

UDK 528.371:551.461.2

**KURŠIŲ MARIŲ IR PIETRYTINĖS BALTIJOS JŪROS DALIES VANDENS LYGIO
DAUGIAMEČIŲ SVYRAVIMŲ ANALIZĖS METODOLOGINIAI YPATUMAI****Inga Dailidienė, Algirdas Stankevičius***Jūrinių tyrimų centras, Taikos pr. 26, LT-91149 Klaipėda, Lietuva, el. paštas: inga.dailidieniene@delfi.lt***Benediktas Tilickis***Klaipėdos universitetas, H. Manto g. 84, LT-92294 Klaipėda, Lietuva, el. paštas: benediktas.tilickis@ku.lt**Įteikta 2003 11 26, priimta 2004 02 10*

Santrauka. Šiuolaikiniai klimato kaitos tyrimai bei klimato šiltėjimo problemų sprendimas susiję su geofizinių reiškinių bei hidrologinių elementų režimo kaitos analize. Susirūpinimą kelia pastaraisiais 20 a. dešimtmečiais spartesnis vandens lygio kilimas bei su tuo tiesiogiai susiję krantų ardymo, sausumos užliejimo, ekologinės pusiausvyros pažeidimo problemos. Ne mažiau svarbus veiksnys, lemiantis daugiamečių vandens lygio kitimą Baltijos jūroje, yra Žemės plutos judėjimas. Straipsnyje, remiantis Aplinkos ministerijos Jūrinių tyrimų centro duomenimis, analizuojamas daugiamečių vandens lygio kitimas pietrytinėje Baltijos jūros dalyje ir Kuršių mariose.

Raktažodžiai: vandens lygis, kitimas, dėsningumas, tendencija, Kuršių marios, Klaipėdos sąsiauris, Baltijos jūra.

1. Įvadas

Vandens lygis, jo paros, sezoninė kaita, daugiamečių režimas nuo seniausių laikų domino ne tik su jūros verslais susijusius žmones. Informacija apie vandens lygio kaitą būtina rekonstruojant uostus, statant gyvenvietes, miestus prie vandens objektų, ji reikalinga laivų navigacijai, saugumui užtikrinti. Vandens lygio parametrai yra vieni iš pagrindinių elementų, naudojamų hidrodinaminiam, ekologiniam modeliui kurti, taikyti bei prognozėms sudaryti. Jūrų gylių žemėlapiams ir planams būtini laivavedžiams, kur gyliai nedideli, uostų prieigose. Tačiau vandens lygis nuolat kinta. Pavyzdžiui, Klaipėdos sąsiauryje jis per parą gali pakisti apie 40 cm, esant ekstremalioms sąlygoms – iki 140 cm ir daugiau. Jūrose, kur nuolat vyksta potvyniai ir atoslūgiai, vandens lygio svyravimo amplitudė per parą gali siekti 7–10 m ir daugiau. Sudarant tikslus tam tikro regiono batimetrinius žemėlapius, būtina apskaičiuoti vidutinį daugiamečių vandens lygį. Jis laikomas atskaitos tašku. Pagrindinės vandens lygio charakteristikos, būtinos vykdant jūrinių hidrotechninių įrenginių statybą, turi atspindėti ne tik vidutinį ar esamą režimą. Vis didesnės svarbos įgyja vandens lygio reikšmių kitimas laiko atžvilgiu.

Sistemiški vandens lygio Kuršių mariose stebėjimai pradėti nuo 19 a. pradžios, Lietuvos Baltijos jūros priekrantinėje dalyje – 19 a. pabaigoje. Nuo 1998 metų šiuos darbus tęsia Aplinkos ministerijai priklausantis Jūrinių tyrimų centras.

Apie vandens lygius pietrytinėje Baltijos jūros priekrantėje, Kuršių mariose bei Aistmarėse 20 a. pradžioje pasirodė pirmieji išsamūs Ch. Štelmacher, O. Maišner ir kitų autorių darbai [1–3]. Šeštame ir septintame dešimtmetyje daugiamečius vandens lygio svyravimus analizavo savo darbuose mokslininkai ir tyrinėtojai E. Červinskas, J. Dubra, L. Markova, I. Nečai,

K. Vaitkevičius ir kiti. Daugiausiai dėmesio buvo skiriama surinkti empirinius duomenis, patikrinti jų kokybę. N. N. Lazarenko publikacijose daugiamečio vandens lygio kitimo skaičiavimo metodika pagrįsta ilgalaikių vandens lygio duomenų sekų analize [4]. Pastaraisiais metais daugiamečių vandens lygio kitimą, priklausomai nuo eustatinių ir izoastinių procesų įtakos, analizavo D. Jarmalavičius, G. Žilinskas [5, 6]. Tačiau iš esmės daugiamečio vandens lygio tyrimams Lietuvoje, kaip ir kitiems hidrodinaminėms, okeanologiniams procesams pažinimo klausimams, kol kas skiriama nepakankamai dėmesio, nors yra sukaupta nemažai pirminės medžiagos bei duomenų.

Dėl pastaruoju metu kylančio pasaulinio vandens lygio vis būtinesnė tampa globali vandens lygio kaitos analizė, kuri neįmanoma neatliekant regioninio detalizavimo. Pavyzdžiui, vandens lygio duomenis lyginti su kitų Baltijos šalių sudėtinga dėl skirtingų aukščių sistemų. Lietuvoje, kaip ir kitose buvusiose Rytų bloko šalyse (Estijoje, Rusijoje, Latvijoje, Lenkijoje), vandens lygis matuojamas remiantis Baltijos aukščių sistema (BS) – vandens lygio stotyse nuliniu laikomas horizontas, kurio lygis 500 cm žemiau Kronštato (Rusijoje, šalia Sankt Peterburgo) matuoklės nulio. Dažnai įvairūs autoriai, nagrinėjantys vandens lygio duomenis, painioja aukščių sistemas, taip iškraipomi reikšmių dydžiai. Pavyzdžiui, nusakant šių laikų hidrodinamines sąlygas Klaipėdos uosto teritorijoje [7], vandens lygis pateikiamas vokiečių normaliojo nulio (NN) aukščių sistema, nors pagal ją Lietuvoje vandens lygiai matuoti tik iki 1938 m. lapkričio. Iki 1961 m. pagal įvairias aukščių sistemas matuoto vandens lygio archyviniai duomenis savo darbuose į Baltijos aukščių sistemą perskaičiavo J. Dubra [8].

Daugiamečių vandens lygio kilimą labiausiai lemia eustatinis vandens lygio kilimas, t. y. laipsniškas vandens

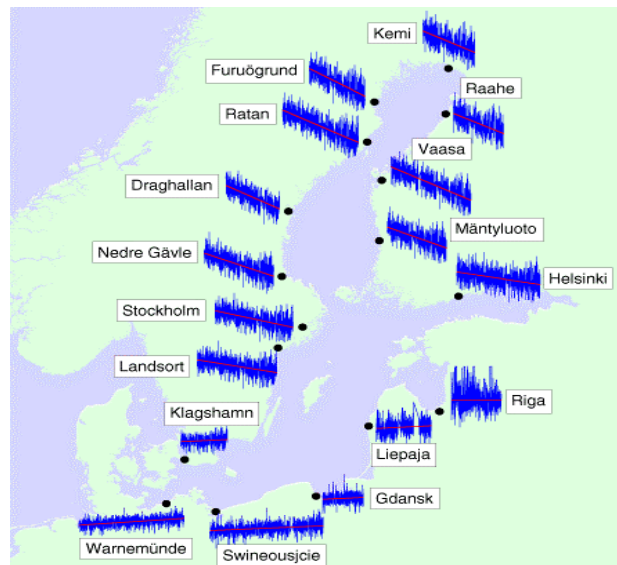
tūrio didėjimas, susijęs su vandens temperatūros aukštėjimu šiltėjant klimatui. Klimato daugiametėi kaitai taip pat būdingi cikliniai svyravimai. Dabar šiltėjimo laikotarpis [9]. Žinoma, kad daugiausia šį šiltėjimo procesą veikia astronominiai, klimatiniai veiksniai, tačiau vis aktyvesni tampa ir antropogeniniai. Įvairių autorių duomenimis, vandens lygis pasauliniame vandenyne kyla nuo 1 mm iki 1,9 mm per metus greičiu [5, 8–13]. Teoriškai šis procesas turėtų būti vienodas visose jūrose. Tačiau realiai gaunami skirtingi rezultatai dėl skirtingų fizinių geografinių sąlygų. Pavyzdžiui, Baltijos jūroje pasaulinio vandenyno vandens lygio pakilimas gali pasireikšti mažiau, nes ji yra gana uždara žemyninė jūra, slūgsanti aukštesniame lygyje nei vandenynas, ir jos vandens lygis labiau priklauso nuo upių vandenų prietakos nei Šiaurės jūros patvankos. Įvairių šalių mokslininkai konstatuoja spartėjantį vandens lygio kilimą [5, 11, 13, 14]. 1988 m. Pasaulinė meteorologinė organizacija (WMO) įkūrė tarpvyriausybę klimato kaitos tyrimo grupę (IPCC), kurioje įvairių šalių mokslininkai daug dėmesio skiria vandens lygio kaitos kaip vieno iš svarbiausių klimato kaitos indikatorių analizei. Pagal įvairius prognozinis skaičiavimus sudaryti scenarijai [10, 15]. Teigiama, kad šiltėjant klimatui ir vandens temperatūrai, tirpstant ledynams, iki 2025 m. pasaulio vandens lygis pakils nuo 8 iki 25 cm, o iki 2100 m. – nuo 31 iki 110 cm, priklausomai nuo regioninių variacijų.

Ne mažiau svarbus veiksnys, lemiantis daugiametį vandens lygio kitimą Baltijos jūroje, yra Žemės plutos judėjimas, kuris skirtingose jūros dalyse skiriasi ne tik dydžiu, bet ir kryptimi. 20 a. viduryje buvo taikomos Žemės plutos judesių įvertinimo metodikos, pagrįstos daugiametį vandens lygio duomenų sekų analizavimu [4, 16]. Izoastiniai procesai nevienodai pasireiškia visame Baltijos jūros regione. Baltijos jūrą sąlygiškai padalijus skerspjūviu nuo Danijos sąsiaurių iki Suomijos įlankos, šiaurinėje dalyje dominuoja teigiamo ženklo žemės judesiai, o pietinėje dalyje – neigiamo. Izoastinių procesų intensyvumą iš dalies rodo daugiametė vandens lygio kaita įvairiuose Baltijos jūros regionuose (1 pav.).

Skandinavijos šalių teritorijoje Žemės pluta kyla, nes istorijos požiūriu ji visai neseniai yra išsivadavusi nuo ledynų masės spaudimo. Pietrytinė Baltijos jūros dalis, priklausanti senajai Rusijos platformai, atvirksčiai, iš lėto grimzta. Vandens lygio kitimui įvertinti tiksliau būtini Žemės plutos judesių tyrimai.

Įvairiuose literatūrinuose šaltiniuose aptinkamos skirtingos Žemės plutos grimzdimo mūsų regione reikšmės. Jos varijuoja nuo 0 iki –2 mm per metus [1, 5, 17, 18].

Šio darbo tikslas – remiantis surinktos medžiagos bei literatūros duomenimis, pateikti Kuršių marių bei Baltijos jūros vandens lygio daugiametį svyravimų Lietuvos regione metodologinius ypatumus.



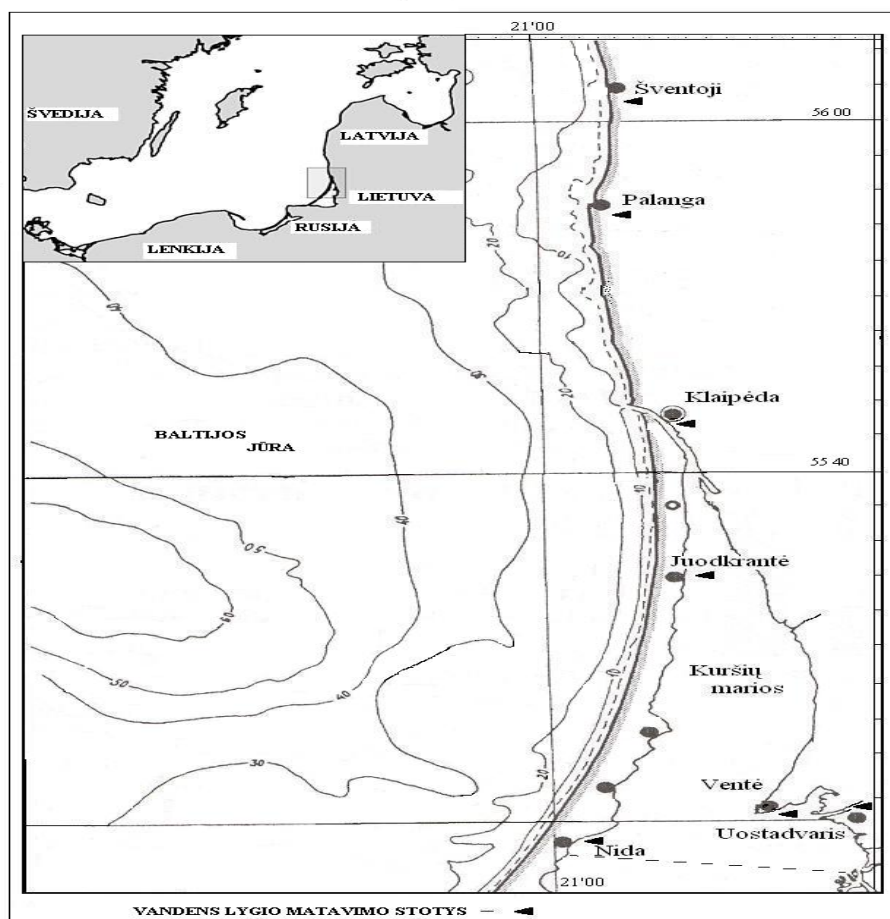
1 pav. Daugiametė vandens lygio kaita įvairiuose Baltijos jūros regionuose

Fig 1. Changes of water level in Baltic sea regions

2. Tyrimų objektas ir metodai

Siekiant, kad vandens lygio duomenys būtų reprezentatyvesni, darbe remtasi kuo įvairiausiais duomenų šaltiniais. Straipsnyje, lyginant įvairių stočių duomenų absoliučiąsias reikšmes, santykinis svyravimo dydžius bei bendrą daugiametę vandens lygio kaitos tendenciją, detaliau analizuojamas laikotarpis nuo 1961 metų, kadangi iki šių metų vandens lygis buvo matuojamas pagal skirtingus atskaitos taškus, taikant skirtingas aukščių sistemas. Darbe, remiantis 7 vandens lygio stočių – Klaipėdos sąsiaurio, Šventosios, Palangos, Juodkrantės, Nidos, Ventės, Uostadvario duomenimis, analizuojami daugelio metų vandens lygio kaitos ypatumai Lietuvai priklausančioje pietrytinėje Baltijos jūros dalyje ir Kuršių mariose. Stčių išsidėstymas pavaizduotas 2 paveiksle.

Darbe duomenys analizuojami aprašomaisiais statistiniais metodais. Apskaičiuoti tiesiniai trendai pagal vidutinių mėnesinių ir vidutinių metinių vandens lygių duomenų sekas. Įvertinta vandens lygio kitimo sparta. Siekiant objektyviau nustatyti daugiametes tendencijas, ne tik atlikta santykinis vandens lygio svyravimą nusakančių dydžių lyginamoji analizė, bet ir slankiųjų 10-mečių metodu eliminuota trumpalaikių bei atsitiktinių svyravimų reikšmės. Apskaičiuoti pavienių stočių vidutiniai mėnesiniai, daugiametiniai vandens lygiai. Vidutinis vandens lygis skaičiuotas nustatant vandens lygio reikšmių aritmetinį vidurkį iš viso matavimų periodo duomenų sekos. Priklausomai nuo duomenų rinkimo trukmės periodo gautos daugiametės vidutinės paros, mėnesio, sezono vandens lygio reikšmės. Vidutiniai paros vandens lygiai skaičiuoti pagal pirminius kasvalandinius ar valandinius (2–4 kartai per parą) vandens lygio matavimo duomenis, saugomus chronologinių lentelių pavidalu Jūrinių tyrimų centro fonduose.



2 pav. Vandens lygio stočių išsidėstymo schema
Fig 2. Scheme of water level observing stations

Vidutiniai mėnesiniai vandens lygiai skaičiuoti remiantis vidutinėmis paros vandens lygių reikšmėmis, vidutiniai metiniai – pagal vidutinius mėnesinius. Vidutinės daugiametės reikšmės apskaičiuotos pagal vidutinės metinės vandens lygio reikšmes.

Vandens lygio kaitos sparta analizuojama remiantis Klaipėdos, Ventės, Nidos ir Juodkrantės hidrometrinių stočių ilgalaikių vidutinių metinių (H_i) vandens lygių duomenimis. Skaičiuota taikant tiesinę regresijos lygtį, išreiškiančią vienkryptę vandens lygio kitimo tendenciją laiko atžvilgiu. Vandens lygio kaitos sparta (v) išreiškiama mm per metus:

$$v = \frac{\sum_{i=1}^n (H_i - (-20)) T_i}{\sum_{i=1}^n T_i^2} \quad (1)$$

Išraiška (-20) yra sąlygiškai priimta nulinė reikšmė, t. y. pasirinktinė mažiausioji vandens lygio duomenų eilės reikšmė, ją taikydami $(H_i - (-20))$ gauname teigiamą duomenų eilę. Ši reikšmė kiekvienai pavienių stočių duomenų sekai skirtinga. (T_i) – laiko kintamoji, čia (i) – duomenų eilės numeris. Regresijos lygtis įgyja tokią formą:

$$H_i - (-20) = v T_i + B, \quad (2)$$

čia B – laisvasis narys, gaunamas:

$$B = \sum_{i=1}^n \frac{(H_i - (-20))}{n} \quad (3)$$

Įvertinamas vandens lygio kaitos spartos skaičiavimų tikslumas::

$$\sigma_v = \pm \frac{Mh}{\sqrt{\sum_{i=1}^n T_i^2}} \quad (4)$$

čia

$$Mh = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_i - (-20))^2 - v \sum_{i=1}^n (H_i - (-20)) T_i - B \sum_{i=1}^n (H_i - (-20))}{n-1}} \quad (5)$$

Ši metodika buvo taikoma įvertinant Žemės plutos judėjimo greitį ir kryptį, priimant hipotezę, kad nėra jokio kito poveikio [16]. Nes tuo metu buvo teigiama, kad Baltijos jūroje eustatinis vandens lygio kilimas yra nereikšmingai mažas, todėl turint ilgalaikes vandens lygio duomenų eiles galima įvertinti Žemės plutos judesių spartą ir kryptį. Šiame darbe šis metodas taikomas siekiant įvertinti tik vandens lygio kitimo spartą įvairiais laikotarpiais bei skirtinguose vandens lygio matavimo taškuose. Būtina pažymėti, kad šiuo atveju neatsižvelgiama į kitus veiksnius, lemiančius vandens lygio kaitą, bei nėra eliminuojami galimi Žemės plutos pokyčiai.

1 lentelė. Vandens lygio matavimo stotys, jų veikimo laikotarpiai ir vidutiniai daugiamečiai vandens lygiai

Table 1. Water level observing stations, their functioning periods and mean secular water levels

Vandens lygio matavimo stotis	Stebėjimų laikotarpis	Koordinatės	Vidutinis daugiamečis vandens lygis, cm	Paklaida σ , cm
Šventoji	1926–1931, 1945–1958	(nežinomos)	0,8	6,2
Palanga	1923–1925	55°55 š. pl. /21°03 r. ilg.	-1,7	6,4
Klaipėda	1898–1940, 1949–2002	55°42,5 š. pl. /21°07,2 r. ilg.	-1,2	7,9
Juodkrantė	1901–1915, 1925–1938, 1955–2002	55°31,9 š. pl. /21°07,6 r. ilg.	5,8	7,4
Nida	1925–1938, 1948–2002	55°17,9 š.pl. /21°00,8 r. ilg.	8,2	7,7
Ventė	1925–1942, 1955–2002	55°20,0 š. pl. /21°10,2 r. ilg.	4,8	8,1
Uostadvaris	1901–1915, 1925–1932, 1961–1965, 1973–1985, 1997–2002	55°20,7 š. pl. /21°17,4 r. ilg.	21,3	8,3

3. Tyrimų rezultatai

Vidutinė per visą stebėjimų laikotarpį apskaičiuota vandens lygių reikšmė atspindi vidutinį daugiamečių lygį. Tačiau apskaičiuotus Kuršių marių vandens lygių matavimo postų – Klaipėdos, Ventės, Nidos, Juodkrantės, Uostadvario – vidutinius daugiamečius vandens lygius, paaiškėjo, kad Ventės daugiamečis vandens lygis abejotinas (1 lentelė). Jis net 4 cm žemesnis už Nidos vidutinį daugiamečių vandens lygį. Susidaro lyg įdubimas tarp Uostadvario ir Nidos, prieštaraujantis visiems gamtos dėsniams. 1 lentelėje pateiktos stočių koordinatės bei veikimo periodai, matavimų dažnumas bei vandens lygių aritmetiniai vidurkiai.

Vandens lygio matavimų tikslumas labai priklauso nuo sąsajos su valstybine aukščių sistema tikslumo. Bendra aukščių sistema suteikia galimybę lyginti skirtingų postų vandens lygius, skaičiuoti vandens lygių paaugštėjimus, o kartu ir vandens nuotėkį, debitus. Tačiau patikrinus įvairių epochų, t. y. 1951 m., 1977 m., 1986 m. ir 1993 m. atliktų valstybinių niveliacijų duomenis, kontrolinių, darbinių reperų altitudes ir sulyginus su priekrantinių postų techninių bylų, niveliacijų žurnalų duomenimis paaiškėjo, kad ligi šiol vandens lygis skaičiuojamas pagal 1951 m. niveliacijos

apibrėžtą Baltijos aukščių sistemą, išskyrus Klaipėdos sąsiaurį, kuriame vandens lygis nuo 1996 m. matuojamas remiantis 1993 m. niveliacija, atlikta pagal tarptautinį „Baltijos jūros lygio“ projektą [19].

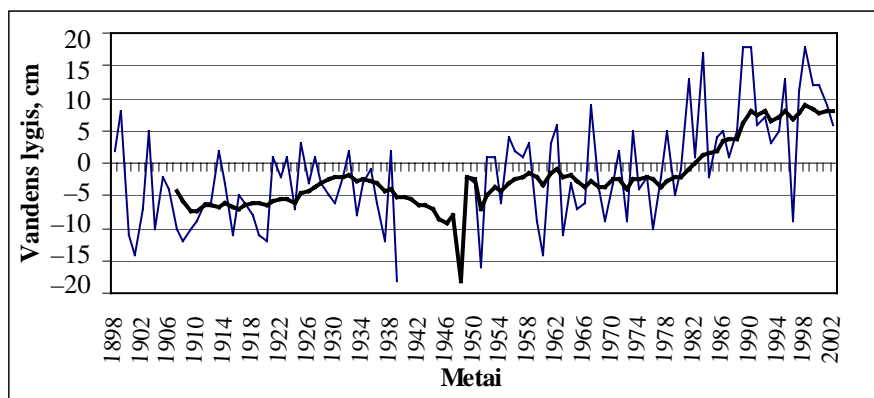
Palyginus 1951 m., 1977 m., 1986 m. ir 1993 m. niveliacijų reperų altitudes [20, 21], apskaičiuotus paaugštėjimų skirtumus ir įvedus daugiamečių vandens lygių pataisą, gaunamas geresnis rezultatas. Vidutinis daugiamečis vandens lygis ties Vente pagal 1977 m. Baltijos aukščių sistemą 5,5 cm aukštesnis, o kartu aukštesnis už Nidos daugiamečių vandens lygį (2 lentelė). Matyt, visų 1977 m. niveliacijos rezultatų bei tų metų reperų aukščių sistemos buvo atsisakyta dėl klaidų, padarytų atliekant niveliaciją Klaipėdoje (kaip matome 2 lentelėje). Iš esmės 1986 m. ir 1993 m. niveliacijos buvo tikslesnės.

Atlikę ilgiausios turimos duomenų sekos filtraciją pagal slenkančiuosius dešimtmečius gauname, kad vandens lygis 20 a. pradžioje pažemėjo beveik 5 cm (3 pav.). Antrąjį dešimtmetį jis išlieka stabilus. Nedidelis vandens lygio pakilimas nustatytas trečiajame dešimtmetyje. Vėliau, maždaug iki 1940 m., jis sumažėjo 2–5 cm. Po II pasaulinio karo vandens lygis pakito nuo 2 iki 5 cm. Ryškesnė teigiamo trendo tendencija pasireiškia tik 20 a. pabaigoje, nuo 8 dešimtmečio.

2 lentelė. Reperų aukštis (m), apskaičiuotas atliekant niveliacijas skirtingais laikotarpiais (*papildomas reperis)

Table 2. Heights of benchmarks (m) calculated from levellings in different epochs (*additional benchmark)

Vandens lygio matavimo stotis	1951 m.	1977 m.	pataisa (cm)	1986 m.	pataisa (cm)	1993 m.	pataisa (cm)	vid. vand. lygis	Įvedus pataisą
Klaipėda	3,529	3,543	-1,4			3,536	+0,7	-1,22	-0,52
Nida	2,002	1,993	-0,9				-0,9	8,33	7,43
Juodkrantė*	*1,566			1,588*	+2,0		+2,0	5,83	7,83*
Juodkrantė	2,889	2,921	+3,2	2,914	+2,5		+2,5	5,83	8,33
Ventė	3,812	3,867	+5,5	3,867	+5,5		+5,5	4,76	10,26
Uostadvaris	0,442			0,412	-3,0		-3,0	21,30	18,3



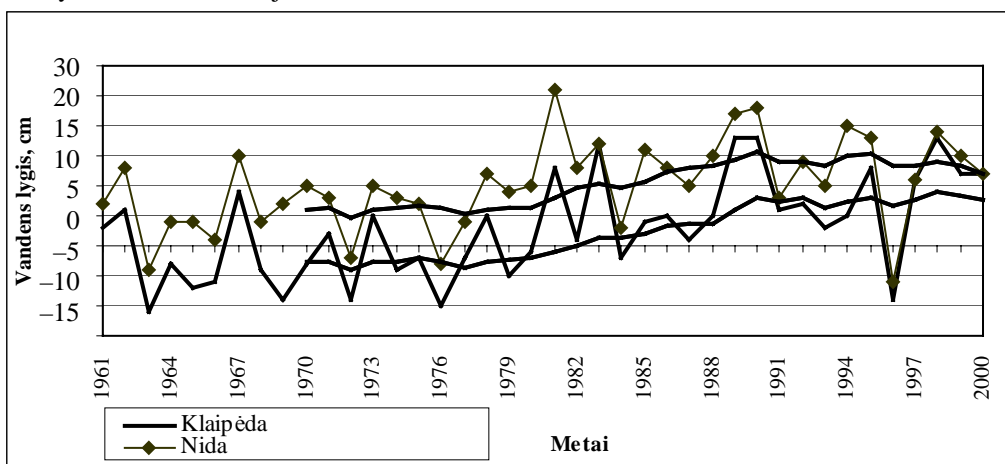
3 pav. Vidutinių metinių vandens lygių kaita Klaipėdos sąsiauryje ir slenkančiųjų dešimtmečių kreivė, 1898–2002 m.
Fig 3. Change of water level at Klaipėda strait and curve of moving decades, 1898–2002

Vandens lygio kaitos režimas ir sąsiauryje, ir centrinėje marių dalyje ties Nida maždaug iki 20 a. aštuntojo dešimtmečio turėjo tendenciją kisti nežymiai (4 pav.). Tačiau 8–9 dešimtmečiais fiksuojamas staigesnis kilimo šuolis. Panaši vandens lygio kaitos tendencija pasireiškia visų nagrinėjamų vandens lygio matavimo stočių duomenų sekose (3–5 pav.). Daugiametėje vandens lygio kaitos dinamikoje įvairiais laikotarpiais nustatyta įvairūs tiek teigiami, tiek neigiami kitimo laikotarpiai. Tačiau teigiamo ženklo trendas labiau pasireiškė tik nuo 8 dešimtmečio. Labiausiai vandens lygio kaitai, kaip ir visiems hidrodinaminiam procesams, įtakos turėjo atmosferinių procesų kaita. Vandens lygių svyravimai labai susiję su atmosferinių procesų kaita šiaurės Atlante bei Baltijos jūros regione [13]. Susidarius jūrinio vandens patvankai vandens lygio tendų kilimas mažėja nuo Klaipėdos sąsiaurio Kuršių marių centrinės dalies link (5 pav.).

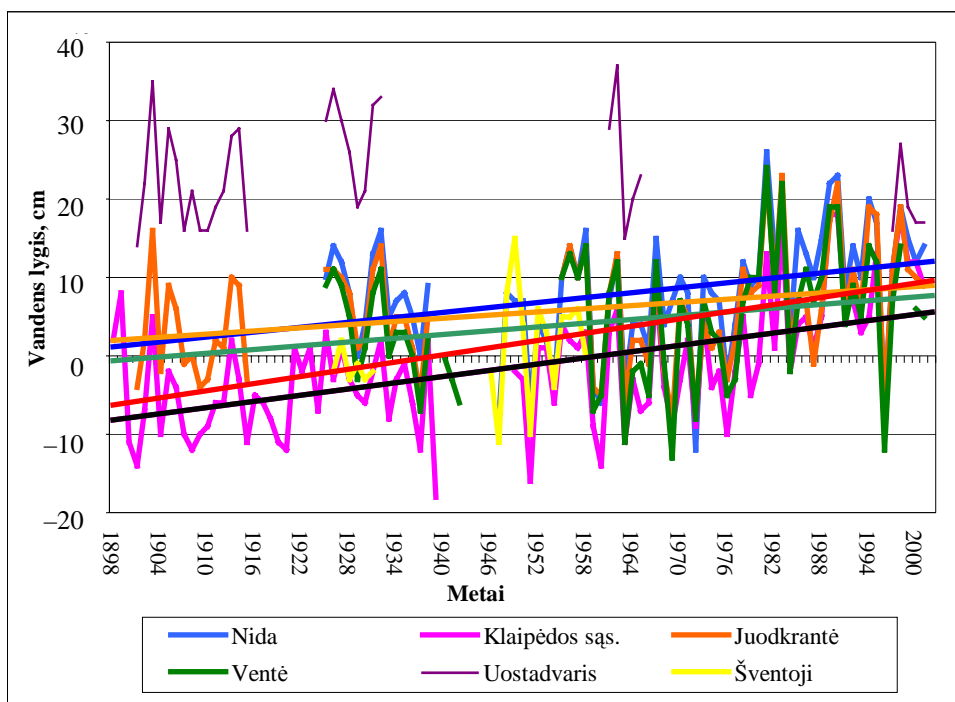
Vandens lygio kitimo įvairiais laikotarpiais sparta, remiantis Klaipėdos, Ventės, Nidos ir Juodkrantės hidrometrinių stočių vidutinių metinių vandens lygių duomenimis, yra nevienoda. Iki Antrojo pasaulinio karo buvo nustatyta nežymi kilimo tendencija. Nuo 1960 m.

vidutinis vandens lygis kyla maždaug 3,0 mm per metus greičiu: Klaipėdos sąsiauryje – 3,48 mm/metus, Kuršių mariose ties Nida – 3,20 mm/metus, ties Vente – 3,30 mm/metus, ties Juodkrante – 2,67 mm/metus. Nuo 20 a. vidurio vandens lygis kyla vis sparčiau. 2 lentelėje pateikti duomenys [16], gauti taikant Žemės plutos judėjimo spartą įvertinančią metodiką [16]. Juos įdomu palyginti su šiame darbe gautais skaičiavimų rezultatais (3 lentelė). Kaip matome, Lietuvos regione visais laikotarpiais dominuoja vandens lygio kilimo tendencija. Klaipėdos sąsiauryje ir Kuršių mariose vandens lygio kilimo reikšmės skirtingose stovyse tais pačiais laikotarpiais skiriasi labai nežymiai (3–5 lentelės).

Remdamiesi ilgiausia Klaipėdos sąsiaurio vandens lygio duomenų seka galime teigti, kad šiame regione vandens lygis maždaug per 100 metų (1898–2001) pakilo apie 13,5 centimetro. Šis skaičius neblogai atitinka vokiečių mokslininko H. J. Stigge teigimą [22], kad pietrytinėje centrinės Baltijos jūros dalyje vandens lygis per šimtmetį vidutiniškai pakilo 15 cm. Vandens lygis pietrytinėje Baltijos jūros dalyje ir Kuršių mariose tendencingai kyla. Nuo 20 a. aštuntojo dešimtmečio pasireiškusi staigi vandens lygio kilimo tendencija sudėtinga būtų paaiškinti vien eustatiniais ar geotektoniniais procesais.



4 pav. Vidutinių metinių vandens lygių kaita Klaipėdos sąsiauryje, Kuršių mariose ties Nida ir slenkančiųjų dešimtmečių kreivės, 1961–2000 m.
Fig 4. Change of water level at Klaipėda strait, in Curonian lagoon at Nida, and curve of moving decades, 1961–2000



5 pav. Vidutinių metinių vandens lygių kaita Kuršių mariose ir pietrytinėje Baltijos jūros priekrantėje bei vandens lygio kitimo trendai, 1989–2002 m.

Fig 5. Change of water level at Klaipėda strait, at south-east of Baltic sea and trends of water level changes, 1989–2002

3 lentelė. Vandens lygio kitimo greitis mm/per metus [16]

Table 3. Speed of water level changes mm/year [16]

Vandens lygio matavimo stotis	Periodas	Greitis, mm/metus	Tikslumas σ , mm/metus
Šventoji	1926–1958	+1,10	$\pm 0,34$
Ventė	1925–1968	+1,10	$\pm 0,30$
Uostadvaris	1902–1932	+1,10	$\pm 0,30$
Nida	1948–1968	+3,20	$\pm 0,30$
Juodkrantė	1902–1968	+1,40	$\pm 0,20$

4 lentelė. Vandens lygio kitimo greitis mm/per metus

Table 4. Speed of water level changes mm/year

Vandens lygio matavimo stotis	Periodas	Greitis, mm/metus	Tikslumas σ , mm/metus
Klaipėda	1960–2001	+3,48	$\pm 0,87$
Nida	1960–2001	+3,20	$\pm 0,77$
Ventė	1960–2001	+3,30	$\pm 0,98$
Juodkrantė	1960–2001	+2,67	$\pm 0,88$

5 lentelė. Vandens lygio kitimo greitis mm per metus Klaipėdos vandens lygio matavimo stotyje skirtingais laikotarpiais

Table 5. Speed of water level changes mm/year at Klaipėda water level observing station in different epochs

Periodas	Greitis, mm/metus	Tikslumas σ , mm/metus
1898–2001	+1,36	$\pm 0,20$
1949–2001	+3,03	$\pm 0,55$
1970–2001	+4,58	$\pm 1,24$

Matyt, vandens lygio kilimą pastaraisiais dešimtmečiais reikėtų sieti su dažnėjančia šiltų ir drėgnų oro masių advekcija šaltuoju periodu, su globaliaisiais atmosferos cirkuliacijos pokyčiais, stiprėjančia pernaša vakarų kryptimi, kylančia oro temperatūra, šiltomis žiemomis, kai išskirta žymiai daugiau kritulių, mažėja dienų, kai yra sniego danga, su stiprėjančiu makrocirkuliacinių procesų ne tik Lietuvos teritorijoje, poveikiu [11, 14, 23–26].

4. Išvados

1. Remiantis daugiamečiais Klaipėdos sąsiaurio (1898–2001 m.) vandens lygio duomenimis, vandens lygis per šimtmetį ties Lietuvos krantais pakilo 13,5 cm. Nuo 1960 metų vidutinis vandens lygis kyla maždaug 3,0 mm per metus greičiu.

2. Spartėjanti vandens lygio kilimo tendencija labai nepalanki Lietuvai krantų irimo atžvilgiu, nes, kylant

vandens lygiui, bangų ardomas poveikis gali pasireikšti vis didesnėje kranto dalyje.

3. Vandens lygio kilimas Lietuvos regione sietinas su dažnėjančia šiltų ir drėgnų oro masių advekcija šaltuoju periodu, su globaliaisiais atmosferos cirkuliacijos pokyčiais.

4. Analizuojant daugiamečio jūros vandens lygio svyravimo ypatumus Lietuvos regione, būtina įvertinti Žemės plutos judesių įtaką.

Literatūra

1. Baerens, Ch.; et al. Die Küste. Die Wasserstände an der Ostseeküste. Entwicklung – Sturmfluten – Klimawandel. Archive for research and technology on the North sea and Baltic coast, 2003. 331 p.
2. Dubra, J. Peculiarities of the sea level changes (Vandens lygio svyravimų ypatybės). Kuršių marios. 1978, p. 7–16 (in Lithuanian).
3. Žaromskis, R. Oceans, seas, estuaries (Okeanai, jūros, estuarijos). Vilnius, 1996. 211 p. (in Lithuanian).
4. Lazarenko, N. N. Water level changes (Колебания уровня воды). Leningrad: Gidrometizdat, 1961. 108 p. (in Russian).
5. Jarmalavičius, D.; Žilinskas, G. Peculiarities of the water level secular changes in the South and South-east Baltic sea (Pietinės ir Pietrytinės Baltijos jūros daugiamečių vandens lygių svyravimo ypatumai). *Geography (Geografija)*, No 32. 1996, p. 28–32 (in Lithuanian).
6. Jarmalavičius, D.; Žilinskas, G. Secular changes of the Baltic sea level (Daugiamečiai Baltijos jūros lygio svyravimai). In: Lietuva – jūrų valstybė. Lietuvos okeanologų konferencijos medžiaga, 1996. p. 120–126 (in Lithuanian).
7. Lapinskaitė, A.; Pustelnikovas, O.; Želvytė, D. Sustainable development of Klaipėda sea port (Subalansuota Klaipėdos uosto plėtra). 2002. 191 p. (in Lithuanian).
8. Reference book on hydrogeological regime of seas and estuaries of USSR. Baltic sea. (Справочник по гидрологическому режиму морей и устьев рек СССР. Балтийское море). Vol 1. Issue 4. 1973. 311 p. (in Russian).
9. Basalykas, A. Earth – humanity abode (Žemė – žmonijos buveinė). Vilnius, 1985. 256 p. (in Lithuanian).
10. IPCC climate change and sea level rise. Global climate change and the rising challenge of the sea. Intergovernmental panel on climate change response strategies working group coastal zone management subgroup May 1992, Netherlands, 1992, p. 5–10.
11. Kalas M.; Characteristic of sea level changes on the Polish coast of the Baltic Sea in the last forty five years. International Workshop, Sea Level Changes and Water Management, Session 1: Observed Sea Level Changes and Land Subsidence, 1993, 1–51.
12. Raudsepp U.; Toompuu A.; Kouts T. A stochastic model for the sea level in the Estonian coastal area. *Journal of Marine Systems* 22, 1999, 69–87.
13. Vorobjev, B.H.; Kočanov, C.J.; Smirnov, H.P. Seasonal and secular changes of the seas of the North Arctic ocean (Сезонные и многолетние колебания морей Северного ледовитого океана). St. Peterburg, 2000. 113 p. (in Russian).
14. Fenger, J.; Buch, E.; Jacobsen, P.R. Monitoring and impacts of sea level rise at Danich coasts and near shore infrastructures. *Climate change research*, 2002, p. 237–254.
15. Subrata P.; Zillur Rahman M.; Bhuiya A.H. Sea level rise and cyclonic disaster in the coastal belt of Bangladesh: a perspective plan for disaster preparedness programme. International workshop. Sea level changes and water management. Session 6: Coastal management and measures to sea level rise, 1993, VI - 25.
16. Calculation guide of the hydrological regime elements in the shelf and estuaries for the engineering investigations (Руководство по расчету элементов гидрологического режима в прибрежной зоне морей и в устьях рек при инженерных изысканиях). Moscow: Gidrometizdat, 1973. 535 p. (in Russian).
17. Makinen, J. Draft plan for absolute gravity campaigns in the Fennoscandian land uplift area. Nordiska Kommissionen for Geodesi. Nordic geodetic commission. Working Group for Geodynamics. 2003. 11 p.
18. Working group for height determination of the Nordic geodetic commission. Future height systems in the Nordic countries, their relation to the EVRS200 and to INSPIRE GIS standards. Position paper presented to the meeting of the TWG of the IAG Subcommittee for the European Reference Frame (EUREF), Toledo, June 3, 2003.
19. Petroskevičius, P. Measurements in international project „Baltic sea level“ (Matavimai pagal tarptautinį projektą „Baltijos jūros lygis“). Institute of Geodesy of Vilnius Technical University, 1993. 59 p. (in Lithuanian).
20. Technical project for connecting of tide gauges to the state first and second class levelling network by second order levelling (Технический проект на производство привязки уровенных постов нивелированием I и II классов. Объект Балтийск – Саласгрива. Шрифт объекта 05.03.1144). Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. Предприятие № 5, 1986 (in Russian).
21. Technical report on connection the tide gauges of Baltic sea to state levelling network by second order levelling (Технический отчет о привязке нивелирной сети нивелированием II класса уровенных станций и водомерных постов, расположенных по побережью Балтийского моря. Объект Балтийск – Саласгрива. Шрифт объекта 05.03.1144). Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. Предприятие № 5, 1986 (in Russian).
22. Stigge, H. J. Sea level changes and high-water probability on the German Baltic coast. Int. Workshop, Sea Level Changes and Water Management, Session 1: Observed Sea Level Changes and Land Subsidence. 1993. p. 1–19.
23. Bukantis, A.; at al. Climate changes influence to the physical geographical processes in Lithuania (Klimato svyravimų poveikis fiziniams geografiniams procesams Lietuvoje). Institute of Geography of Vilnius University, 2001. 280 p. (in Lithuanian).
24. Bukantis, A.; at al. Climate elements changes in the Lithuanian territory (Klimato elementų kintamumas Lietuvos teritorijoje). Vilnius, 1998. 171 p. (in Lithuanian).
25. Bukantis, A. Lithuanian climate (Lietuvos klimatas). Vilnius, 1994. 187 p. (in Lithuanian).
26. Tilickis, B.; Stankevičius, A. Hydrological regime at Baltic seashore (Hidrologinis režimas Baltijos pajūryje). *Sea and environment (Jūra ir aplinka)*, No 2. Klaipėda University, 1999, p. 27–36 (in Lithuanian).