtaką upių režimui

2. Atliktas maksimalių, vidutinių ir minimalių vandeningumų, kritulių ir temperatūros įvertinimo pagal tikimybes rezultatų palyginimas su El Nino ir La Nina reiškinių stiprumu. Maksimalūs vidutiniai krituliai visose trijose tiriamosiose upėse užfiksuoti vyraujant silpnam arba vidutiniam La Nina reiškiniui. Panaši sąsaja Bartuvos ir Merkio upėse pastebima ir maksimalios temperatūros atveju 2007 metais, vyraujant vidutiniam La Nina. Taip pat pastebima Bartuvos ir Merkio upių baseinuose sutampančios vidutinės temperatūros ir stipraus La Nina tais pačiais 1988 metais sąsaja. O Šušvės atveju nepastebimas reiškinių poveikio tiriamiesiems vidutiniams rodikliams dėsningumas. Merkio ir Šušvės atveju šie rodikliai buvo mažiausi taip pat esant vidutiniam El Nino – gretimais 1986 ir 1987 metais.

Literatūra

- Astrauskas, A. (2011). *Tikimybių teorijos kursas: Mokomoji knyga*. Vilnius, 224-228 p., 160-161 p.
<https://doi.org/10.3846/1255-S>
- Bajerčiūtė, A. (2012). Baltijos jūros hidrologinį režimą formuojančių hidrometeorologinių veiksnių analizė 1960–2009 m. *Geografija*, 48(1), 11-20.
<https://doi.org/10.6001/geografija.v48i1.2325>
- Guimarães Nobre, G., Jongman, B., Aerts, J., & Ward, P. J. (2017). The role of climate variability in extreme floods in Europe. *Environmental Research Letters*, 12(8).
- Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba. (2017). *El Nino – La Nina*. Prieiga per internetą 2018 m. kovo mėn. 11 d.:
<http://www.meteo.lt/lt/web/guest/ivairybybes/el-nino-la-nina>
- Keršytė, D. ir Rimkus E. (2014). Žiemų tipai Baltijos jūros regione ir Lietuvoje. *Geografija*, 50(1), 1-10.
<https://doi.org/10.6001/geografija.v50i1.2888>
- Kilkus, K. ir Stonevičius, E. (2011). *Lietuvos vandenų geografi- ja: Vadovėlis*. Vilnius.
- National Ocean Service. (2016). *What are El Niño and La Niña?*, Retrieved from 14 January 2017:
<http://oceanservice.noaa.gov/facts/ninonina.html>
- National Oceanic & Atmospheric Administration. (2016). *Multivariate ENSO Index (MEI)*. Outline for MEI webpage (updated on December 3rd, 2014). 1-5.
- Shaman, J. (2014). The seasonal effects of ENSO on European precipitation: Observational analysis. *Journal of Climate*, 27(17), 6423-6438.
<https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00008.1>
- Zhang, W., Wang, L., Xiang, B., Qi, L., & He, J. (2015). Impacts of two types of La Niña on the NAO during boreal winter. *Climate Dynamics*, 44(5-6), 1351-1366.
<https://doi.org/10.1007/s00382-014-2155-z>

THE CHANGE OF RIVER FLOW PATTERNS IN LITHUANIA IN THE CONTEXT OF PROCESSES OF EL NINO AND LA NINA

L. Skinderytė, L. Bagdžiūnaitė-Litvinaitienė

Summary

The change of intensity of extreme events and natural climatological processes is becoming more relevant in the context of current environmental problems. Impact of climate change on humans and their environment has become an increasing problem. El Nino and La Nina is a complex process of climate change, which causes fluctuations in temperature between the ocean and atmosphere in the east-central Equatorial Pacific. There has been multiple research carried out on the impact of El Nino and La Nina on global climate (Keršytė & Rimkus, 2014). North Atlantic Oscillation is one of the most important factors affecting the climate of Lithuania (Zhang et al., 2011). The increasing impact of El Nino and La Nina processes on the climate, timing of seasonal events, and hence the hydrological patterns of rivers in Lithuania is observed during the past decades. This paper focuses on the statistical analysis of hydrological (river flow) and climatological (precipitation, air temperature) indexes of three rivers of Lithuania – Bartuva, Merkys and Šušvė. The correlation between hydrological and climatological indexes and the impact of El Nino and La Nina on these indexes is determined in this paper.

Keywords: El Nino and La Nina, rivers, river flow, climate, climate change, precipitation, temperature.