GELIONIŲ IR ŽALIOJO EŽERŲ MORFOMETRIJA

*Marijus Pileckas, Tauras Alekna, Vytauto Didžiojo universitetas,
Vaidotas Valskys, Vilniaus universitetas*

SANTRAUKA

Straipsnyje pateikiami autorių sudaryti Gelionių ir Žaliojo ežerų, telkšančių Aukštadvario regioniniame parke, batimetriniai planai, nagrinėjami nustatyti ežerų morfometriniai rodikliai, remiantis stebėjimais ir įvairiais šaltiniais apžvelgiamos ežerų fizinės-geografinės ypatybės.

Reikšminiai žodžiai: Gelionių, Žaliojo ežeras, glaciokarstiniai ežerai, batimetrinis planas, morfometrija, Aukštadvario regioninis parkas.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5200/GE.2021.4>

ĮVADAS

Tęsiant mažų nenuotakių glaciokarstinių ežerų tyrimus (Pileckas ir Alekna, 2020) Aukštadvario regioninio parko šiaurvakarinėje dalyje, 2020 m. batimetriškai ir morfometriškai buvo ištirti Gelionių ir Žaliojo ežerai (žr. 1 pav.). Šiuos ežerus ištirti paskatino jų išskirtinumas: Gelionių ežeras telkšo Aukštadvario kalvyno keteroje ir yra aukščiausiai iškilęs virš jūros lygio ežeras (216 m) visoje Dzūkų aukštumoje, o Žaliojo ežeras telkšo beveik 100 m žemiau, pietiniame kalvyno pakraštyje šalia Kartuvių kalnu vadinamo alkakalnio, ir yra apipintas įvairiomis legendomis. Apie šiuos ežerus turima batimetrinių ir morfometrinių duomenų, tačiau jie yra seni ir abejotino tikslumo.

Gelionių ežerą 1933 m. išmatavo V. Skaigirys: sudarė ežero batimetrinį planą (žr. 2 pav.), nustatė ežero plotą, didžiausią ir vidutinį gylį. Pagal šį batimetrinį planą nustatyti ežero morfometriniai rodikliai (didžiausias ir vidutinis gylis, vandens tūris) pateko į Upių, ežerų ir tvenkinių kadastrą (UETK). Senas Gelionių ežero batimetrinis planas saugomas Gamtos tyrimų centro Klimato ir vandens tyrimų laboratorijos archyve.

Žaliuoju ežeru imta daugiau domėtis po 1960 m., kai buvo įrengta Aukštadvario hidroelektrinė ir įsteigtas Aukštadvario landšaftinis draustinis. Pastebima, kad įvairiuose šaltiniuose, ypač senesnėje literatūroje ir žemėlapiuose, šis

ežeras dažnai gali būti įvardytas kitais pavadinimais: Mergežeris, Marčežeris ar Marčio ežerėlis. Dabar šis ežeras oficialiai vadinamas Žaliuoju (UETK).

Trumpą šio ežero aprašymą pateikė K. Kilkus (1986, 2013): „Kitapus kelio markstosi nedidukas (2,5 ha) tamsžalis Marčio ežerėlis. Šios apskritos „duobutės“ gylis siekia net 14 m. Ežerėlį maitina Kartuvių kalno požemių vanduo, todėl jis visada sklindinas kaip akis, net trumpą upokšnį, bėgantį tvenkinio link, sugęba išmaitinti.“

1 pav. Tirti ežerai ir jų baseinai / Explored lakes and their catchments

Tyrimo metu buvusio Lietuvos edukologijos universiteto (dabar – VDU Švietimo akademija) Geografijos katedros archyve pavyko surasti kursinį darbą „Aukštadvario landšaftinio draustinio hidrografija“ (Sakalauskaitė, 1965), kuriame pateiktas trumpas Marčio (Žaliojo) ežero aprašymas ir batimetrinis planas (žr. 3 pav.). Pastarajame nurodytas didžiausias ežero gylis (14,2 m) gerai atitinka K. Kilkaus pateikiamą informaciją. Manome, kad tai ir buvo pirminis šaltinis apie ežero gylį, kurį vėliau savo knygose pateikė K. Kilkus.

2 pav. 1933 m. Gelionių ežero batimetrinis planas / Bathymetric chart of Lake Gelionys (1933)

Žaliasis ežeras buvo išmatuotas ir aprašytas 1965 m. Aukštadvario landšaftiniame draustinyje vykusios VVPI geografijos ir fizinio lavinimo specialybės IV kurso studentų Lietuvos geografijos kompleksinės praktikos metu (praktikai vadovavo vyr. dėst. A. Stanaitis). Ežeras nebuvo išsamiai ištirtas: liko nesuskaičiuotas ežero plotas, vidutinis gylis ir tūris, nenustatyta ežero vandens lygio altitudė, o rytų kryptimi orientuotame batimetriniame plane (3 pav.) pažymėti 30 išmatuotų gylio taškų, ežero kranto linija, viršvandeninės augalijos paplitimo riba (punktyrinė linija) ir ežero ištaka, tačiau neišbrėžtos izobatos.

Tikėtina, kad vėliau šis šaltinis buvo „pamirštas“, nes Žaliojo ežero gylio duomenys į Upių, ežerų ir tvenkinių kadastrą (UETK) bei kitus Lietuvos ežerų sąvadus taip ir nepateko.

TYRIMO METODIKA IR EIGA

2020 m. balandžio 21 d. straipsnio autoriai išmatavo Gelionių ir Žaliojo ežerų batimetriją ir patikslino ežerų kranto linijas. *ArcMap* programine įranga buvo sukurti detalūs (0,5 x 0,5 m) skaitmeniniai ežerų dugno modeliai (SRM), sudaryti ežerų batimetriniai planai, suskaičiuoti ir išnagrinėti pagrindiniai morfometriniai rodikliai, nustatytos ežerų baseinų ribos ir plotai. Viso tyrimo metu vyko literatūros ir kartografinių šaltinių paieška, atranka ir analizė. Taip pat nuo 2018 m. pavasario iki 2020 m. rudens kas du mėnesius GNSS imtuvu „Topcon Hiper SR“ buvo matuojami ežerų vandens lygiai. Vandens lygio altitudžių nustatymo GNSS imtuvu tikslumas – 1–2 cm. Kartu buvo detalios apžiūrėtos ežerų pakrantės ir apylinkės.

3 pav. 1965 m. Žaliojo ežero batimetrinis planas / *Bathymetric chart of Lake Žaliasis (1965)*

4 pav. Žaliojo ežero skenavimo spektro pavyzdys / *An example of sonar images of the Lake Žaliasis*

Ežerų dugnas skenuotas plaukiant valtimi su varikliu, naudojant echo-lotą „Simrad GO5“, sonarą „Lowrance HDI SKIMMER XDRC“ ir papildomą GPS / GLONASS imtuvą „Lowrance Point-1“. Skenuojant taikytas 200 kHz dažnis, kuris leidžia fiksuoti dugną tiksliau, siauresniu spinduliu. Siekiant didesnio matavimų tikslumo ir detalumo, plaukta lėtai ir tolygiai, iki 7 km/h greičiu, stengiantis išlaikyti apie 10 metrų atstumą tarp profilių. Dugno skenavimo tikslumas – iki 2–5 cm. Dugnu laikomas mažiausiai konsoliduotų nuosėdų paviršius (skenda) (žr. 4 pav.).

Ežerų kranto linijos patikslintos naudojant anksčiau minėtą GNSS imtuvą „Topcon Hiper SR“. Atvirose pakrantėse (Gelionių ežero šiaurinė ir Žaliojo ežero pietinė pakrantės) kranto linijos plokštuminės koordinatės buvo galima nustatyti kelių centimetrų tikslumu, o likusiose stačiose ir mišku apaugusiose pakrantėse koordinatės paklaida galėjo siekti keletą metrų. Vis dėlto tai yra gerokai tiksliau, nei nustatyti kranto liniją vadovaujantis vien ortofotografiniu žemėlapiu.

Apdorojant matavimų rezultatus panaudotos kompiuterinės programos *Reefmaster 2.0*, *ArcGIS Desktop (ArcMap) Advanced 10.6.1* ir *Microsoft Excel*. *ArcMap* programa taip pat plačiai taikyta nagrinėjant kartografinius šaltinius (topografinius, ortofotografinius ir teminius žemėlapius) ir erdvinių duomenų rinkinius, ja sudaryti nauji tirtų ežerų batimetriniai planai.

Skaičiuojant morfometrinius rodiklius remtasi metodinėje literatūroje (Kilkus, 1993, 2005) pateiktais rodiklių aprašymais, tačiau kur įmanoma panaudotos

ArcMap kompiuterinės programos galimybės, leidžiančios daugelį rodiklių suskaičiuoti greičiau ir tiksliau nei tradiciniais metodais.

GELIONIŲ EŽERO BATIMETRIJA IR MORFOMETRINIAI RODIKLIAI

Gelionių ežeras telkšo Aukštadvario kalvyno (Lietuvos nacionalinis, 2014) ketetoje, 4 km į šiaurės vakarus nuo Aukštadvario miestelio, patenka į Verknės upės baseiną ir Mergiškių kraštovaizdžio draustinį. Ežeras ir didžioji jo baseino dalis yra Prienų rajone. Pietiniame ežero krante driekiasi Mergiškių Kalvų miškas, o šiauriniame krante buvusio palivarko vietoje įsikūręs Gelionių kaimas (žr. 5 pav.). Šiaurvakarinėje ežero pakrantėje, prie senkelio, auga keletas labai senų ir stambių ąžuolų.

Ežeras telkšo glaciokarstinėje dubėje, kurią supa moreninės kalvos (Karmaza, 1999). Itin stambi ir aukšta mišku apaugusi kalva atsiremia į pietinį ežero krantą. Ežerą supantys šlaitai iškyla iki 15 m santykinio aukščio ir yra gana statūs (išskyrus vakarinę pakrantę). Nuo pietinio Gelionių ežero kranto pietvakarių kryptimi driekiasi siauras ir gan gilus klonis, kuriuo drėgnesniais holoceno laikotarpiais galėdavo nutekėti vanduo Guostės (dešinysis Verknės intakas) aukštupio link. Kad susidarytų tokio pobūdžio nuotėkis, ežero vandens lygis turėtų pakilti iki 217,2 m virš jūros lygio. Šiuo metu ežeras yra nenuotakus, į jį įteka du periodiškai išdžiūstantys bevardžiai upeliai – vienas šiauriniame krante, kitas pietiniame (jis atiteka iš paežerinės, kiek platesnės ir pelkėtos minėto klonio dalies). Ežeras yra pereinamasis iš mezotrofinio į eutrofinį, palyginti mažai užaugęs vandeniniais augalais, vanduo rusvai žalsvos (*chaki*) spalvos.

2020 m. sudarytame Gelionių ežero batimetriniame plane aiškiai matyti, kad ežero dubuo yra nesudėtingas, būdingas glaciokarstiniams ežerams. Gelionių ežero dubės dugnas slūgso 15–19 m gylyje ir yra gan taisyklingos ovalios formos. Gelionių ežero gelmė yra palyginti nedidelio ploto. Kaip rodo sudarytas planas ir atlikti skaičiavimai, Gelionių ežero dubens forma panaši į kūgio formą.

Pagrindiniai 2020 m. išmatuoti ir suskaičiuoti Gelionių ežero morfometriniai rodikliai pateikiami 1 lentelėje.

Sutartiniai ženklai / Legend

- 19,8 Gylio taškai, m / Depth points, m
- 2— Izobatos, m / Isobaths, m
- Ežero kranto linija / Lake shoreline
- Keliai ir takai / Roads and trails

- ===== Išdžiūstantys upeliai / Temporary streams
- Ežerai / Lakes
- Pelkės / Mires
- Miškai / Forests
- Užstatytos teritorijos / Built-up areas

Ežero batimetrija išmatuota 2020 m. balandžio 21 d. Ežero vandens lygio altitudė buvo 216,10 m (Lietuvos aukščių sistemoje LAS07).

Bathymetric survey was carried out on April 21, 2020. Water surface elevation of the Lake was 216.10 m (in Height System LAS07 of Lithuania).

5 pav. Gelionių ežero batimetris planas / Bathymetric chart of Lake Gelionys

1 lentelė. 2020 m. nustatyti Gelionių ir Žaliojo ežerų morfometriniai rodikliai / *Morphometric features of Gelionys and Žaliasis Lakes measured and calculated in 2020*

Morfometriniai rodikliai <i>Morphometric features</i>	Gelionių ež. <i>Lake Gelionys</i>	Žaliasis ež. <i>Lake Žaliasis</i>
Centrinio taško koordinatės <i>Coordinates of mean center</i>	530819, 6052181 (LKS) 54.60526, 24.4770 (WGS)	535617, 6049571 (LKS) 54.58149, 24.55096 (WGS)
Altitudė (m virš jūros lygio)* <i>Water surface elevation (m a.s.l.) *</i>	216,10 216.10	120,90 120.90
Plotas (ha) <i>Surface area (ha)</i>	4,79 4.79	2,14 2.14
Kranto linijos ilgis (m) <i>Shoreline length (m)</i>	895	607
Didžiausias ilgis (m) <i>Maximum length (m)</i>	336	196
Didžiausias plotis (m) <i>Maximum width (m)</i>	205	150
Vidutinis plotis (m) <i>Mean width (m)</i>	142	109
Kranto linijos išsivystymas <i>Shoreline development ratio</i>	1,15 1.15	1,17 1.17
Didžiausias gylis (m) <i>Maximum depth (m)</i>	19,80 19.80	15,84 15.84
Vidutinis gylis (m) ** <i>Mean depth (m)**</i>	6,00 6.00	5,70 5.70
Vandens tūris (tūkst. m³)** <i>Volume (thousands m³)**</i>	288,3 288.3	122,2 122.2
Litoralės vidutinis plotis (m) *** <i>Mean width of littoral zone (m) ***</i>	11,9 11.9	13,9 13.9
Baseino plotas (ha)**** <i>Catchment area (ha)****</i>	71	60

Paaiškinimai / Notes:

* vandens paviršiaus aukštis virš jūros lygio, išmatuotas Lietuvos aukščių sistemoje LAS07 / *water surface elevation measured in Height System LAS07 of Lithuania;*

** suskaičiuota iš skaitmeninio ežero dugno modelio (SRM) / *calculated from bathymetric digital elevation model (DEM) of the lake;*

*** skaičiuota iki 2 m gylio izobatos / *up to 2 m isobath;*

**** įskaitant ežerą / *including the lake.*

Batimetrijos matavimų metu (2020 m. balandžio 21 d.) Gelionių ežero vandens lygio altitudė buvo 216,10 m virš jūros lygio (Lietuvos aukščių sistemoje LAS07). Upių, ežerų ir tvenkinių kadastrė (UETK) nurodoma 215,85 m altitudė, paimta iš 2009 m. paviršiaus lazerinio skenavimo (LiDAR) duomenų. Ši altitudė pateikiama Baltijos aukščių sistemoje; perskaičiavus į Lietuvos aukščių sistemą ji sudarytų 215,97 m virš jūros lygio. Panaši altitudė (215,7 m Baltijos aukščių

sistemoje) pateikiama ir 1984 m. 1:10 000 mastelio topografiniame žemėlapyje.

Pažymėtina, kad Gelionių ežeras yra aukščiausiai virš jūros lygio iškilęs ežeras visoje Dzūkų aukštumoje. Jo paviršius plyti beveik 100 metrų aukščiau nei Aukštadvario HE tvenkinys. UETK duomenimis, aukščiau virš jūros lygio iškilusių ežerų Lietuvoje esama tik Švenčionių ir Vištyčio–Gražiškių aukštumose.

Straipsnio autorių atliktų ežerų vandens lygio matavimų (nuo 2018 m. gegužės iki 2020 m. rugsėjo ežerų vandens lygis matuotas GNSS imtuvu 2 mėnesių intervalais) rezultatai rodo, kad Gelionių ežero vandens lygis labai svyruoja (žr. 2 lentelę). Aukščiausias vandens lygis stebėjimų laikotarpiu siekė 216,38 m (2019 m. gegužės 11 d.), žemiausias – 215,90 m (2018 m. lapkričio 15 d.), vidutinis – 216,09 m. Vandens lygio svyravimai dėsningi: aukščiausias vandens lygis fiksuojamas pavasarį, o žemiausias – vėlyvą rudenį. Kaip ir galima tikėtis (Vališkevičius ir Kundrotaitė, 2014), vidutinis vasaros laikotarpio vandens lygis labai artimas metiniams ir tyrimo laikotarpio vidurkiams. Nustatyta svyravimų amplitudė (0,48 m) panaši kaip Žaliajame ir Škilietų ežeruose. Pažymėtina, kad išmatuotiems vandens lygiams ir jų kaitai reikšmingą įtaką turėjo meteorologinių sąlygų išskirtinumas: 2018 m. pavasaris dar buvo drėgnas ir ežeruose laikėsi aukštas vandens lygis, o nuo 2018 m. vasaros iki pat stebėjimų laikotarpio pabaigos vyravo sausi orai ir ežerų vandens lygiai labai nukrito. Tiesa, Gelionių ežere 2019 m. pavasarį vandens lygis dar buvo gerokai pakilęs, tačiau 2020 m. pavasarį po besniegės žiemos ryškesnio vandens lygio pakilimo nebebuvo ir vandens lygis vos pasiekė vidutines stebėjimų laikotarpiui reikšmes. Atitinkamai 2020 m. fiksuota mažiausia metinė vandens lygio svyravimų amplitudė, kuri siekė vos 19 cm.

Gelionių ežero kranto linija ir plotas patikslinti pagal 2020 m. atliktų matavimų duomenis. Gautas Gelionių ežero plotas 4,79 ha. Jis kiek didesnis nei georeferencinio pagrindo kadastrė (GRPK) nurodomas ežero plotas (4,63 ha). Gautas kranto linijos ilgis (895 m) nedaug skiriasi (pagal GRPK – 888 m).

2 lentelė. Gelionių ežero vandens lygio matavimų duomenys (m virš jūros lygio) / *Water surface elevation measurement data of Lake Gelionys (m a.s.l.)*

Vandens lygio altitudė <i>Water surface elevation</i>	2018 m. <i>2018</i>	2019 m. <i>2019</i>	2020 m. <i>2020</i>	2018–2020 m. <i>2018–2020</i>
Maksimali <i>Maximum</i>	216,36 <i>216.36</i>	216,38 <i>216.38</i>	216,12 <i>216.12</i>	216,38 <i>216.38</i>
Minimali <i>Minimum</i>	215,90 <i>215.90</i>	215,91 <i>215.91</i>	215,93 <i>215.93</i>	215,90 <i>215.90</i>
Amplitudė <i>Amplitude</i>	0,46 <i>0.46</i>	0,47 <i>0.47</i>	0,19 <i>0.19</i>	0,48 <i>0.48</i>

Vidutinė	216,10	216,13	216,04	216,09
<i>Average</i>	<i>216.10</i>	<i>216.13</i>	<i>216.04</i>	<i>216.09</i>
Vidutinė vasaros	216,07	216,08	2016,03	216,06
<i>Summer average</i>	<i>216.07</i>	<i>216.08</i>	<i>2016.03</i>	<i>216.06</i>

Gelionių ežeras šiek tiek ištįsęs V–R kryptimi, ovalios formos, jo didžiausias ilgis (336 m) 1,6 karto didesnis už didžiausią ežero plotį (205 m). Suskaičiuotas vidutinis ežero plotis sudaro 142 m. Ežero kranto linijos išsivystymo koeficientas mažas (1,15), kranto linija mažai vingiuota.

Didžiausias išmatuotas ežero gylis (19,8 m) gerokai skiriasi nuo 1933 m. išmatuoto maksimalaus gylio (15,7 m), kuris pateikiamas UETK. Manome, kad ankstesni matavimai nebuvo pakankamai tikslūs – buvo matuota palyginti nedaug profilių ir taškų, todėl nebuvo pataikyta į didžiausią ežero gelmę, kuri yra santykinai nedidelė ir išsidėsčiusi ne pačiame ežero centre, o į pietus nuo jo. Be to, atliekant ankstesnius matavimus, nebuvo nustatyta ežero vandens lygio altitudė, todėl 1933 m. išmatuotus gylius su dabartiniais lyginti galima tik apytikriai. Pagal 2020 m. atliktų matavimų pagrindų sudarytą skaitmeninį ežero dugno modelį (SRM) suskaičiuotas vidutinis ežero gylis sudaro 6,0 m. Jis mažesnis nei Škilietų I ir Tabaliukų II ežeruose (Pileckas ir Alekna, 2020), nors didžiausiu gyliu Gelionių ežeras šiuos ežerus ir lenkia. Taip yra dėl to, kad Gelionių ežero gelmė yra palyginti nedidelė ir skaičiuojant vidutinį gylį turi mažesnę įtaką. UETK pateikiamas kiek mažesnis (5,6 m) vidutinis gylis, suskaičiuotas pagal 1933 m. batimetrinį planą. Ežeras patenka į 3–9 m vidutinio gylio intervalą, todėl priskirtinas vidutinio gylio ežerams (Daubarienė ir Valiuškevičius, 2009). Pagal vidutinio ir didžiausio gylio santykį (0,3) Gelionių ežero dubens forma panaši į kūgio formą (Kilkus, 1993).

Ežero vandens tūris (288,3 tūkst. m³) taip pat suskaičiuotas pagal sudarytą skaitmeninį ežero dugno modelį (SRM), panaudojus *ArcMap* kompiuterinės programos įrankį *Surface Volume*. Be abejo, gautas tūris atitinka matavimų metu buvusį ežero vandens lygį – kintant vandens lygiui ežero vandens tūris taip pat keičiasi. UETK pateikiamas kiek mažesnis ežero vandens tūris (259,5 tūkst. m³), suskaičiuotas pagal 1933 m. batimetrinį planą.

Ežero litoralės plotas ir vidutinis plotis skaičiuotas iki 2 m gylio izobatos, kaip rekomenduojama metodinėje literatūroje (Kilkus, 2005). Gelionių ežero litoralė gana siaura, užima 1,0 ha, arba 21,1 proc., ežero akvatorijos, jos vidutinis plotis – 11,9 m. Pakrančių užaugimas viršvandenine augalija palyginti mažas.

Literatūroje duomenų apie Gelionių ežero baseino plotą nepavyko aptikti. Straipsnio autoriai šio ežero baseino ribas ir plotą nustatė pagal detalų

skaitmeninį reljefo modelį, sudarytą iš 2009 m. paviršiaus lazerinio skenavimo (LiDAR) duomenų. Gautas 71 ha plotas, įskaitant ir patį ežerą.

ŽALIOJO EŽERO BATIMETRIJA IR MORFOMETRINIAI RODIKLIAI

Žaliasis ežeras telkšo glaciokarstinėje dubėje Aukštadvario kalvyno pietiniame pakraštyje (Lietuvos nacionalinis, 2014), Nikronių fluvio-glacialiniame duburyje (Karmaza, 1999), į rytus nuo Aukštadvario miestelio ir Kartuvių kalno, prie magistralinio kelio A16. Ežeras patenka į Verknės upės baseiną ir Skrebio botaninį draustinį. Šiaurėje, rytuose ir vakaruose ežerą supa mišrus Skrebio miškas, tik pietinėje pusėje ežeras ribojasi su magistraliniu keliu, kuris jį skiria nuo Aukštadvario hidroelektrinės tvenkinio. Šiuo metu ežeras yra nenuotakus, pagrindinis jo maitinimo šaltinis yra požeminiai vandenys. Ežeras eutrofinis (Europos Bendrijos..., 2015), tamsiai žalios spalvos. Pakrantės užpelkėjusios ir gausiai apaugusios viršvandenine augalija.

Šiaurėje ir šiaurės vakaruose ežero dubuo atsiremia į aukštai iškilusias kalvas – fluvio-glacialinius ledyno pakraščio reljefo darinius (Karmaza, 1999). Itin aukšti ir statūs mišku apaugę šiauriniai ežero šlaitai, siekiantys iki 25–40 m santykinio aukščio.

2020 m. sudarytame Žaliojo ežero batimetriniame plane (žr. 6 pav.) aiškiai matyti, kad ežero dubuo yra nesudėtingas, būdingas glaciokarstinėms ežerams. Žaliojo ežero dubės dugnas slūgso 12–15 m gylyje ir yra gana taisyklingos ovalios formos. Kaip rodo sudarytas planas ir atlikti skaičiavimai, Žaliojo ežero dubens forma panaši į kūgio formą. Pagrindiniai 2020 m. išmatuoti ir suskaičiuoti Žaliojo ežero morfometriniai rodikliai pateikti 1 lentelėje.

Batimetrijos matavimų metu (2020 m. balandžio 21 d.) Žaliojo ežero vandens lygio altitudė buvo 120,90 m virš jūros lygio (Lietuvos aukščių sistemoje LAS07). Upių, ežerų ir tvenkinių kadastrė (UETK) nurodoma 120,82 m altitudė, paimta iš 2009 m. paviršiaus lazerinio skenavimo (LiDAR) duomenų. Ši altitudė pateikiama Baltijos aukščių sistemoje; perskaičiavus į Lietuvos aukščio sistemą, ji sudarytų 120,94 m virš jūros lygio.

Žaliasis ežeras yra gerokai pakeistas žmogaus. Šio ežero nuotakumo, ploto, gylio ir vandens lygio kaita XX a. antrojoje pusėje kelia nemažai klausimų. L. Šleinitaitė (2017) pagal 1951 m. 1:10 000 mastelio fotoplaną nustatė, kad iki Aukštadvario hidroelektrinės įrengimo Žaliojo ežero plotas buvo vos 1,3 ha – daug mažesnis nei dabartinis. Tuometinis ežero plotas daugmaž atitiktų dabartinę 2 m

6 pav. Žaliojo ežero batimetrinis planas / *Bathymetric chart of Lake Žaliasis*

gylio izobatą (žr. 6 pav.). Be to, seniau ežeras buvo nuotakus: su piečiau telkšojusiu Navos ežeru (dabar – Aukštadvario HE tvenkinio dalis) jungėsi trumpu apie 1 m pločio lėtos tėkmės upeliu (Sakalauskaitė, 1965; Kilkus, 1986, 2013). Tai patvirtina ir XIX a. pabaigos, tarpukario ir XX a. vidurio kartografinė medžiaga.

Žaliojo ežero pokyčiai XX a. antrojoje pusėje susiję su Aukštadvario hidroelektrinės įrengimu ir magistralinio kelio A16 nutiesimu. K. Kilkus nurodo (1986, 2013), kad Aukštadvario hidroelektrinė pradėjo veikti 1960 m., o, Verknės upę pertvėrus užtvanka, Negasčiaus ir Navos ežerų vandens lygis pakilo daugiau kaip 1,5 m ir šie bei dar keli kiti ežerai susijungė į tvenkinį. Tuo metu turėjo pakilti ir Žaliojo ežero vandens lygis. Kiek jis pakilo – negalima tiksliai pasakyti, nes Žaliojo ežero altitudė senesniuose nei 1980 m. topografiniuose žemėlapiuose nenurodoma. Tačiau iš XX a. septintajame dešimtmetyje sudarytų žemėlapių matyti, kad Žaliasis ežeras įrengus hidroelektrinę gerokai išsiliejo ir jo plotas gerokai padidėjo – pagal 1967 m. fotoplaną jau sudarė 1,77 ha. O ežero gylis siekė 14,2 m (Sakalauskaitė, 1965), tačiau galėjo būti ir kiek didesnis, nes 1965 m. atlikti gylių matavimai nebuvo tankūs ir galėjo neužfiksuoti pačios giliausios vietos. Iš 1965 m. sudaryto batimetrinio plano (žr. 3 pav.) ir pateikto aprašymo matyti, kad tuo metu ežeras jau buvo labai išsiliejęs (ežero konfigūracija gana panaši į dabartinę). Aprašyme nurodoma, kad ežero vandens augalija buvo gausi, krantai – akumuliaciniai ir užpelkėję (Sakalauskaitė, 1965).

Panašiu metu (1960–1961 m.) pro Aukštadvarį buvo nutiestas ir magistralinis kelias A16. Kelio pylime buvo įrengta pralaida, kuria vandens perteklius iš Žaliojo ežero galėjo nutekėti į Aukštadvario HE tvenkinį. Tyrimo metu pralaidą pavyko aptikti – dabar ji yra užsikimšusi ir vanduo iš ežero nebegali nutekėti. Pralaida gelžbetoninė, 55 cm vidinio skersmens, jos pietinio galo (iš tvenkinio pusės) LKS koordinatės 535615, 6049474,6. Užsikimšus pralaidai Žaliasis ežeras tapo nenuotakus, jo plotas, gylis ir vandens lygis dar labiau padidėjo. Kada užsikimšo ši pralaida, vėlgi negalima tiksliai pasakyti. Tačiau jau 1984 m. ežero plotas (2,15 ha) ir konfigūracija buvo labai panaši į dabartinę. Taip pat neaišku, kodėl užsikimšusi pralaida nebuvo išvalyta.

Straipsnio autorių atliktų ežerų vandens lygio matavimų (nuo 2018 m. gegužės iki 2020 m. rugsėjo ežero vandens lygis matuotas GNSS imtuvu 2 mėnesių intervalais) rezultatai rodo, kad Žaliajame ežere vandens lygis kito kiek kitaip nei Gelionių ežere. Užsitęsęs hidrologinis sausras, ežero vandens lygis kiekvienais stebėjimų metais žemėjo – tai pasakytina tiek apie metinius, tiek apie sezoninius rodiklius (žr. 3 lentelę). Didžiausias santykinis vandens lygio žemėjimas fiksuotas 2019 m., o 2020 m. po besniegės žiemos apskritai laikėsi žemas vandens

lygis. Aukščiausias vandens lygis stebėjimų laikotarpiu siekė 121,28 m (2018 m. gegužės 3 d.), žemiausias – 120,81 m (2020 m. rugsėjo 5 d.), vidutinis – 120,98 m. Per metus vandens lygio svyravimai dėsningi (aukščiausias vandens lygis pavasarį, žemiausias – rudenį), tačiau metinės svyravimų amplitudės gerokai mažesnės nei Gelionių ežere.

3 lentelė. Žaliojo ežero vandens lygio matavimų duomenys (m virš jūros lygio) / *Water surface elevation measurement data of Lake Žaliasis (m a.s.l.)*

Vandens lygio altitudė <i>Water surface elevation</i>	2018 m. <i>2018</i>	2019 m. <i>2019</i>	2020 m. <i>2020</i>	2018–2020 m. <i>2018–2020</i>
Maksimali <i>Maximum</i>	121,28 <i>121.28</i>	121,17 <i>121.17</i>	120,93 <i>120.93</i>	121,28 <i>121.28</i>
Minimali <i>Minimum</i>	121,06 <i>121.06</i>	120,84 <i>120.84</i>	120,81 <i>120.81</i>	120,81 <i>120.81</i>
Amplitudė <i>Amplitude</i>	0,22 <i>0.22</i>	0,33 <i>0.33</i>	0,12 <i>0.12</i>	0,47 <i>0.47</i>
Vidutinė <i>Average</i>	121,16 <i>121.16</i>	120,95 <i>120.95</i>	120,87 <i>120.87</i>	120,98 <i>120.98</i>
Vidutinė vasaros <i>Summer average</i>	121,15 <i>121.15</i>	120,86 <i>120.86</i>	120,82 <i>120.82</i>	120,94 <i>120.94</i>

Žaliojo ežero ir Aukštadvario HE tvenkinio vandens lygiai ir jų svyravimai reikšmingai skiriasi, nors šiuos du vandens telkinius skiria tik magistralinis kelias. Pagal patvirtintas taisykles (Aukštadvario tvenkinio..., 2005) Aukštadvario HE tvenkinio normaliai patvenktas lygis (NPL) yra 120,00 m virš jūros lygio (Baltijos aukščių sistemoje). Lietuvos aukščių sistemoje tai atitiktų 120,12 m virš jūros lygio. Straipsnio autorių atlikti stebėjimai patvirtino, kad šio lygio laikomasi. Tvenkinio vandens lygis svyruoja mažai, net ir hidrologinės sausros sąlygomis jis išlieka artimas NPL. Kadangi Žaliojo ežero vandens lygis stebėjimų laikotarpiu žemėjo, atitinkamai mažėjo ir Žaliojo ežero, ir Aukštadvario HE tvenkinio vandens lygio skirtumas. Didžiausias skirtumas (1,15 m) fiksuotas stebėjimų laikotarpio pradžioje, o mažiausias (0,72 m) – pabaigoje. Vidutinis skirtumas 2018 m. sudarė 1,03 m, 2019 m. – 0,83 m, 2020 m. – 0,77 m, o per visą stebėjimų laikotarpį – 0,86 m.

Žaliojo ežero kranto linija ir plotas patikslinti pagal atliktų matavimų duomenis. Nustatytas Žaliojo ežero plotas (2,14 ha) mažai skiriasi nuo georeferencinio pagrindo kadastre (GRPK) nurodomo ežero ploto (2,13 ha), tačiau labai skiriasi kranto linijos konfigūracija – ji gerokai labiau vingiuota. Tai susiję su aprašytais ežero pokyčiais XX a. antrojoje pusėje – vandens lygio pakilimu ir

pakrančių užliejimu. Iki šių pokyčių ežero kranto linija buvo mažai vingiuota. Gautas kranto linijos ilgis yra 607 m, jis gerokai skiriasi nuo pateikto GRPK (548 m).

Žaliasis ežeras šiek tiek ištįsęs R–V kryptimi, išmatuotas didžiausias ilgis (196 m) 1,3 karto didesnis už didžiausią ežero plotį (150 m). Suskaičiuotas vidutinis ežero plotis sudaro 109 m. Ežero kranto linijos išsivystymo koeficientas (1,17) kiek didesnis nei Gelionių ežero, tačiau jį padidina labiau vingiuota kranto linija – iš tiesų ežero forma gana panaši į apskritimą. Pagal vidutinio ir didžiausio gylio santykį (0,36) Žaliojo ežero dubens forma panaši į kūgio formą (Kilkus, 1993).

Didžiausias 2020 m. išmatuotas ežero gylis siekia 15,84 m. Tai gerokai daugiau nei 1965 m. išmatuotas maksimalus gylis – 14,2 m (Sakalauskaitė, 1965). Pagal 2020 m. atliktų matavimų pagrindu sudarytą skaitmeninį ežero dugno modelį (SRM) suskaičiuotas vidutinis ežero gylis sudaro 5,70 m. Ežeras patenka į 3–9 m vidutinio gylio intervalą ir taip pat priskiriamas vidutinio gylio ežerams (Daubarienė ir Valiuškevičius, 2009).

Ežero vandens tūris (122,2 tūkst. m³) taip pat suskaičiuotas pagal sudarytą skaitmeninį ežero dugno modelį (SRM), panaudojus *ArcMap* kompiuterinės programos įrankį *Surface Volume*. Gautas tūris daugiau nei dvigubai mažesnis nei Gelionių ežere – tai yra dėsninga, nes abiejų ežerų vidutinis gylis panašus, tačiau Gelionių ežero plotas daugiau nei dvigubai didesnis. Ankstesniuose šaltiniuose Žaliojo ežero vandens tūrio aptikti nepavyko.

Ežero litoralės plotas ir vidutinis plotis skaičiuotas iki 2 m gylio izobatos, kaip rekomenduojama metodinėje literatūroje (Kilkus, 2005). Žaliojo ežero litoralė gerokai platesnė, ji užima 0,73 ha, arba 34,1 proc., ežero akvatorijos, vidutinis litoralės plotis – 13,9 m. Tokį nemažą litoralės plotį lemia pakilęs ežero vandens lygis ir užlietos bei viršvandenine augalija gausiai apaugusios pakrantės. Neabejotina, kad iki Aukštadvario HE įrengimo ir pralaidos per magistralinio kelio pylimą užsikimšimo ežero atabradas buvo gerokai siauresnis.

Literatūroje duomenų apie Žaliojo ežero baseino plotą nepavyko aptikti. Baseino ribos ir plotas nustatyti pagal detalų skaitmeninį reljefo modelį, sudarytą iš 2009 m. paviršiaus lazerinio skenavimo (LiDAR) duomenų. Gautas 60 ha plotas, įskaitant patį ežerą.

IŠVADOS

2020 m. atlikus gylių matavimus ir sudarius batimetrinius planus, taip pat patikslinus kranto linijas ir baseinų ribas, buvo nustatyti pagrindiniai Gelionių ir Žaliojo ežerų morfometriniai rodikliai. Kaip ir galima tikėtis iš glaciokarstinių ežerų, nepaisant santykinai mažo ploto, jie yra gana gilūs. Gelionių ežero plotas – 4,79 ha, didžiausias gylis – 19,8 m, vidutinis gylis – 6,0 m, vandens tūris – 288,3 tūkst. m³, baseino plotas – 71 ha. Žaliojo ežeras daugiau nei dvigubai mažesnis (2,1 ha), jo didžiausias gylis – 15,84 m, vidutinis gylis – 5,7 m, vandens tūris – 122,2 tūkst. m³, o baseino plotas – 60 ha. Abu ežerai priskirtini vidutinio gylio ežerams.

Abiejų ežerų krantas panašus (1,15–1,17), tačiau Gelionių ežeras yra kiek labiau ištęstas, ovalios formos, o Žaliojo ežero forma panaši į apskritimo formą. Ežerų dubenys nesudėtingi, būdingi glaciokarstiniams (termokarstiniams) ežerams – ežerai turi siaurus atbradus ir ryškias galias dубes. Abiejų ežerų dubens forma panaši į kūgio formą.

Didžiausias Gelionių ežero gylis (19,8 m) gerokai skiriasi nuo išmatuoto 1933 m. (15,7 m). Manytina, kad 1933 m. atlikti matavimai buvo nepakankamai tankūs, todėl liko neišmatuota didžiausia ežero gelmė, kuri yra santykinai nedidelė ir išsidėsčiusi ne pačiame ežero centre, o į pietus nuo jo. Atitinkamai pagal 1933 m. matavimus buvo suskaičiuotos mažesnės vidutinio gylio (5,6 m) ir vandens tūrio (259,5 tūkst. m³) rodiklių reikšmės.

Abu ežerai telkšo Aukštadvario kalvyne ir vienas nuo kito yra nutolę vos 5,5 km, tačiau reikšmingai skiriasi jų padėtis. Gelionių ežeras telkšo kalvyno keteroje ir yra aukščiausiai virš jūros lygio (216 m virš jūros lygio) iškilęs ežeras visoje Dzūkų aukštumoje. Jo paviršius plyti net 95 m aukščiau nei Žaliojo ežero, kuris telkšo pietiniame kalvyno pakraštyje.

Išmatuotiems ežerų vandens lygiams ir jų kaitai reikšmingą įtaką turėjo meteorologinių sąlygų išskirtinumas: 2018 m. pavasaris dar buvo drėgnas ir ežeruose laikėsi aukštas vandens lygis, o nuo 2018 m. vasaros iki pat stebėjimų laikotarpio pabaigos (2020 m. rudens) vyravo sausi orai ir ežerų vandens lygis gerokai nukrito. Vandens lygių kaita abiejuose ežeruose šiek tiek skyrėsi. Žaliojo ežero vandens lygis žemėjo nuosekliau, su mažesnėmis metinėmis amplitudėmis (iki 0,33 m). O Gelionių ežere vandens lygio metinės amplitudės buvo gerokai didesnės (iki 0,47 m). Pagal 2018–2020 m. atliktus matavimus nustatytas Gelionių ežero vidutinis vandens lygis buvo 216,09 m virš jūros lygio., o Žaliojo ežero – 120,98 m virš jūros lygio.

Tyrimo metu nustatyta, kad Žaliasis ežeras XX a. antrojoje pusėje labai pakito dėl žmogaus veiklos. 1951 m. ežeras buvo gerokai mažesnis (1,3 ha) ir nuotakus – trumpu upeliu jungėsi su Navos ežeru. Po 1960 m., įrengus Aukštadvario hidroelektrinę ir nutiesus magistralinį kelią, ežero vandens lygis, plotas ir gylis labai padidėjo, o, užsikimšus pralaidai magistralinio kelio pylime, ežeras tapo nenuotakus. Pakilus ežero vandens lygiui buvo užlietos jo pakrantės, padidėjo atabrado plotis ir užaugimas viršvandenine augalija. Stebėjimų metu Žaliojo ežero vandens lygis buvo vidutiniškai 0,86 m aukštesnis nei kitoje magistralinio kelio A16 pusėje telkšančio Aukštadvario HE tvenkinio.

LITERATŪRA

1. *Aukštadvario tvenkinio naudojimo ir priežiūros taisyklės (su užtventkais ežerais)*. (2005). Vilnius: Lietuvos hidroenergetikų asociacija.
2. Daubarienė, J., Valiuškevičius, G. (2009). Lietuvoje naudojamos ežerų klasifikacijos sistema ir pritaikymo galimybės. *Geografija*, 45 (2), 111–121.
3. *Europos Bendrijos svarbos natūralios buveinės (išskirtos pagal tipus): el. žemėlapis pasklausa* (WMS). (2015). Vilnius: Gamtos tyrimų centro Botanikos institutas. [Žiūrėta 2021 m. vasario 11 d.]. Prieiga internete: <https://www.geoportal.lt/geoportal/paieska>
4. Karmaza, B. (1999). *Aukštadvario regioninio parko ekogeologinis ir geomorfologinis ištyrimas*. Vilnius: Geologijos institutas, Kvartero geologijos skyrius.
5. Kilkus, K. (1986). *Lietuvos draustinių ežerai*. Vilnius: Mokslas.
6. Kilkus, K. (1993). *Bendroji hidrologija (ežerai ir vandens talpyklos)*. Vilnius: Arėjas.
7. Kilkus, K. (2005). *Ežerotyra*. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla.
8. Kilkus, K. (2013). *Ežerai: 119 Lietuvos ežerų*. Vilnius: Alma littera.
9. *Lietuvos nacionalinis atlasas*, I tomas. (2014). Vilnius: Nacionalinė žemės tarnyba prie Žemės ūkio ministerijos, Vilniaus universitetas.
10. Pileckas, M., Alekna, T. (2020). Škilietų ir Tabaliukų ežerų morfometrija. *Geografija ir edukacija: Mokslo almanachas*, 8, 69–84.
11. Sakalauskaitė, L. (1965). *Aukštadvario landšaftinio draustinio hidrografija: Kursinis darbas*. Vilnius: Vilniaus valstybinio pedagoginio instituto Geografijos katedra.
12. Šleinotaitė, L. (2017). *Vandens telkinių kaita Verknės ir Strėvos aukštupiuose XX a. antrojoje pusėje: Bakalauro darbas*. Vilnius: Lietuvos edukologijos universiteto Geografijos ir turizmo katedra.
13. *Upių, ežerų ir tvenkinių kadastras (UETK) – Gelionių ir Žaliojo ežerų duomenų išrašas*. 2020 m. gegužės 6 d.
14. Valiuškevičius, G., Kundrotaitė, E. (2014). Lietuvos ežerų vidutinio vandens lygio vertinimo galimybės. *Geografija*, 50 (2), 53–62.

MORPHOMETRY OF GELIONYS AND ŽALIASIS LAKES

*Marijus Pileckas, Tauras Alekna, Vaidotas Valskys**Summary*

Bathymetric surveys of Gelionys and Žaliasis Lakes (located in the Baltic Uplands, Aukštadvaris Regional Park, Lithuania) were carried out on April 21, 2020, from a boat with attached Lowrance HDI SKIMMER XDCR transducer (200 kHz), Simrad GO5 chart-plotter and Lowrance Point-1 GPS/Glonass receiver. At the same time, the shorelines of the lakes were revised. Average distance between profiles was ~10 m and depth measurement accuracy up to 2–5 cm. Accuracy of water surface elevation measurement using GNSS receiver Topcon Hiper SR up to 1–2 cm. Later, detailed (0.5 × 0.5 m) digital lake bottom models (DEM) were developed, bathymetric plans of the lakes were created, the main morphometric features were calculated, the boundaries and area of the lake catchments were defined, and the physical-geographical characteristics of the lakes were described based on field observations and various data. Gelionys and Žaliasis are small lakes of glaciokarst origin. Gelionys Lake is oval-shaped while shape of Žaliasis Lake is closer to the circle. Despite small surface area the lakes are quite deep. According to survey data, the surface area of Gelionys Lake is 4.79 ha, water surface elevation 216.1 m a.s.l., maximum depth 19.8 m, mean depth 6.0 m, volume 288.3 thousands m³, catchment area 71 ha. The surface area of Žaliasis Lake is 2.14 ha, water surface elevation 120.9 m a.s.l., maximum depth 15.84 m, mean depth 5.7 m, volume 122.2 thousands m³, catchment area 60 ha. During the observation period (from May of 2018 to September of 2020), the annual amplitude of water level fluctuations in Gelionys Lake reached up to 0.47 m, and in Žaliasis Lake up to 0.33 m.

Keywords: Gelionys, Žaliasis, glaciokarst, lake, bathymetric chart, morphometry, Lithuania, Aukštadvaris Regional Park.