

Balsio ir Gulbinų ežerų vandens balansas

Kestutis Kilkus

Vilniaus universitetas

El. paštas: kestutis.kilkus@gf.vu.lt

IVADAS

Aptardami Balsio ir Gulbinų ežerų šilumos režimą bei vandens sąmaišą, jau esame minėjė (Kilkus, Bernatonis, 2003), kad kai kuriuos šių procesų ypatumus, pavyzdžiui, sezoniinę meromiksiją Balsio ežere, galėjo nulemti požeminiai vandenys. Apie gilesniųjų tarpsluoksninių horizontų vandens iškrovas minėtų ežerų duburiuose yra kalbėjė ir hidrogeologai (Diliūnas, Alminas, 1995), deja, tik hipotezės lygmeniu. Mūsų darbo pagrindinis tikslas – įvertinti požeminę prietaką į Balsio ir Gulbinų ežerus kiekybiškai, panaudojant trumpalaikio vandens balanso metodą (Kilkus, 1989).

1 lentelė. Ežerų vandens lygis (H) ir įtekančių bei ištekančių upelių debitais (atitinkamai Q_i ir Q_o)
Table 1. Observed water levels (H) of the lakes and measured discharges of inlets and outlets (Q_i and Q_o , respectively)

Data Date	Balsio ežeras Lake Balsys		Gulbinų ežeras Lake Gulbinas		
	H (cm)	Q_o (m ³ /s)	H (cm)	Q_i (m ³ /s)	Q_o (m ³ /s)
2001 11 05	– 48	0,10	19	0,30	0,35
2001 11 11	– 48	–	20	–	–
2001 11 22	– 49	–	23	–	–
2002 02 11	– 45	–	–	–	–
2002 04 10	– 49	–	27	–	–
2002 04 19	– 48	–	–	–	–
2002 06 03	– 47	–	–	–	–
2002 07 15	– 50	0,034	16	0,17	0,22
2002 07 17	– 50	–	15	–	–
2002 07 19	– 52	0,030	14	0,17	0,19
2002 09 06	– 52	0,029	13	0,14	0,15
2002 10 29	– 45	–	24	–	–

DUOMENYS IR METODAI

2001–2002 m. abiejuose ežeruose buvo stebimi vandens lygiai. Nors stebėjimai buvo tik epizodiški (12 observacijų Balsio ežere, 9 Gulbinų ežere), sukauptu duomenų pakanka įvertinti vandens akumuliaciją (tais laikotarpiais, kada buvo apskaičiuojami vandens balansai), taip pat sudaryti iš ežerų ištekančių upelių debitų kreives (debito priklausomybė nuo vandens lygio ežere) (1 lentelė).

Vandens tekėjimo greitis matuotas hidrometriniu malūneliu trijuose skersainiuose, iš jų du buvo įrengti Riešės upelyje (aukščiau Gulbinų ežero ir žemiau jo) ir vienas – iš Balsio ežero ištekančiamame upelyje. Vandens debitas apskaičiuotas ir šiuose skersainiuose (1 lentelė).

Ežerų vandens balansas buvo apskaičiuotas dviem sausringais 20 parų laikotarpiais – 2002 07 11–30 d. ir 2002 08 11–30 d. Vilniaus ir Trakų Vokės meteorologijos stočių duomenimis, per pirmajį laikotarpį

iškrito apie 11 mm kritulių, o per antrajį – tik 9 mm, taigi galima pagrįstai tikėtis, kad ežero duburio šlaitų nuotėkis – kiekybiškai labai sunkiai įvertinama vandens balanso komponentė – minėtais laikotarpiais buvo nereikšmingas arba jo nebuvo išvis. Apskaičiavimams taikyta ši vandens balanso lygtis:

$$I_s + I_u + P - E - O = -A; \quad (1)$$

čia I_s – paviršinė vandens prietaka (upeliais) į ežerą per 20 parų, I_u – požeminė vandens prietaka (daugiausia – į povandeninę ežero dubens dalį įsiliejantys šaltiniai), P – ant ežero vandens paviršiaus iškritę krituliai, E – iš ežero išgaravęs vanduo, O – iš ežero ištekančio upelio nuplokdytas vandens kiekis (ežero nuotėkis), A – vandens atsargų pokytis ežere (išsyk su minuso ženklu, nes vandens lygis skaičiuojamų laikotarių pabaigoje buvo žemesnis nei pradžioje).

I_s , O ir A buvo įvertinti pagal ekspedicinių tyrimų, o P – pagal anksčiau minėtų meteorologijos

stočių duomenis. Garavimas iš vandens paviršiaus (mm) apskaičiuotas pagal Rusijos Hidrologijos instituto formulę:

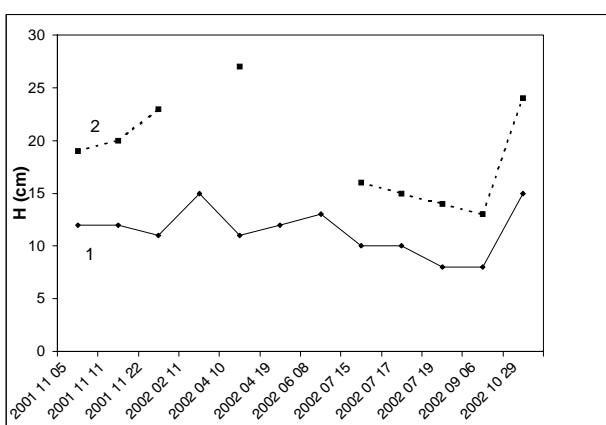
$$E = 0,14 n (e_0 - e_{200}) (1 + 0,72 w_{200}); \quad (2)$$

čia n – laikotarpio trukmė (parų skaičius), e_0 – didžiausias vandens garų slėgis (mb), atitinkantis ežero vandens paviršiaus temperatūrą (vidutinę per 20 parų), e_{200} – absoliuti oro drėgmė (mb) virš ežero vandens paviršiaus 200 cm aukštyste, w_{200} – vėjo greitis (m/s) virš ežero vandens paviršiaus tame pačiaame aukštyste. Kadangi vandens paviršiaus temperatūra mūsų tiriamuose ežeruose nebuvo matuojama, ji įvertinta pagal Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos matavimų Totoriškių ežere duomenis (23,4°C – liepos mėn. 11–30 d. vidurkis ir 22,0°C – rugpjūčio mėn. 11–30 d. vidurkis). Kiti meteorologiniai rodikliai (e_{200} ir w_{200}) apskaičiuoti pagal Vilniaus meteorologijos stoties duomenis panaudojant standartinę metodiką (Ukazanija..., 1969).

Paskutinioji vandens balanso komponentė – požeminė prietaka – yra nežinoma, todėl ji buvo apskaičiuota pagal (1) lygties liekaną. Ji, kaip ir kitos balanso komponentės, yra išreikšta ežero vandens sluoksniu (mm). Apskaičiuojant Gulbinų ežero vandens balanso komponentes (vandens sluoksnius), naudotas bendras Gulbinų ir Mažųjų Gulbinų ežerų vandens paviršiaus plotas (0,47 km²).

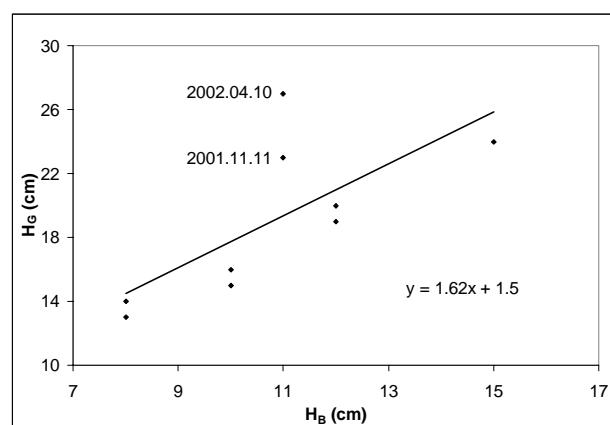
VANDENS LYGIO SVYRAVIMAI

Kiek galima spręsti iš turimų duomenų, abiejų ežerų vandens lygis svyruoja sinchroniškai (1 pav.), išskyrus padidinto vandeningumo laikotarpus, į kuriuos daug kartų didesni santykinė baseiną turintis



1 pav. Vandens lygio (H) svyrapimai Balsio (1) ir Gulbinu (2) ezeruose 2001–2002 m.

Fig. 1. Fluctuations of water levels (H) of lakes (Lake Balsys – 1 and Lake Gulbinas – 2) during the period 2001–2002



2 pav. Balsio ir Gulbinų ežerų vandens lygio (atitinkamai H_B ir H_G) ryšio grafikas

Fig. 2. Relationship between observed water levels of lakes (Lake Balsys – H_B and Lake Gulbinai – H_G)

Gulbinų ežeras sureaguoja anksčiau ir labiau nei Balsio ežeras (2 pav.). Vandens lygio svyravimo amplitudės per tiriamąjį laikotarpį siekė 17 cm Balsyje ir 14 cm Gulbinų ežere. Galima spėti, kad pastarajame ežere ji buvo didesnė, nes informacija apie aukščiausią vandens lygi 2002 m. pavasarį yra nepakan-kama. Vandens lygio slūgimai per 2002 m. vasaros nuosėkio laikotarpį (liepos 15 d. – rugsėjo 9 d.), kuriam bus apskaičiuojamas vandens balansas, abiejuose ežeruose buvo beveik tokie patys: Balsyje – 2 cm, Gulbinų ežere – 3 cm.

VANDENS BALANSAS

Laikotarpiai, su kuriais susieti ežerų vandens balanso tyrimai, buvo išskirtiniai sausringi, todėl upių nuotekis progresuojančiai mažėjo, ir, pavyzdžiui, Riešės upelio (iki Gulbinų ežero) nuotekio modulis buvo artimas Vilnios ties Vilnumi 95% garantijos minimaliam 30 parų nuotekio moduliliui (Januškis, 1981). Pažymėtina, kad žemiau Gulbinų ežero Riešės upės nuotekis ir absolūciai (debitas), ir santykiniai (modulis) padidėja (2 lentelė), nors baseino ploto prieaugis yra menkas, be to, dalį vandens išgarina ežerai (Gulbinų ir Mažųjų Gulbinų). Tai byloja, kad pastarieji gali turėti „papildomą“ požeminį maitinimą, t. y. drenuoti požeminius vandenis, kurių mitybos sritis yra už paviršinio baseino ribų. Tokią galimybę patvirtina ir hidrogeologų duomenys, pagal kuriuos Gulbinų ir Balsio ežerai yra tarpsluoksninių horizontų vandens ištakos į gruntuinių sluoksninių zonoje (Diliūnas, Alminas, 1995). Mūsų išmatuotas Balsio ežero nuotekis yra akivaizdžiai anomalus ir kelis kartus pranoksta regioninę sausmečio nuotekio (modulio) vertę (2 lentelė). Kadangi vienintelis ežerą maitinantis upelis sausmečiu plukdo labai menką debitą arba apskritai išdžiūva,

nuotėkio anomalija yra nulemta išskirtinai gausaus požeminio maitinimo.

Ežerų drenuoojami (ių dubenis išsiliejantys) požeminiai vandenys buvo kiekybiškai įvertinti pagal (1) lyties liekaną. Gauti rezultatai (3 lentelė) byloja, kad sausrinčiamas laikotarpis Gulbinų ežere šiemis vandens nims tenka apie penktadalį visų gaunamų vandenų pajamų, o Balsyje požeminiai vandenys yra beveik vienintelis mitybos šaltinis, nulemiantis

2 lentelė. Paviršinė prietaka į ežerus ir jų nuotekis (Q – vidutinis debitas, M – baseino nuotekio modulis, h – prietaka (nuotekis), įvertinta ežero vandens sluoksniu)
Table 2. Surface components of inflow and outflow of the lakes: Q – mean discharge, M – catchment yield, h – inflow (outflow) expressed in depth units of surface water layer of lake

Hidrologinis rodiklis Hydrological index	Balsio ežeras Lake Balsys		Gulbinų ežeras Lake Gulbinas	
	2002 07 11–30	2002 08 11–30	2002 07 11–30	2002 08 11–30
Prietaka				
Inflow				
Q ($m^3 s^{-1}$)	–	–	0,17	0,15
M ($l s^{-1} km^{-2}$)	–	–	2,50	2,20
h (mm)	–		628	554
Nuotekis				
Outflow				
Q ($m^3 s^{-1}$)	0,037	0,030	0,20	0,165
M ($l s^{-1} km^{-2}$)	10,4	8,45	2,92	2,40
h (mm)	117	95	738	609

3 lentelė. Ežerų vandens balanso struktūra (apibūdinta ežero vandens sluoksniu ir % nuo atitinkamai vandens pajamų ir išlaidų) sausringais laikotarpiu. Vandens balanso komponentės: I_s – paviršinė prietaka, I_u – požeminė prietaka, P – krituliai, iškritę ant ežerų vandens paviršiaus, O_s – paviršinis nuotekis (iš ežero), E – išgaravęs vanduo

Table 3. Water balance structure of the lakes (expressed in depth units of surface water layer of the lakes as well as the percentage of total input and total output, respectively). Constituents of water balance: I_s – surface inflow, I_u – sublacustrine groundwater in seepage, P – precipitation directly on the lake surface, O_s – surface outflow, E – evaporation

Balanso komponentė Constituent of water balance	Balsio ežeras Lake Balsys		Gulbinų ir Mažųjų Gulbinų ežerai Lake Gulbinas and Lake Mažieji Gulbinai	
	2002 07 11–30	2002 08 11–30	2002 07 11–30	2002 08 11–30
I_s (mm)	–	–	628	554
I_u (mm)	192	179	175	124
P (mm)	11	9	11	9
O_s (mm)	117	95	738	609
E (mm)	106	88	106	88
I_s (%)	–	–	77,1	80,7
I_u (%)	94,6	95,2	21,5	18,0
P (%)	5,4	4,8	1,4	1,3
O_s (%)	52,5	51,9	87,4	87,4
E (%)	47,5	48,1	12,6	12,6

4 lentelė. Ežerų vandens atsinaujinimas K_w (% nuo ežero vandens tūrio per 20 parų)

Table 4. Renewal rate of lake water K_w as percentage of total lake volume replaced during a period of 20 days

Rodiklis Index	Gulbinų ežeras Lake Gulbinas		Gulbinų ir Mažųjų Gulbinų ežerai Lake Gulbinas and Lake Mažieji Gulbinai		Balsio ežeras Lake Balsys	
	2002 07 11–30	2002 08 11–30	2002 07 11–30	2002 08 11–30	2002 07 11–30	2002 08 11–30
1	2	3	4	5	6	7
Ežero vandens tūris (m^3)	1 514 000	1 514 000	2 099 000	2 099 000	8 332 920	8 332 920
Lake volume (m^3)						

3 lentelės tēsinys
Table 3 (continued)

1	2	3	4	5	6	7
Požeminės prietakos tūris (m^3)			82 550	58 280	105 600	98 450
Volume of inseeping water (m^3)						
Ežero nuotėkio tūris (m^3)	346 860	286 230	346 860	286 230	64 116	52 060
Volume of water outflowing from the lake (m^3)						
K_w (%)	22,9	18,9	16,5	13,6	0,8	0,6

ir paties ežero nuotekį, ir jo vandens masės atsinaujinimą (4 lentelė).

ŠVADOS

1. Abu tirtieji ežerai yra gausiai maitinami požeminio vandens, tačiau šio vandens dalis Gulbinų ežero vandens balanso pajamose sausmečiais yra beveik 5 kartus mažesnė nei Balsio.

2. Didėjant sausmečiui požeminės prietakos į Gulbinų ir Mažųjų Gulbinų ežerus tūris sumažėjo 30% (nuo 82 550 m^3 liepos mėnesį iki 58 280 m^3 rugpjūtį), o Balsio ežere – tik 7%; visais atvejais požeminės prietakos tūris buvo didesnis Balsio ežere (28% liepos mėnesį ir 69% rugpjūtį).

3. Anomaliai didelis Balsio ežero nuotekis sausmečiu ($8-10 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$) patvirtina hidrogeologų hipotezę, kad ežero duburys drenuoja gilesnių tarpsluoksninių horizontų vandenį; upės (Riešės) nuotekis žemiau Gulbinų ežero taip pat padidėja ir siekia $2,4-2,9 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$, tačiau, kita vertus, jis dera su gausiai požeminio vandens matinamų neežeringų upių (pavyzdžiu, Vilnios) minimaliu nuotekiu.

Gauta 2003 01 20
Parengta 2003 03 15

Literatūra

- Diliūnas J., Alminas A. (1995). Požeminio vandens eksploracijos poveikis hidrosferos stabilumui. A. Klimas (red.). *Paviršinio ir požeminio vandens būklės vertinimas plečiantis Vilniaus miestui*. Vilnius: Žaliasis pasaulis.
Januškis V. (1981). *Lietuvos upių minimalus nuotekis šiltuoju laikotarpiu*. Vilnius: Mokslo.
Kilkus K. (1989). *Lietuvos ežerų hidrologija*. Vilnius: Mokslo.

Kilkus K., Bernatonis M. (2003). Balsio ir Gulbinų ežerų termika, deguonies režimas ir vandens elektrinis laidis. *Geografiya*. 39(1): 10–15.

Ukazanija po rasčiotu isparienija s povierchnosti vodojomov (1969). Leningrad: Gidrometeoizdat.

Kęstutis Kilkus

Vilnius University

WATER BALANCE OF LAKE BALSYS AND LAKE GULBINAI

Summary

The water balance structure of two glacial tunnel lakes in the surroundings of the Vilnius City has been studied. Some field studies to evaluate the amount of water entering the lakes from surface inflow and, contrarily, leaving them through the outlets had been carried out before. Evaporation from the lakes for two 20-day-long drought periods of the summer of 2002 has been calculated by the Penman-type formula of the Russian State Hydrological Institute. Changes in the lakes' water storage were negligible over the both periods of heavy drought and indicated the abundance of groundwater in seepage below the surface of the lakes. A quantitative assessment of the in seepage groundwater was made on the basis of the remainder of water balance equation (1). As follows from the calculations, groundwater seepage is an important source of inflow for both lakes (Table 3), for Lake Balsys in particular. According to the data of field studies, the catchment yield of Lake Balsys took about $8-10 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ in heavy summer droughts, *i. e.* exceeded the regional estimates as much as 3–4 times. The result corroborates the supposition of the hydrogeologists (Diliūnas, Alminas, 1995) that some interchange between deeper confined groundwater and free groundwater takes place in the Lake Balsys basin. This is why changes in the lake water level as well as outflow during the whole summer drought were so negligible.